

# **Meer begrip voor meer grip**

Afstudeeronderzoek naar het gebruik van virtueel bouwen bij  
bouwbedrijven in de B&U-sector voor het verkrijgen van hoeveelheden

Harm-Jan Idema  
februari 2010



## AFSTUDEERSCRIPTIE

# Meer begrip voor meer grip<sup>1</sup>

Afstudeeronderzoek naar het gebruik van virtueel bouwen bij bouwbedrijven in de B&U-sector voor het verkrijgen van hoeveelheden

Het onderzoek dat in dit rapport is beschreven is uitgevoerd ter afronding van de studie Civiele Techniek, master Civil Engineering and Management, aan de Universiteit Twente. Begeleiding heeft plaats gevonden door prof. dr. ir. A.G. Dorée en dr. ir. J.T. Voordijk. Balance & Result heeft de benodigde middelen voor dit onderzoek ter beschikking gesteld en begeleiding heeft plaatsgevonden door ing. W. Pel.

© H. Idema 2010

**Universiteit Twente**  
Faculteit Construerende Technische Wetenschappen  
Civiele Techniek (& Management)  
Richting: Bouwprocesmanagement

---

<sup>1</sup>Deze titel is geciteerd uit de Lectorale Rede van B. van der Veen (2008), waarin hij naar deze uitspraak van prof. dr. ir. A.G. Doree verwijst. Wij hebben voor deze titel gekozen aangezien virtueel bouwen bij bouwbedrijven vaak een onderschoven issue is. Er blijkt bij bouwbedrijven slechts beperkt kennis over virtueel bouwen aanwezig te zijn, waardoor gebruik achterblijft. Meer begrip leidt daardoor tot meer grip op virtueel bouwen, bij o.a. bouwbedrijven.



## Colofon

### Afstudeeronderzoek

Titel	Meer begrip voor meer grip
Subtitel	Afstudeeronderzoek naar het gebruik van virtueel bouwen bij bouwbedrijven in de B&U-sector voor het verkrijgen van hoeveelheden
Onderwijsinstelling	Universiteit Twente Faculteit Construerende Technische Wetenschappen Civiele Techniek, afdeling Bouw / Infra
Bedrijf	Balance & Result organisatie adviseurs voor de bouw b.v.
Vak	CEM master thesis construction (545999)
Auteur	H. Idema (Harm-Jan)
Studentnummer	0104566
Contactadres	Wilhelminastraat 44-11 7511 DP Enschede 06 1246 3623 h.idema@balance-result.nl

### Rapport

Versienummer	1
Status	Definitief
Datum	7 februari 2010
Aantal pagina's	81

### Contactgegevens

Universiteit Twente  
Faculteit Construerende Technische Wetenschappen  
Afdeling Bouw/Infra  
Postbus 217  
7500 AE Enschede  
Tel. 053 489 91 11

**UNIVERSITEIT TWENTE.**

Balance & Result organisatie adviseurs voor de bouw b.v.  
Zutphenseweg 31C7  
7418 AH Deventer  
Tel. 0570 62 84 74

**BALANCE RESULT**  
ORGANISATIE ADVISEURS VOOR DE BOUW

### Begeleiding & distributie

Interne begeleiders	Prof. Dr. Ir. A.G. Dorée	<i>Afstudeerdocent</i>
	Dr. Ir. J.T. Voordijk	<i>Afstudeerbegeleider</i>
Externe begeleider	Ing. W. Pel	<i>Bedrijfsbegeleider</i>



## Voorwoord

Het is een zonnige nazomer dag in augustus 2004 als mijn eerste college Civiele Techniek in Twente plaatsvindt. Vanaf die dag heb ik in hoog tempo mij veel nieuwe dingen eigen gemaakt. Allereerst veel wiskunde en mechanica. Tijdens mijn master heb ik kennis opgedaan over het beheersen van bouwprocessen. Nu ik mijn studie bijna heb afgerond en terug kijk op de afgelopen vijf en een half jaar besef ik, dat ik veel kennis heb opgedaan, maar nog veel meer heb aan de kunde die ik met vallen en opstaan heb geleerd tijdens het uitvoeren van een afstudeeronderzoek. Voor u ligt het eindresultaat van mijn afstudeeronderzoek.

Dit onderzoek gaat over het gebruik van virtueel bouwen bij bouwbedrijven. Ondanks dat iedereen virtueel bouwen veel potentie toedicht, blijft daadwerkelijk gebruik vaak achter. De vraag hoe virtueel bouwen daadwerkelijk meerwaarde kan bieden en hoe een bedrijf het dan dient te gebruiken blijft onbeantwoord. Mijn interesse in dit project gaat uit naar de belangen die spelen bij veel partijen. Deze interesse krijgt een vervolg na mijn afstuderen. Ik wil mij verder gaan verdiepen in het procesmanagement van ruimtelijke (bouw)opgaven.

Gedurende mijn afstudeerperiode heb ik veel gehad aan ondersteuning van een aantal personen. Te beginnen bij Balance & Result en al haar medewerkers. Jullie wil ik bedanken voor het beschikbaar stellen van alle benodigde middelen om te kunnen afstuderen. Alle B&R collega's bedankt voor de vele feedback en vergaande interesse in mijn afstudeeronderzoek.

Collega afstudeerders bij B&R, Matthijs en Maarten, dank voor jullie betrokkenheid en meedenken in mijn onderzoek. Erwin, bedankt voor veel discussie, meedenken en input en natuurlijk voor de vele liften van Enschede naar Deventer en vice versa. Sven, ook jou wil ik bedanken voor veel tips met betrekking op zowel "kennis" als "kunde". Veel succes in Amerika!

Het onderzoek was niet mogelijk geweest zonder de mensen die zijn geïnterviewd, bij deze wil ik jullie allemaal bedanken voor de vrijgemaakte tijd en respons.

Namens de Universiteit Twente ben ik begeleid door André Dorée en Hans Voordijk. André, bedankt voor jouw rustige en gedegen aanpak en het aanbrengen van structuur in mijn problematiek. Het statement "*if you want to go fast, move slow*" zal ik in mijn verdere carrière nog veel vaker gaan tegenkomen (en gebruiken). Hans, bedankt voor jouw overzicht en meedenken. Jouw betrokkenheid en communicatie op gelijkwaardig niveau heb ik als zeer prettig ervaren.

Namens Balance & Result heeft Willem Pel mij begeleidt. Willem, bedankt voor jouw pragmatische blik, je vele mails die 's avonds en 's nachts met tips voorbij zijn gekomen, bedankt voor de tijd en ruimte die ik namens jou bij B&R heb gekregen.

Tenslotte bedank ik mijn ouders voor de vele steun en het vertrouwen tijdens mij afstudeerperiode. Mijn vader wil ik bedanken voor het laten zien dat je met veel inzet en ambitie ver komt. Mijn moeder voor haar onvoorwaardelijke vertrouwen dat zij in mij heeft, maar ook vooral hoe ze mij heeft geleerd om dat ook in andere mensen te hebben.

Susan, bedankt dat jij mij hebt laten zeuren, hebt laten werken als ik thuis was – eigenlijk bijna iedere avond en ieder weekend, maar vooral bedankt omdat jij Susan bent.

Enschede, februari 2010

Harm-Jan Idema





## Samenvatting

Virtueel bouwen biedt mogelijkheden voor optimalisatie van het primaire bouwproces. Desondanks blijft toepassing van virtueel bouwen bij bouwbedrijven achter. Met dit onderzoek beoogt Balance & Result inzicht te verkrijgen in de voorwaarden die gelden voor gebruik van virtueel bouwen, door bouwbedrijven in de B&U sector.

Virtueel bouwen is een middel voor het structureren van alle informatie over een bouwwerk. Het structureren van de informatie heeft zowel betrekking op het visualiseren als het analyseren van de informatie. Virtueel bouwen kan verschillende activiteiten in het bouwproces ondersteunen. Dit onderzoek richt zich op het verkrijgen van hoeveelheden.

Het doel van het onderzoek is het ontwikkelen van een methodiek voor virtueel bouwen, die inzichtelijk maakt welke aspecten van belang zijn voor het verkrijgen van hoeveelheden middels virtueel bouwen. Het onderzoek beoogt dus kennis te ontwikkelen over de toepassing van virtueel bouwen bij bouwbedrijven in de Nederlandse B&U sector. Met deze kennis kan Balance & Result haar opdrachtgevers informatie verstrekken over het richten en inrichten van een organisatie in relatie tot gebruik van virtueel bouwen.

De aanpak van het onderzoek is als volgt. Het onderzoek start met verkenning van bestaande theorieën en inzichten over virtueel bouwen die resulteren in een onderzoeksoptiek. Uitwerking van deze onderzoeksoptiek resulteert in een instrument dat de voorwaarden voor virtueel bouwen voor het verkrijgen van hoeveelheden structureert. Een empirische toets geeft relevante informatie om het ontwikkelde instrument te evalueren en verbeteren.

### Kader

Voor een eenduidige definitie van virtueel bouwen sluit dit onderzoek aan bij de visie van John (2008), die virtueel bouwen beschouwd als een middel voor procesoptimalisatie. Bouwbedrijven kunnen het primaire bouwproces optimaliseren door gebruik te maken van een gebouwmodel waarin product- en procesinformatie is opgeslagen. Hiermee kunnen meerdere partijen in het bouwproces gestructureerd samenwerken en verspilling verminderen.

De focus van het onderzoek ligt op het verkrijgen van hoeveelheden met virtueel bouwen. Het blijkt dat er bij de huidige methode voor het bepalen van hoeveelheden twee inefficiënte gebieden te identificeren zijn. Ten eerste functioneren partijen in het bouwproces autonoom. Als gevolg hiervan delen partijen in de bouwkolom informatie beperkt tot helemaal niet. Ten tweede bepalen veel calculatoren bij bouwbedrijven de hoeveelheden handmatig. Dit is een tijdrovend proces, voor onder andere het maken van inschrijfbegrotingen en nacalculaties.

De onderzoeksoptiek is samengevat in het conceptueel schema, waarvoor aansluiting is gevonden bij de theorie van Succar (2009). Hij heeft voor het gebruik van virtueel bouwen een raamwerk opgesteld dat toepassing van virtueel bouwen beschrijft, bestaande uit meerdere dimensies. De eerste dimensie beschrijft in niveaus een bepaalde mate van virtueel bouwen, elk met een te verwachten positief effect voor de bouworganisatie. De tweede dimensie beschrijft voorwaarden die van belang zijn bij het gebruik van virtueel bouwen.

Om tot praktische toepassing te komen is de theorie geoperationaliseerd naar een concreet instrument, met behulp van reeds bestaande instrumentaria. Deze operationaliseren heeft geresulteerd in verschillende categorieën voorwaarden:

- Organisatie & processen:
  - o Werkwijze: criteria mbt hoe de informatie wordt ontleend
  - o Samenwerken: criteria mbt hoe en welke informatie wordt gedeeld
- Informatietechnologie, gerelateerd aan functionaliteit voor:
  - o Delen van informatie: hoe wordt de informatie tussen partijen gedeeld
  - o Opslaan van informatie: hoe wordt de informatie opgeslagen

Per niveau zijn effecten benoemd in twee categorieën:

- Tijd: het voldoen aan een bepaald niveau leidt tot vermindering van benodigde tijd voor het uitvoeren van een activiteit
- Fouten: het voldoen aan een bepaald niveau leidt tot vermindering van de kans tot het maken van fouten

### **Resultaten**

Ter beoordeling en verbetering hebben wij het instrument empirisch getoetst middels interviews met experts en vier cases bij bouwbedrijven.

De experttoets bestaat uit interviews met een aantal virtueel bouwen experts. Deze experts is het conceptueel schema en de operationalisering van het instrument voorgelegd. Het resultaat van deze toets laat zien dat het instrument in grote lijnen geschikt lijkt te zijn voor het uitvoeren van een audit bij bouwbedrijven.

De toets bij bouwbedrijven bestaat uit een audit waarmee het mogelijk is om het bouwbedrijf in het instrument te categoriseren. Er zijn vier bouwbedrijven gecategoriseerd. Uit de toets blijkt dat de criteria, mits de auditor over voldoende achtergrond kennis beschikt, geschikt zijn om een bouwbedrijf te categoriseren. Hier en der zijn er wel enkele punten naar voren gekomen waarop het instrument verbeterd dient te worden.

### **Evaluatie en conclusie**

Uit de resultaten van de empirische toets blijkt dat bouwbedrijven in eerste instantie de nadruk leggen op het automatiseren van processen en vervolgens de nadruk verleggen naar samenwerking. Dit onderscheid is in het eerste ontwerp van het instrument niet voldoende aanwezig. Door het maken van een expliciet onderscheid tussen automatiseren en samenwerken hebben wij dit probleem ondervangen.

Het instrument kan door Balance & Result worden gebruikt voor het categoriseren van een bouwbedrijf in drie werkdagen (inclusief voorbereiding en rapportage). De kwaliteit van de resultaten is naar verwachting sterk afhankelijk van de kennis en kunde van de auditor. Door het ontwikkelen van concrete voorbeelden van de criteria wordt dit kwaliteitsprobleem verminderd. Daarnaast blijkt dat het conceptueel schema zonder meer, en de criteria voor het merendeel, geschikt zijn voor het uitwerken van het instrument naar andere functies van virtueel bouwen.

Het doel van het onderzoek, het ontwikkelen van een methodiek waarmee bouwbedrijven die voorwaarden voor gebruik van virtueel bouwen bij bouwbedrijven in de B&U inzichtelijk maakt, is in dit onderzoek bereikt. Voor toepassing van de methodiek is het voor Balance & Result gewenst het instrumentarium uit te bereiden naar andere functies van virtueel bouwen. Deze uitwerking maakt het mogelijk bij een bouworganisatie te scannen hoe de stand van zaken is in relatie tot virtueel bouwen.

## Summary

Virtual prototyping offers opportunities for optimizing the primary process in construction projects. For example features like 3D visualization and simulation, 4D construction planning and automatic quantity estimation offers potentials to eliminate waste in the construction process. However, the current adoption of virtual prototyping by contractors in the Netherlands is far behind the expected potentials. This research aims, for Balance & Result, to determine conditions necessary to be met for use of virtual prototyping by Dutch contractors.

Virtual prototyping is a tool to structure information in a specific construction project. Structuring this information is related to visualization and analysis of the information as well. Contractors should be able to support their activities by virtual prototyping, in this study we focus on the feature obtaining of quantities

The aim of the study is to develop a methodology for virtual prototyping, which makes transparent which aspects are important for obtaining quantities by using virtual prototyping. In this study we develop knowledge about the implementation of virtual prototyping by Dutch construction firms. With this knowledge Balance & Result should be able to support their clients to develop virtual prototyping ambitions and determining the conditions necessary to reach these ambitions.

The approach of this study is as follows. The study starts with exploration of existing theories and frameworks about virtual construction, resulting in a theoretical framework. This framework is used to develop an instrument which contains the main aspects and benefits of using virtual prototyping for obtaining quantities by Dutch contractors. An empirical test of the instrument gives information for evaluation of the instrument, and know how to develop the instrument furthermore.

### Framework

For a clear definition of virtual prototyping this research connects with the vision of John (2008), who saw virtual prototyping as a tool for construction process optimization. Construction firms are able to optimize their primary process by using virtual building models, in which product and process information of one particular project are stored. By using this models, all parties in the construction process, are able to cooperate and eliminate time spills in the construction process.

The focus in this study is the usage of virtual prototyping for quantity obtaining. It appears that current methods for quantity obtaining are inefficient by two reasons. First, parties in the project are operating autonomous. As a result, the parties are sharing information occasionally, or not at all. Second, many quantity estimators are obtaining the quantities without using the current high tech tools. The current method for quantity obtaining is a time consuming process.

The research perspective is summarized in a theoretical framework, which is directly connected to the framework of Succar (2009). He developed a framework which describes the usage of virtual prototyping in multiple dimensions. The dimensions used in our framework are at first stages of virtual prototyping at a construction firm. In each level an expected positive impact will due to the organization. The second dimension describes in which aspect and which conditions are important using virtual prototyping.

For practical purpose of the theoretical framework is operationalized into an instrument for use in practice, done by using existing instruments in the area of interest. The aspects are determined in several categories, we have studied the following in detail:

- organization and processes
  - o procedure: criteria concerning how the information is derived
  - o collaborating: criteria regarding on how and what information is shared
- information technology, related to functionality of the system:
  - o information sharing: how the information is shared between parties
  - o saving information: how the information is stored

For each level the benefits are determined in two categories:

- time: meeting a certain level leads to reduction of time required to perform an activity
- errors: meeting a certain level leads to reduce the change of making mistakes

## **Results**

To assess and improve the instrument we tested the instrument empirically through interviews with experts and four case studies by contractors.

The test consists of four expert interviews with 'Dutch virtual prototyping experts'. We presented these experts the theoretical framework and the instrument, in order to ask for feedback. The result of the interviews shows that the instrument seems to be broadly suitable for conducting an audit by construction firms.

The case studies with construction firms consist of using the instrument for categorizing the construction firms. By this, we can test in how far the criteria we developed are correct. The results show that the instrument is appropriate for categorizing a construction firm, provided that the auditor has sufficient background knowledge about virtual prototyping. We found also some points to improve and evaluate the instrument.

## **Evaluation and conclusion**

The results of our case studies show that construction companies primarily focus on automating processes and in a later stadium shift to cooperation. This distinction is in the first draft of the instrument not sufficiently available. By making an explicit distinction between automation and collaboration we have overcome this problem.

The instrument can be used by Balance & Result for determining the current position of a construction firm in three working days (including preparation and result evaluation). The quality of the results is expected to be strongly dependent on the knowledge and skills of the auditor. By developing concrete examples of the quality criteria, this problem could be diminished. Also appears that the framework, and most of the criteria, are directly suitable for the design of the instrument for other features of virtual prototyping.

The aim of the study, developing a methodology for structuring the conditions which construction firms should meet by using virtual prototyping for quantity obtaining, is achieved. Further purpose of the developed methodology Balance & Result should develop also criteria for other virtual prototyping features. This development makes it possible to analyze a construction firm in order to determine what their current position is related to virtual prototyping.

## Inhoudsopgave

<b>SAMENVATTING</b>		<b>9</b>
<b>SUMMARY</b>		<b>11</b>
<b>BEGRIPPENLIJST</b>		<b>17</b>
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>19</b>
1.1	Aanleiding .....	19
1.2	Leeswijzer .....	20
2	Methodische verantwoording.....	21
2.1	Onderzoeksvragen .....	21
2.2	Onderzoeksmodel.....	21
2.3	Onderzoeksstrategie.....	22
2.4	Kwaliteit van onderzoek .....	23
2.4.1	Validiteit .....	23
2.4.2	Betrouwbaarheid .....	24
<b>3</b>	<b>THEORETISCH KADER</b>	<b>26</b>
3.1	Uitgangspunten virtueel bouwen .....	26
3.1.1	Informatiemanagement in het bouwproces .....	26
3.1.2	IT ondersteuning voor informatiemanagement.....	27
3.1.3	Digitaal model voor bouw informatie .....	28
3.2	Specifieke toepassing Bouw Informatie Model .....	30
3.2.1	Hoeveelheden in het bouwproces .....	30
3.2.2	Productiesystemen in de industrie.....	31
3.3	Onderzoeksoptiek.....	33
3.3.1	Niveaus.....	34
3.3.2	Aspecten virtueel bouwen .....	35
3.3.3	Conceptueel schema .....	36
3.4	Samenvatting.....	37
<b>4</b>	<b>INSTRUMENT ONTWERP</b>	<b>38</b>
4.1	Operationaliseren begrippen conceptueel schema.....	38
4.1.1	Organisatie & processen .....	38
4.1.2	Informatietechnologie.....	39
4.1.3	Effecten gebruik virtueel bouwen .....	40
4.2	Instrument ontwerp .....	41
4.2.1	Niveau 1 – Geen optimalisatie als uitgangssituatie.....	41
4.2.2	Niveau 2 – Intern optimaliseren.....	41
4.2.3	Niveau 3 – Delen en automatiseren.....	42
4.2.4	Niveau 4 – Systeemintegratie .....	42
4.2.5	Niveau 5 – Optimalisatie .....	43

<b>5</b>	<b>RESULTATEN</b>	<b>44</b>
5.1	Resultaten expert toets .....	44
5.1.1	Aanpak.....	44
5.1.2	Resultaten .....	45
5.2	Resultaten toets bouwbedrijven .....	48
5.2.1	Aanpak.....	48
5.2.2	Resultaten .....	49
<b>6</b>	<b>EVALUATIE</b>	<b>53</b>
6.1	Beoordelingscriteria instrument.....	53
6.1.1	Inhoud .....	53
6.1.2	Praktische toepasbaarheid.....	54
6.2	Reflectie op beoordelingscriteria.....	55
6.2.1	Inhoud .....	55
6.2.2	Praktische toepasbaarheid.....	57
6.3	Definitief instrument ontwerp.....	58
<b>7</b>	<b>CONCLUSIE EN DISCUSSIE</b>	<b>61</b>
7.1	Conclusie.....	61
7.2	Discussie .....	62
	<b>REFERENTIES</b>	<b>64</b>
	<b>BIJLAGEN</b>	<b>66</b>
	Bijlage I Uitwerking criteria per niveau.....	66
	Bijlage II Resultaten expert interviews .....	68
	Bijlage III Resultaten toets bouwbedrijven .....	70
	Bijlage IV Evaluatie.....	72
	Bijlage V Definitief instrument.....	79

## Lijst van figuren

Figuur 1 Opbouw van het onderzoek.....	21
Figuur 2 Fasen in het bouwproces (Eekelen et Al, 2002).....	26
Figuur 3 Informatiebehoefte en beschikbare informatie versus tijd (Jonkind en de Jong, 1993) .....	27
Figuur 4 Informatie voor nemen van beslissingen (Winch, 2002) .....	27
Figuur 5 Vrije en vastgelegde slack .....	28
Figuur 6 Strategische en operationele FIT (Henderson & VenKatrman, 1999) .....	28
Figuur 7 Functies Bouw Informatie Model (Bips, 2006).....	29
Figuur 8 Onderscheid bouw model en Bouw Informatie Model (John, 2008).....	30
Figuur 9 Niveaus kostenraming (Winch, 2002) .....	31
Figuur 10 Calculatieproces bij aanbesteding .....	31
Figuur 11 Traditionele productiebeheersing (Wortmann, 1992).....	32
Figuur 12 Integrale productiebeheersing met MRP II (Wortmann, 1992) .....	33
Figuur 13 BIM Framework (Succar, 2009).....	33
Figuur 14 BIM stages Succar (2009) .....	34
Figuur 15 Eerste model ontwerp .....	36
Figuur 16 Van ontwerp naar hoeveelheden .....	38
Figuur 17 Wijze informatieoverdracht.....	39
Figuur 18 Structurering volgens NEN 2634 (Schaap et al, 2008) .....	40
Figuur 19 Stappen ontwikkeling definitief instrument .....	44
Figuur 20 Voorbeeld consistentie niveaus .....	53
Figuur 21 Matrix aandachtsgebieden virtueel bouwen .....	59

## Lijst van tabellen

Tabel 1 Ontwerp niveau 2.....	41
Tabel 2 Ontwerp niveau 3.....	42
Tabel 3 Ontwerp niveau 4.....	43
Tabel 4 Ontwerp niveau 5.....	43
Tabel 5 Doelen en functies virtueel bouwen bij betrokken bouwbedrijven.....	50
Tabel 6 Audit resultaat.....	50
Tabel 7 Categorisering bouwbedrijven .....	50





## Begrippenlijst

### Aspect

Een *aspect* is een specifieke *voorwaarde* voor het gebruik van *virtueel bouwen*.

### Bouw Informatie Modellen (BIM)

Een *BIM* is een wederzijdse koppeling tussen informatie over een bouwwerk en een visuele representatie van dit bouwwerk. Een verandering in het ontwerp leidt tot verandering in de informatie en vice versa. *BIM* is een middel voor informatiemanagement in het bouwproces. Zie paragraaf 3.1.3.

### Criteria

De *criteria* behoren toe aan het *instrument* en vormen de *voorwaarden* die zijn geformuleerd om een bepaald niveau uit het *instrument* te bereiken (zie H4).

### Conceptueel schema

Het *conceptueel schema* is een samenvatting van de theorieën en inzichten en vormt de basis voor de ontwikkeling van het *instrument*. Het *conceptueel schema* bestaat uit vijf niveaus voor gebruik van *virtueel bouwen* en *organisatorische aspecten*. Zie paragraaf 3.3.

### Effecten

De *effecten* zijn het resultaat van doorgevoerde *procesoptimalisaties*, welke worden bereikt door het gebruik van *virtueel bouwen*. In dit onderzoek zijn *effecten* uitgedrukt in termen van tijd en kans op fouten. Nader uitgewerkt in paragraaf 4.2.3.

### Hoeveelhedenstaat

Een *hoeveelhedenstaat* van een gebouwwontwerp geeft weer welke onderdelen op welke specifieke plaats in een gebouw benodigd zijn, ook wel 'bill of quantities'. Zie paragraaf 3.2.1.

### Instrument

In dit onderzoek is het *instrument* de presentatie van de operationalisering van het *conceptueel schema* naar organisatorische aspecten die per niveau worden gedefinieerd. Het *instrument* bestaat uit niveaus van *virtueel bouwen* en per niveau *criteria*. Deze operationalisering vindt plaats aan de hand van de *systematiek*. Zie Hoofdstuk 4.

### Procesoptimalisatie

Een *procesoptimalisatie* is in dit onderzoek een doel van een bouwbedrijf om gebruik te maken van *virtueel bouwen*. Het resultaat van een *procesoptimalisatie* zijn de *effecten*.

### Verkrijgen van hoeveelheden

In dit onderzoek wordt onder het *verkrijgen van hoeveelheden* het bepalen van hoeveelheden verstaan (het opstellen van een *hoeveelhedenstaat*) en het delen van deze informatie met andere partijen in het bouwproces.

### Voorwaarden

In dit onderzoek worden onder *voorwaarden* de verzameling van *criteria* bedoeld, in de categorieën organisatie & processen, informatietechnologie, strategie en mensen & cultuur (zie paragraaf 3.3).

### Virtueel bouwen

In dit onderzoek is *virtueel bouwen* een middel voor het beheersen van informatie in het bouwproces, dit kan zowel gaan om specifieke product als proces informatie. Deze informatie kan worden opgeslagen in een *BIM*, maar ook het delen van deze informatie tussen verschillende partijen voor een rol in het bouwproces behoort tot *virtueel bouwen*.



# 1 Inleiding

Virtueel bouwen biedt tal van mogelijkheden voor optimalisatie van het bouwproces. Vaak blijkt nog onduidelijk hoe toepassing van virtueel bouwen er uit ziet. Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak (1.1) en indeling (1.2) van het onderzoek.

## 1.1 Aanleiding

In het huidige bouwproces zijn veel mogelijkheden voor procesoptimalisaties. Door gebruik te maken van ondersteunende middelen kunnen deze procesoptimalisaties worden gerealiseerd.

Eén van de mogelijkheden voor het optimaliseren van processen is virtueel bouwen. De essentie van virtueel bouwen is het structureren van alle informatie over een bouwwerk, waardoor deze meervoudig bruikbaar wordt en gedeeld kan worden tussen meerdere partijen die onderdeel zijn van het bouwproces (zie kader).

De toepassing van virtueel bouwen blijft achter: iedereen wil het, maar niemand heeft het. Er zijn in de bouwsector meerdere struikelblokken waarneembaar waardoor gebruik van virtueel bouwen achter blijft. Ten eerste is er veel onduidelijkheid over wat virtueel bouwen precies is. Er wordt gesproken over BIM, 3D modelleren, ketenintegratie en nog veel andere termen die voor verwarring zorgen. Ten tweede lijkt een ieder ervan overtuigd dat virtueel bouwen meerwaarde heeft. Wat die meerwaarde is blijft vooralsnog onduidelijk. En, tenslotte, hebben veel partijen in de bouwsector moeite met implementatie: ze weten niet waar en hoe te beginnen.

### Virtueel bouwen volgens Balance & Result<sup>1</sup>

In de bouwsector wordt al jaren gewerkt aan de ontwikkeling van bouwinformatiesystemen. Deze systemen worden steeds geavanceerder en vormen een belangrijk hulpmiddel om bouwwerken integraal te kunnen ontwerpen, realiseren en exploiteren. Deze manier van werken wordt aangeduid als virtueel bouwen.

Met virtueel bouwen kunnen veel verschillende activiteiten in het bouwproces worden ondersteund. Voorbeelden zijn visualisatie, simulatie, uittrekstaten voor materialen en hoeveelheden, plannen, organisatie van logistiek en tal van berekeningen. Virtueel bouwen kent dus een groot aantal functies die activiteiten in het bouwproces kunnen ondersteunen.

1) Uit "programma virtueel bouwen: gewoon doen!", Balance & Result, 2009

### Balance & Result

Balance & Result (B&R), een onafhankelijk organisatie adviesbureau voor de bouw, wil bouwbedrijven adviseren in gebruik van virtueel bouwen. Dit willen zij doen door voor bouwbedrijven methodiek te ontwikkelen, waarin in een aantal niveaus verschillende ambities voor virtueel bouwen uitgedrukt kunnen worden. Met behulp van dit model beoogt B&R een methodiek te ontwikkelen voor het opstellen van een business case voor bouwbedrijven. Dit onderzoek beoogt voor B&R een bijdrage te leveren aan de ontwikkeling van deze methodiek.

### Probleemstelling

In dit onderzoek wordt verondersteld dat virtueel bouwen bijdraagt aan bouwprocesoptimalisatie. Naar verwachting heeft het gebruik van virtueel bouwen niet alleen te maken met technische aspecten van te gebruiken technologieën, maar ook met veel andere organisatorische aspecten. In dit onderzoek zijn deze andere aspecten benoemd als organisatorische voorwaarden.

Aangezien de toepassing van virtueel bouwen erg breed is (er zijn veel functies) wordt het onderzoek afgebakend tot één functie van virtueel bouwen: het verkrijgen van hoeveelheden. Deze aanleiding leidt tot de volgende probleemstelling:

*Bouwbedrijven hebben onvoldoende kennis over organisatorische aspecten voor gebruik van virtueel bouwen. Processen, zoals het bepalen van hoeveelheden, worden hierdoor niet geoptimaliseerd. Deze processen hebben zowel betrekking op de interne organisatie als de relaties met andere partijen in de bouwkolom.*

## Doelstelling

Dit onderzoek beoogt een bijdrage te leveren aan de methodiek voor een business case die B&R beoogt te ontwikkelen. Dit onderzoek is daarin een onderdeel en wordt afgebakend op:

- er wordt slechts één functie van virtueel bouwen onderzocht: het verkrijgen van hoeveelheden
- effecten van virtueel bouwen worden uitgedrukt in vormen van procesoptimalisaties, niet in bedrijfseconomische onderbouwing zoals dat behoort aan een businesscase.

Hieruit volgt de doelstelling van het onderzoek:

*Het doel van het onderzoek is het ontwikkelen van een methodiek voor virtueel bouwen, die inzichtelijk maakt welke aspecten van belang zijn voor het verkrijgen van hoeveelheden middels virtueel bouwen.*

## 1.2 Leeswijzer

De opbouw van de scriptie is als volgt. In hoofdstuk 2 volgt een verantwoording van de onderzoeksmethode, waarin wordt ingegaan op het onderzoeksmodel, -vragen, -strategie en -kwaliteit.

In hoofdstuk drie wordt ingegaan op de theorie van virtueel bouwen en wordt een conceptueel schema opgesteld, dat niveaus voor virtueel bouwen en organisatorische aspecten beschrijft. In hoofdstuk vier wordt dit conceptueel schema geoperationaliseerd tot een praktisch toepasbaar instrument.

Ter evaluatie van het instrument is een empirische toets uitgevoerd, waarvan de resultaten zijn gepresenteerd in hoofdstuk 5. Deze resultaten maken het mogelijk het ontwikkelde instrument te beoordelen op toepasbaarheid en inhoud. De praktijktoets bestaat uit twee onderdelen. Ten eerste een interviewronde met experts. Ten tweede door vier casestudies bij bouwbedrijven.

In hoofdstuk 6 worden de resultaten van de empirische toets gereflecteerd. Deze reflectie leidt tot aanpassingen in het instrument, waaruit een definitief instrument wordt ontwikkeld.

De scriptie sluit af met hoofdstuk 7, conclusie en discussie. De evaluatie van de resultaten uit de empirische toets leiden tot een conclusie die beoordeeld in hoeverre de doelstelling van het onderzoek is bereikt. Tevens worden er aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek en wordt de validiteit en betrouwbaarheid van de resultaten bediscussieerd.

## 2 Methodische verantwoording

Het voorgaande hoofdstuk is de aanleiding en doelstelling van het onderzoek toegelicht. In dit hoofdstuk is de onderzoeksmethode uitgewerkt en wordt aandacht besteed aan de onderzoeksvragen (2.1), de opbouw van het onderzoek (2.2), de onderzoekstrategie (2.3) en de kwaliteit van het onderzoek (2.4).

### 2.1 Onderzoeksvragen

Op basis van de probleem- en doelstelling zijn onderzoeksvragen geformuleerd. Door beantwoording van de onderzoeksvragen wordt de doelstelling van het onderzoek bereikt. De onderzoeksvragen zijn als volgt.

#### Welke onderzoeksoptiek kan worden geformuleerd voor implementatie van virtueel bouwen?

- Welke toepassing heeft virtueel bouwen in het bouwproces?
- Hoe wordt virtueel bouwen toegepast voor het verkrijgen van hoeveelheden?
- Welke aspecten zijn van belang voor implementatie van virtueel bouwen?

#### Hoe ziet het instrument er uit voor implementatie van virtueel bouwen voor het verkrijgen van hoeveelheden?

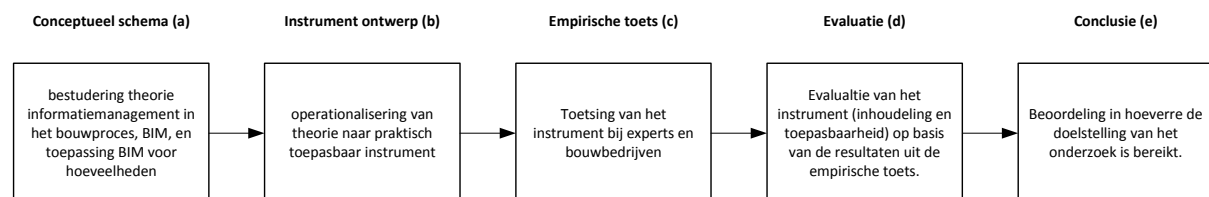
- Op welke wijze kan de onderzoeksoptiek worden geoperationaliseerd?
- Hoe ziet de praktische toepassing van het instrument eruit?

#### In hoeverre is het ontwikkelde instrument toepasbaar in praktijksituaties?

- Welke knelpunten zijn er bij een praktische toepassing?
- In hoeverre zijn er aanpassingen aan het instrument nodig om praktisch ingezet te worden?

### 2.2 Onderzoeksmodel

Het onderzoeksmodel (zie Figuur 1) is een grafische weergave van het onderzoekstraject (Verschuren & Doorewaard, 2005). De stappen die in het model zijn weergegeven vormen de belangrijkste stappen die in dit onderzoek worden doorlopen. Het onderzoek bestaat uit (a) verkenning van bestaande theorieën en inzichten uit (wetenschappelijke) literatuur, deze leiden tot een onderzoeksoptiek samengevat in een conceptueel schema. Vervolgens (b) wordt het conceptueel schema als uitgangspunt gebruikt voor de ontwikkeling van het beoogde instrument. Het ontwikkelde instrument (c) wordt middels een empirische toets beoordeeld, bestaande uit interviews met experts en cases bij bouwbedrijven. Evaluatie van deze resultaten (d) geven inzicht in hoeverre de doelstelling van het onderzoek is bereikt. Het bereiken van deze doelstelling wordt verwoord in de conclusie (e).



FIGUUR 1 OPBOUW VAN HET ONDERZOEK

De verschillende onderdelen uit het onderzoeksmodel worden in het hiernavolgende toegelicht. De structuur van het onderzoeksmodel is in overeenstemming met aan de opbouw van deze scriptie. De verschillende onderdelen verwijzen dan ook naar de hoofdstukken waarin de uitwerking verwoord is.

#### Theoretisch kader (H3)

Het theoretisch kader wordt ontwikkeld door bestudering van bestaande theorieën en inzichten die beschikbaar zijn in wetenschappelijke literatuur. In het vormen van een onderzoeksoptiek wordt aandacht

besteed aan de toepassing van virtueel bouwen in het bouwproces. Op basis hiervan wordt verwacht inzicht te verwerven over de toepassing van virtueel bouwen voor het verkrijgen van hoeveelheden.

Naast de toepassing van virtueel bouwen wordt de functionele toepassing van virtueel bouwen voor het verkrijgen van hoeveelheden in het bouwproces uitgewerkt. Op basis hiervan wordt de relatie tussen virtueel bouwen en hoeveelheden in het bouwproces inzichtelijk.

Het theoretische kader leidt tot een onderzoeksoptiek die wordt beschreven in het conceptueel schema. Het conceptueel schema wordt opgesteld door aansluiting te zoeken bij bestaande schema's, voor zover deze beschikbaar zijn. Het conceptueel schema wordt in de verdere ontwikkeling van het instrument gebruikt als uitgangspunt.

#### **Ontwikkeling instrument (H4)**

De fase van het onderzoek waarin het instrument wordt ontwikkeld betreft een operationalisering van de theorie die is samengevoegd in het conceptueel schema. Hierbij wordt gebruik gemaakt van bestaande instrumenten, modellen en quickscans. Deze worden gebruikt voor het operationaliseren van de theorie naar praktische toepassing. Na afronding van deze fase is het instrument ontwikkeld, maar pas door toetsing van het instrument in praktische situaties kan de bruikbaarheid van het instrument worden beoordeeld.

#### **Empirische toets (H5)**

De empirische toets heeft als doel om de bruikbaarheid van het instrument te beoordelen. Deze toets bestaat uit twee delen. Ten eerste wordt het instrument beoordeeld door een aantal experts op het gebied van BIM en virtueel bouwen. Deze beoordeling moet leiden tot verder inzicht in de mate waarin de opbouw van het instrument logisch en toepasbaar is.

Ten tweede wordt het instrument gebruikt om een positie van bouwbedrijven ten aanzien van virtueel bouwen voor het verkrijgen van hoeveelheden te bepalen. Deze toets geeft inzicht in hoeverre het instrument aansluit bij de doelstelling van het onderzoek. De resultaten van de empirische toets bestaan uit een beschrijving van de bevindingen die tijdens de toetsing zijn gedaan.

#### **Evaluatie (H6)**

De evaluatie van het onderzoek bevat een reflectie op de resultaten van de empirische toets. Op basis van deze resultaten kan worden beoordeeld waar aanpassingen in het instrument nodig blijken. De laatste fase van het onderzoek betreft het evalueren van de resultaten uit de empirische toets en het waarnodig aanpassen van het ontwikkelde instrument. De evaluatie leidt daarmee tot een definitief instrument.

#### **Conclusie en discussie (H6)**

Op basis van deze evaluatie wordt verwacht te kunnen beoordelen in hoeverre de doelstelling van het onderzoek is bereikt. Deze beoordeling vormt de conclusie van dit afstudeeronderzoek. In de conclusie wordt tevens aandacht besteed aan de kwaliteit van het onderzoek. Kwaliteit is uitgesplitst naar betrouwbaarheid en validiteit van de onderzoeksresultaten. Deze begrippen zijn nader toegelicht in 2.6

## **2.3 Onderzoeksstrategie**

Het onderzoek wordt getypeerd als een ontwerpgericht onderzoek, doordat met het beoogde instrument een interventie kan worden gegeven aan een bestaande praktijksituatie (Verschuren & Doorewaard, 2005). In dit onderzoek wordt een ontwerp gemaakt voor een instrument voor gebruik van virtueel bouwen. Inzet van het instrument levert een bijdrage aan het verbeteren van huidige processen voor het bepalen van hoeveelheden bij bouwbedrijven, door gebruik te maken van virtueel bouwen.

De aanpak van dit onderzoek wordt door van Aken et al (2007) getypeerd als "business problem solving" (BPS). Een BPS project is gerelateerd aan het verbeteren van effectiviteit en/of efficiëntie van operationele bedrijfsprocessen. Om een BPS project tot een succesvol einde te volbrengen worden feitelijk twee cycli doorlopen, de reflectieve en regulatieve cyclus (van Aken, et al 2007). Ten eerste de reflectieve cyclus waarin op een wetenschappelijke manier kennis wordt ontwikkeld. Ten tweede de regulatieve cyclus waarin de

ontwikkelde kennis in praktijkgevallen wordt getoetst en geëvalueerd. Hiermee kan worden beoordeeld in hoeverre de ontwikkelde kennis generiek toepasbaar is voor meerdere praktijksituaties.

Het ontwikkelen van kennis vindt plaats in de reflectieve kennis. Deze kennis kan Balance & Result pragmatisch toepassen. Deze cyclus wordt doorlopen in twee stappen. Ten eerste wordt op basis van bestaande theorieën en inzichten uit de wetenschappelijke literatuur een onderzoeksoptiek geformuleerd die wordt samengevat in een conceptueel schema. De onderzoeksoptiek kan worden gezien als de bril waarmee het probleem en/of onderzoeksobject wordt beschouwd (Verschuren & Doorewaard, 2005). Voor het vormen van het conceptueel schema worden verschillende theorieën bij elkaar gebracht, waardoor in eerste instantie kennis ontwikkeling mogelijk is.

De tweede stap betreft het vertalen van de onderzoeksoptiek in het instrument voor toepassing van virtueel bouwen. Bij het vertalen van de onderzoeksoptiek naar een instrument dient aandacht besteed te worden aan constructvaliditeit (op juiste wijze operationaliseren van de theorie), interne validiteit (voldoende verbanden in de theorie) en externe validiteit (geschikt voor verschillende gevalstudies (gebruik van een protocol, verslaglegging) (Leedy & Ormrod, 2005; Bergsma, 2003) (zie voor verdere toelichting 2.5.1).

Het toetsen van het instrument door zowel experts als bouwbedrijven in de B&U sector door middel van case studies, maakt een beoordeling over de bruikbaarheid van het instrument mogelijk. Dit onderdeel van het onderzoek valt onder de regulatieve cyclus. Het uitvoeren van deze empirische toets moet leiden tot uitspraken over de geldigheid van de ontwikkelde theorieën en inzichten. In het conceptueel schema zijn deze theorieën samengevat, waardoor deze ook beoordeeld kunnen worden. Feitelijk betreft dit een evaluatie van de resultaten. Om de betrouwbaarheid van de empirische toets zo hoog mogelijk te laten zijn worden er in totaal vier casestudies uitgevoerd.

In een ideale situatie leidt de uitvoering van de empirische toets tot een instrument dat voor Balance & Result in praktijksituaties toepasbaar is. Met een evaluatie van de resultaten uit de empirische toets wordt beoordeeld in hoeverre de doelstelling van het onderzoek is behaald.

## 2.4 Kwaliteit van onderzoek

Het uiteindelijke instrument dient van voldoende kwaliteit te zijn voordat deze bruikbaar is in praktische situaties. Dit kwaliteitscriterium wordt uitgedrukt in validiteit en betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten (Leedy & Ormrod, 2005; Bergsma, 2003). In de twee hierna volgende paragrafen wordt allereerst aandacht besteed aan de validiteit (de mate waarin het instrument toepasbaar is waarvoor het is bedoeld) en ten tweede aan betrouwbaarheid (de mate waarop de verzamelde gegevens als juist kunnen worden bestempeld) van het onderzoek. In deze paragrafen komt tevens aan bod hoe de validiteit en betrouwbaarheid van dit onderzoek wordt gewaarborgd. Een evaluatie van de onderzoeksresultaten laat zien in hoeverre hiervan al dan niet sprake is.

### 2.4.1 Validiteit

Bergsma (2003) definieert validiteit in een kwalitatief onderzoek als valide wanneer het bestudeerd heeft wat bedoeld was om te bestuderen. De nadruk ligt daarbij op de validiteit van de interpretaties (King, 1994). Dit houdt in dat in een kwalitatief onderzoek de resultaten valide zijn als de door de onderzoeker getrokken conclusies valide zijn in relatie tot de onderliggende verzamelde gegevens (Bergsma, 2003).

Er worden door Bergsma (2003) twee methoden benoemd die de validiteit van de onderzoeksresultaten waarborgt, deze zijn triangulatie en feedback van respondenten.

Het toepassen van triangulatie is bedoeld om aan te tonen dat een bevinding ondersteund wordt door meerdere, onafhankelijke van elkaar verkregen waarnemingen. De strategie bij triangulatie is gericht op het vinden van overeenkomstige patronen, waarbij gebruik wordt gemaakt van verschillende bronnen (Bergsma, 2003). Triangulatie kan worden toegepast op een aantal dimensies (Denzin, 1978), voor dit onderzoek worden de volgende triangulaties toegepast:

- bronnentriangulatie: onderzoek probeert diepgang te bereiken door het ontsluiten van verschillende bronnen. Door zowel meerdere experts (4) als een aantal cases bij bouwbedrijven wordt er in dit onderzoek via verschillende bronnen informatie verworven;
- methodetriangulaties: gebruik van verschillende methoden voor gegevensontsluiting. In dit onderzoek worden zowel interviews afgenomen als documenten van de verschillende bouwbedrijven geanalyseerd;

Miles & Huberman (1994) benadrukken dat triangulatie geen bewust tactische keuze moet zijn voor de onderzoeksstrategie, maar meer een “manier van werken” is. Zij benoemen namelijk dat bevindingen pas tot stand kunnen komen als er meerdere bronnen zijn geraadpleegd, waardoor er van triangulatie als vanzelf in het onderzoek is meegenomen.

De tweede methode die door Bergsma (2003) benoemd is om resultaten te valideren is “feedback van respondenten”, wat bestaat uit het voorleggen van de bevindingen aan de respondenten die zijn geïnterviewd / informatie heeft verstrekt. In dit onderzoek wordt terugkoppeling naar respondenten in twee wegen meegenomen. Ten eerste door tijdens interviews terug te koppelen wat de interpretatie van het antwoord is geweest. Hierdoor vindt tijdens het interview al validatie plaats. Ten tweede worden de resultaten van de interviews aan de respondenten voorgelegd, met de daarbij behorende analyse en conclusie. Op basis hiervan kan een respondent functioneren als een deskundige voor de onderzoeker, doordat hij/zij kan beoordelen of de analyse met bijbehorende conclusie de juiste is.

## 2.4.2 Betrouwbaarheid

Het betrouwbaarheidsaspect heeft betrekking op de vraag in hoeverre de verkregen onderzoeksresultaten worden “verstoord” door veronderstellingen en vooroordelen. In een kwalitatief onderzoek wordt een onderzoek als “betrouwbaar” gezien wanneer dezelfde onderzoeksmethode, toegepast op eenzelfde object en uitgevoerd door een andere onderzoeker leidt tot gelijke resultaten (Bergsma, 2003). Om tot een betrouwbaar resultaat te komen in een kwalitatief onderzoek is de mate van objectiviteit van de onderzoeker dus in grote mate van belang. Door King (1994) wordt echter benoemd dat het onderzoek geen zekere afstand moet hebben tot het object van onderzoek, omdat dit het uitvoeren van goed kwalitatief onderzoek onmogelijk maakt doordat de relatie tussen onderzoek en onderzochte een essentiële rol speelt in het onderzoeksproces.

Bergsma (2003) benoemt twee methoden die verstoringen in de betrouwbaarheid van het onderzoek helpen te reduceren, te weten testen op representativiteit en testen voor onderzoekseffecten.

De representativiteit van het onderzoek beschrijft in welke mate bepaalde bevindingen specifiek zijn voor een meer generiek probleem (Miles & Huberman, 1994). Er zijn een aantal mogelijke oorzaken waardoor onderzoeksresultaten niet representatief zijn. Miles & Huberman (1994) benoemen hiervoor:

- er zijn alleen respondenten bij het onderzoek betrokken die op een bepaald moment beschikbaar zijn, respondenten die over nuttige informatie beschikken worden zodoende niet bij het onderzoek betrokken;
- een onderzoeker is niet constant aanwezig bij het object van onderzoek, waardoor het kan zijn dat een onderzoeker conclusies bepaalt op basis van niet-representatieve gebeurtenissen;

Het tweede argument dat de betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten kan onderbouwen is het testen van onderzoekseffecten. Bij het testen van de onderzoekseffecten wordt beoordeeld in hoeverre de onderzoeker invloed heeft op het onderzochte en vice versa (Bergsma, 2003).

Invloed van de onderzoeker op het onderzochte ontstaat wanneer de onderzoeker een bedreiging of verstoring vormt in de normale sociale relaties binnen het object van onderzoek (Bergsma, 2003). Voorbeelden hiervan zijn bijvoorbeeld onduidelijkheid bij respondenten wat de onderzoeker komt doen en wat het effect van de resultaten is. Als gevolg hiervan kunnen respondenten een bepaalde rol aannemen, waardoor de onderzoeker geen informatie verkrijgt die recht doet aan de werkelijke situatie.

Invloed van het onderzochte op de onderzoeker wordt door Bergsma (2003) benoemd als er kans op verstoring aanwezig is doordat een onderzoeker dusdanig veel tijd in het “veld” aanwezig is waardoor de



onderzoeker niet (meer) in staat is om een kritische houding ten opzichte van het onderzoeksobject aan te nemen. Er ontstaan in deze situatie verstoringen doordat de onderzoeker opvattingen, interpretaties en overtuigingen van de respondenten gaat overnemen.

Om verstoringen ten aanzien van betrouwbaarheid in dit onderzoek zoveel mogelijk te voorkomen wordt er in dit onderzoek rekening gehouden met de volgende punten (Bergsma, 2003; Miles & Huberman, 1994):

#### Testen representativiteit

- een zo groot mogelijke steekproef: er worden vier cases uitgevoerd en vier experts geïnterviewd, dit aantal is maximaal in het tijdsbestek van dit onderzoek
- het zoeken naar negatief bewijs: in de resultaten van de empirische toets wordt niet alleen gezocht naar uitspraken die de veronderstelde theorie onderbouwen, maar ook naar uitspraken die de waarheid van het ontwikkelde instrument tegenspreken

#### Testen onderzoekseffecten

- zo goed mogelijk inleven in de organisatie (achtergrond en context van de organisatie zo goed als mogelijk doorgronden)
- de bedoeling van het onderzoek wordt vooraf aan de respondenten toegelicht en gevraagd naar de duidelijkheid van het onderzoek
- er worden binnen de onderzoeksobjecten (bouwbedrijven) meerdere interviews gehouden waarmee een "elite bias" wordt vermeden, desondanks worden personen die over zo veel mogelijk informatie beschikken geïnterviewd, aangezien de tijd voor het onderzoek een beperkende factor is
- de resultaten uit de interviews worden teruggekoppeld aan collega onderzoekers, die wellicht meer onafhankelijk zijn om de resultaten te interpreteren.

### 3 Theoretisch kader

Het onderzoek start met het verkennen van bestaande inzichten en theorieën over virtueel bouwen. Dit hoofdstuk start met de analyse van uitgangspunten die van belang zijn voor het onderzoek (3.1). Vervolgens wordt aandacht besteed aan het domein waarin deze uitgangspunten toegepast worden: het verkrijgen van hoeveelheden (3.2). Tenslotte zijn de bestaande inzichten basis voor een onderzoeksoptiek die wordt samengevat in een conceptueel schema (3.3).

#### 3.1 Uitgangspunten virtueel bouwen

Uitgangspunt van dit onderzoek is dat virtueel bouwen een IT toepassing is voor informatiemanagement in het bouwproces. Deze paragraaf verkent informatiemanagement in het bouwproces (3.1.1), IT ondersteuning in organisaties (3.1.2) en virtueel bouwen (3.1.3).

##### 3.1.1 Informatiemanagement in het bouwproces

Informatiemanagement is een discipline voor het analyseren van informatie als middel binnen een organisatie (Shahriza et al, 2007). Beschikking over informatie is voor organisaties één van de belangrijke elementen om een competitief voordeel te bereiken (Porter & Miller, 1985). De beschikbare informatie is afhankelijk van de wijze waarop processen in een organisatie zijn georganiseerd. Informatiemanagement draagt bij aan het organiseren van deze processen en het op het juiste moment en juiste plaats beschikbaar stellen van informatie voor gebruikers. Hiervoor is virtueel bouwen een middel (zie 3.1.3).

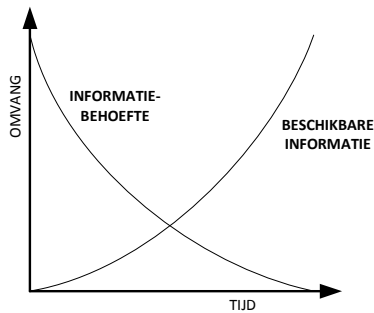
Een proces is gedefinieerd als een bewuste ordening van activiteiten in tijd en plaats, met elk een begin en eind, specifieke input en output (Papinniemi, 1999). De kenmerken van een proces zoals door Papinniemi (1999) benoemd, zijn ook van toepassing op het bouwproces (zie Figuur 2). Het bouwproces bestaat uit verschillende fasen, waarin verschillende partijen elk specifieke activiteiten uitvoeren om de vraag van een opdrachtgever te vertalen in een fysiek product. In iedere fase wordt er door elke afzonderlijke partij informatie aan het ontwerp of fysieke product toegevoegd.



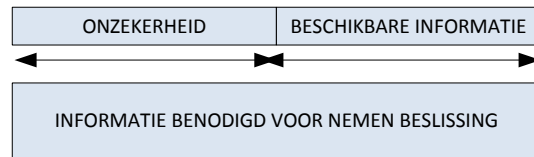
FIGUUR 2 FASEN IN HET BOUWPROCES (EKELEN ET AL, 2002)

Informatiemanagement in de bouw wordt toegepast om zoveel mogelijk informatie over een bouwwerk tijdens het ontwerp, realisatie en gebruik te beheren (Howard & Björk, 2008). Binnen het bouwproces bestaat informatiemanagement uit twee onderdelen. Enerzijds tussen partijen (interorganisatorische toepassing) en anderzijds in een organisatie. IT toepassingen kan informatiemanagement in het bouwproces ondersteunen, daarbij is IT gebruik echter altijd het middel en niet het doel. De keuze voor een specifieke IT toepassing is daarbij afhankelijk van de organisatie strategie en haar omgeving (Basoglu et al, 2007).

Beheersing van informatiestromen draagt bij aan het bepalen van een zo optimaal mogelijk eindproduct. Gedurende het doorlopen van het bouwproces komt steeds meer informatie beschikbaar, waardoor inzicht ontstaat in het eindresultaat. Anderzijds neemt de mogelijkheid om veranderingen door te voeren gedurende het bouwproces af, doordat keuzes die tijdens het bouwproces worden gemaakt gevolgen hebben voor daaropvolgende activiteiten. Een toenemende hoeveelheid informatie die beschikbaar is, zorgt er voor dat de onzekerheid tijdens het bouwproces afneemt (Winch, 2002), zie Figuur 3. Dit figuur laat zien dat vroegtijdig in het bouwproces er een grote informatiebehoefte is, maar er slechts beperkt informatie beschikbaar is. Het verschil tussen de informatie behoefte (de hoeveelheid informatie benodigd voor het nemen van beslissingen) en de beschikbare informatie is onzekerheid (Winch, 2002), zie ook Figuur 4.



FIGUUR 3 INFORMATIEBEHOEFTE EN BESCHIKBARE INFORMATIE VERSUS TIJD (JONKIND EN DE JONG, 1993)



FIGUUR 4 INFORMATIE VOOR NEMEN VAN BESLISSINGEN (WINCH, 2002)

Informatiemanagement draagt eraan bij om vroegtijdig in het bouwproces over zoveel mogelijk informatie te beschikken, waardoor onzekerheid over het nemen van beslissingen afneemt. Daarnaast draagt informatiemanagement bij aan het uitwisselen van informatie tussen partijen en fase in het bouwproces. Om dit doel te bereiken is samenwerking tussen partijen van belang (Succar, 2009). Hierdoor hoeven partijen niet dezelfde informatie te achterhalen in achtereenvolgende fasen.

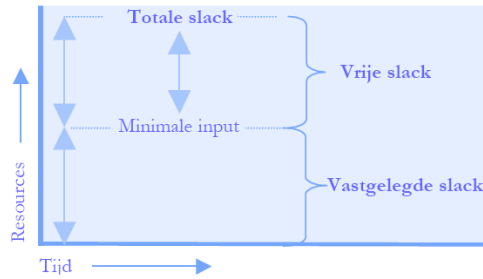
Inzet van virtueel bouwen in het bouwproces draagt bij aan het beheersen van informatiestromen. Dit geldt zowel voor het ontlenen van informatie uit een ontwerp (zoals tekeningen) als het vastleggen van informatie (in een organisatie) en het delen van informatie (tussen organisaties). Kortom, virtueel bouwen wordt in dit onderzoek gezien als een middel voor procesverbetering.

### 3.1.2 IT ondersteuning voor informatiemanagement

IT toepassingen kunnen ondersteuning bieden aan informatiemanagement, doordat deze systemen op een gestructureerde wijze grote hoeveelheden informatie vast kunnen leggen (Winch, 2002). Informatie die gestructureerd is vastgelegd maakt hergebruik van diezelfde informatie eenvoudig mogelijk. Hierdoor gaat minder informatie verloren als deze tussen partijen wordt uitgewisseld. Deze paragraaf verkent de toepassing van IT in organisaties.

IT toepassingen worden in organisaties ingezet om met zo min mogelijk middelen (mensen, tijd, geld) een product op te leveren. Om processen in een organisatie zo optimaal mogelijk te laten verlopen, waardoor er zo min mogelijk tijd en geld wordt verspild, is het van belang de mensen, procedures en middelen zo goed mogelijk op elkaar af te stemmen. Hieraan kan IT een bijdrage leveren (Daft, 1996).

Het begrip slack beschrijft in hoeverre middelen die aanwezig zijn in een organisatie efficiënt worden ingezet (Krabbendam, 1992; Galbraith, 1977). Het begrip slack benoemt de middelen in een organisatie die wel aanwezig zijn (zoals tijd, geld, mensen, middelen en kennis), maar niet worden benut. Op het moment dat er sprake is van slack, zijn er "te veel" van deze middelen aanwezig. Een deel van de aanwezige middelen is dan niet nodig voor het bereiken van het doel van de organisatie. Er is onderscheid tussen vastgelegde en vrije slack (Figuur 5). Vastgelegde slack zijn bijvoorbeeld hoge lonen en te veel medewerkers. Om een verandering in een organisatie of haar omgeving op te vangen is vastgelegde slack moeilijk bruikbaar. Vrije slack zijn daarentegen vaak niet optimaal functionerende processen, mensen en middelen. Voorbeelden hiervan zijn in het bouwproces dubbelwerk of onnodige fouten doordat informatie niet wordt gedeeld. Het is vrijwel onmogelijk om vast te stellen hoe groot de vrije en vastgelegde slack in organisaties zijn. Het optimaliseren van processen zorgt er voor dat de vrije slack zo klein mogelijk wordt, waardoor de prestaties / efficiënte van de organisatie toeneemt.

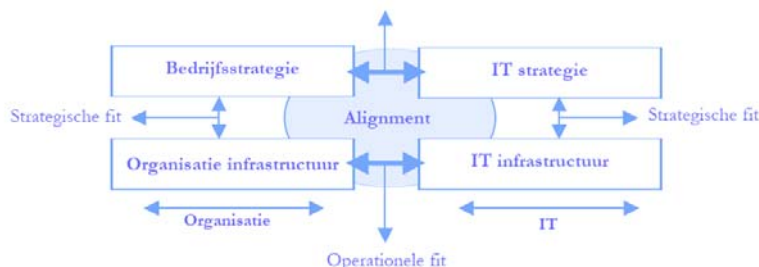


FIGUUR 5 VRIJE EN VASTGELEGDE SLACK

Virtueel bouwen is een middel, in de vorm van IT ondersteuning, om het bouwproces efficiënter te maken. Een voorbeeld is het digitaal ontlenen van informatie aan een gebouw ontwerp, waardoor minder tijd noodzakelijk is. De meerwaarde van virtueel bouwen voor een specifieke organisatie of project is dus afname van de vrije slack, waardoor in minder tijd, tegen minder kosten et cetera het zelfde werk wordt geleverd. De meerwaarde van het gebruik van virtueel bouwen is dus (onder andere) procesoptimalisatie.

Het optimaal laten functioneren van IT in een organisatie, zoals virtueel bouwen, is afhankelijk van de mate waarin de organisatie en IT op elkaar zijn afgestemd. Voor deze afstemming zijn twee factoren van belang, te weten strategische en operationele fit, zie Figuur 6 (Henderson & Venkatrman, 1999; Basoglu et al, 2007). De strategie van een onderneming bepaalt de inrichting van de organisatie infrastructuur. Voorbeeld van strategie is de rol in het bouwproces, zoals een ontwikkelend of uitvoerend bouwbedrijf. In de organisatie infrastructuur van een ontwikkelende bouwer is een ontwerpafdeling nodig, dit geldt niet – of in beperkte mate – voor een uitvoerend bouwbedrijf. De mate waarin de inrichting van de organisatie overeenkomt met de strategie is de strategische fit. Dit zelfde geldt voor de afstemming tussen IT strategie en de IT infrastructuur. Bijvoorbeeld keuze voor gebruik van 3D CAD leidt bij een optimale strategische fit ook dat deze toepassing aanwezig is.

Tenslotte is er de operationele fit, welke beschrijft in hoeverre de organisatie-infrastructuur afstemt met de IT infrastructuur. Een operationele fit is aanwezig als de aanwezige IT infrastructuur ondersteunend is voor de organisatie-infrastructuur.



FIGUUR 6 STRATEGISCHE EN OPERATIONELE FIT (HENDERSON & VENKATRMAN, 1999)

Uit het voorgaande blijkt dat er een aantal elementen van belang zijn bij de toepassing van IT in organisaties. Ten eerste wordt IT toegepast om zo efficiënt mogelijk te opereren. De mate van efficiëntie wordt uitgedrukt als vrije slack.

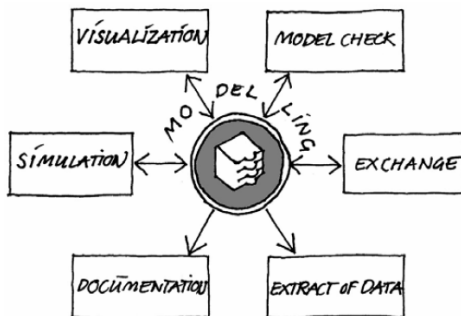
Ten tweede is het van belang, om optimaal gebruik te maken van de aanwezige IT. Deze dient aan te sluiten bij de strategie van een organisatie (operationele fit) en de IT toepassingen dienen ondersteunend te zijn aan de organisatie-infrastructuur (operationele fit).

Hieruit maken wij op dat virtueel bouwen bijdraagt aan het verbeteren / efficiënter maken van het bouwproces (zowel in als tussen organisaties), doordat de omvang van vrije slack kan verminderen. En, ten tweede, dat succesvolle toepassing van virtueel bouwen in een bouwbedrijf afhankelijk is van de mate waarin virtueel bouwen aansluit bij de strategie en de organisatie-infrastructuur.

### 3.1.3 Digitaal model voor bouwinformatie

Virtueel bouwen is een IT toepassing voor informatiemanagement in het bouwproces. In de literatuur worden hiervan voorbeelden benoemd, zoals het visualiseren van een bouwwerk en simuleren van het

bouwproces (Huang et al, 2007; Shen et al, 2005 en Xiang et al, 2004). Bij virtueel bouwen als toepassing voor informatiemanagement gaat het om het vastleggen van product- en procesinformatie in een digitaal gebouwmodel (Li et al, 2008), ook wel een Bouw Informatie Model (BIM) genoemd (BIPS, 2006). Deze informatie is veelal gekoppeld aan een virtueel 3D gebouw ontwerp (Howard & Björk, 2008), waaraan verschillende functies gekoppeld kunnen worden (zie Figuur 7). In dit onderzoek gaat het om “extract of data” uit een gebouw model, namelijk de hoeveelheden van het ontwerp.



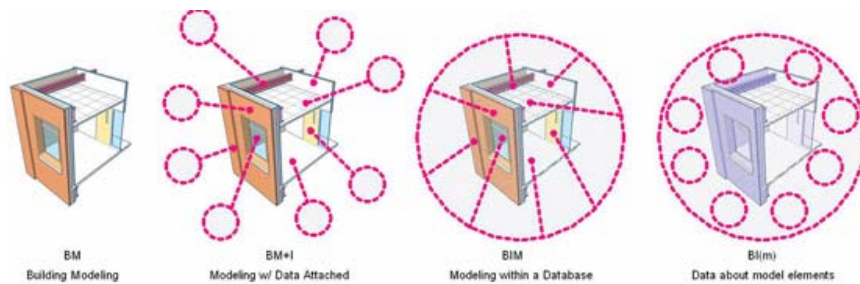
FIGUUR 7 FUNCTIES BOUW INFORMATIE MODEL (BIPS, 2006)

In een praktische toepassing is het mogelijk om op basis van een 3D gebouwontwerp productsimulaties te maken. Op basis van een gebouwmodel kunnen bijvoorbeeld planning, calculaties en logistiek berekend en georganiseerd worden. Deze functies zijn echter niet gedefinieerd als onderdeel van BIM. Een BIM is een ondersteunde tool als middel voor het vastleggen van informatie en geen opzichzelfstaand doel (Kymnell, 2008), toepassing van BIM dient gezien te worden als middel voor procesoptimalisatie en ketenintegratie.

In meer traditionele procesorganisaties wordt vaak informatie over het ontwerp, zoals hoeveelheden, materialen en constructieve eigenschappen ontleend aan de informatie die op tekening staat. De kracht van een BIM is dat de ontsluiting van deze informatie digitaal plaats vindt. Hierdoor is het mogelijk om veel tijd en geld te besparen, dat is procesoptimalisatie en daarmee inkrimpen van de vrije slack.

BIM maakt gebruik van digitale objectgeoriënteerde 3D modellen. Aan ieder object kan informatie worden gekoppeld over zowel het product als het proces. Door gebruik van BIM wordt er dus informatie centraal vastgelegd over het bouwwerk. Centraal kan inhouden per activiteit, bedrijf, bouwproces et cetera. Belangrijk is dat er duidelijk onderscheid gemaakt moet worden tussen een 3D model zelf, informatie over objecten, en de koppeling hiervan. Het onderscheid tussen informatie, objecten en koppeling hiervan is geïllustreerd door John (2008) (Figuur 8). Hierin bestaat onderscheid tussen:

- Een 3D model (Bouw Model, BM), kan worden gebruikt om het ontwerp voor de klant meer inzichtelijk te maken. Voorbeelden hiervan zijn een 2- of 3D CAD toepassing waarin een ontwerp wordt uitgetekend en mogelijk wordt gevisualiseerd in 3D.
- Een BM met daarin afzonderlijke informatie over objecten, per object is informatie bekend bijvoorbeeld afmetingen, materialen et cetera. Meer geavanceerde CAD systemen bieden mogelijkheid om oppervlaktes te berekenen of materiaal eigenschappen op te slaan en te presenteren aan de gebruiker.
- Een los staand geheel van informatie (Bouw Informatie), maar zonder duidelijkheid over de relatie tussen de informatie en de plaats in het gebouw (de objecten). Dit is “traditioneel” gezien de informatie over een bouwwerk, die ontleend is aan de tekeningen, en vast wordt gelegd in bijvoorbeeld ERP systemen of losstaande projectdocumentatie
- Een Bouw Informatie Model (BIM) waarin informatie over alle objecten in het model beschikbaar is en opgevraagd kan worden. Hierbij is er een wederzijdse afhankelijke koppeling tussen informatie over het ontwerp (zoals materiaal eigenschappen, hoeveelheden et cetera) en het ontwerp zelf. Veranderingen in het ontwerp leiden tot verandering in de ontleende informatie en vice versa.



FIGUUR 8 ONDERSCHIED BOUW MODEL EN BOUW INFORMATIE MODEL (JOHN, 2008).

In dit onderzoek wordt het gebruik van BIM als middel gezien voor proces optimalisatie. In de visie van dit onderzoek wordt in het een BIM het opslaan van product- en procesinformatie gerelateerd een digitaal gebouwmodel. Hiermee sluit dit onderzoek bij de definitie van John (2008) voor BIM (zie hierboven punt nr. 4).

Naast het vastleggen van informatie en ontsluiten van informatie met behulp van een BIM, is het delen van informatie een tweede onderdeel van informatie management in het bouwproces. Het gebruik van een BIM beoogt ook het delen van deze informatie in een organisatie (bijvoorbeeld bouwbedrijf), maar ook gedurende het bouwproces (Yan & Damian, 2008). Hiermee wordt voorkomen dat voor uitvoering van verschillende activiteiten, dezelfde informatie van bijvoorbeeld tekeningen wordt ontleend (denk aan hoeveelheden bepalen bij architect, bouwbedrijf en installateur).

### 3.2 Specifieke toepassing Bouw Informatie Model

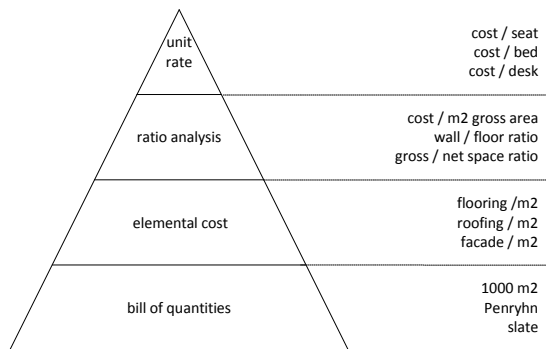
De voorgaande paragraaf heeft inzicht gegeven in de achterliggende theorie van informatiemanagement in het bouwproces. Virtueel bouwen en het bouw informatie model zijn een specifieke IT toepassing voor informatiemanagement. Deze toepassingen worden voor dit onderzoek benut voor één specifieke functionaliteit in het bouwproces, namelijk het verkrijgen van hoeveelheden.

In deze paragraaf wordt aandacht besteed aan hoeveelheden in het bouwproces (3.2.1). Ten tweede volgt een beschouwing van productiebeheersing met IT in industriële sectoren (3.2.2).

#### 3.2.1 Hoeveelheden in het bouwproces

Hoeveelhedenstaten van een gebouwwontwerp geven weer welke onderdelen op welke plaats in een bouwwerk nodig zijn. Deze hoeveelheden staten staan in de literatuur bekend als bill of quantities (Jongeling & Olofsson, 2007; Twort et al, 2004). Deze hoeveelhedenstaten worden voornamelijk gebruikt voor twee toepassingen. Ten eerste de planning van een uitvoeringstraject, per onderdeel wordt een planning en de daartoe benodigde activiteiten opgesteld (Jongeling & Olofsson, 2007). Ten tweede worden de hoeveelheden gebruikt voor inkoop en voorraadbeheer, op basis van deze informatie kunnen ook kosten worden bepaald (calculatie) (NIBS, 2007; Yan & Damian, 2008). Tot deze groep behoort ook het controleren van de juiste hoeveelheden bij aflevering van producten (op bouwlocatie). Gedurende het bouwproces worden de hoeveelheden steeds specifieker, van kentallen naar specifieke aantallen (Winch, 2002).

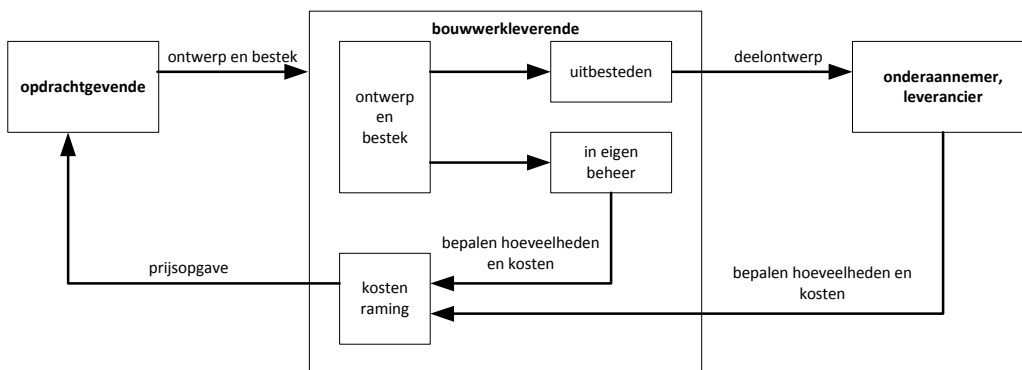
In dit onderzoek staat het verkrijgen van de hoeveelheden centraal. Er zijn een aantal momenten in het bouwproces wanneer hoeveelheden worden bepaald. Gedurende het ontwerpproces om een inschatting van de kosten te maken. Naar mate er meer detailinformatie over het ontwerp beschikbaar is, kunnen hoeveelheden in meer detail worden bepaald. Een schematische weergave hiervan is opgesteld door Winch (2002), zie Figuur 9. In dit onderzoek ligt de focus op de bill of quantities. In deze hoeveelhedenstaat is specifiek per ruimte vastgelegd, hoeveel van welke materialen benodigd is.



FIGUUR 9 NIVEAUS KOSTENRAMING (WINCH, 2002)

Veelal zijn er drie momenten in het bouwproces voor waarin deze hoeveelheden van belang zijn en worden bepaald, te weten (zie ook Figuur 10):

1. het moment waarop door opdrachtgever een definitieve inschatting wordt gemaakt voor de kosten (definitieve pre calculatie);
2. bij aanbestedingen bepalen bouwbedrijven hoeveelheden om een prijs voor het leveren van het bouwwerk te bepalen;
3. veel bouwbedrijven besteden delen van het werk uit naar onderaannemers, die op hun beurt weer voor delen van het ontwerp de specifieke hoeveelheden bepalen.



FIGUUR 10 CALULATIEPROCES BIJ AANBESTEDING

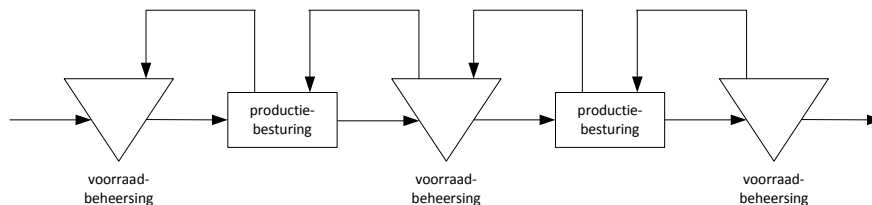
In het calculatieproces bij aanbesteding zijn twee inefficiënte gebieden aanwijsbaar. Ten eerste worden de hoeveelheden door meerdere partijen bepaald. Dit zijn de opdrachtgever (architect, adviseur), de opdrachtnemende (bouwwerkleverende) en bij alle onderaannemers en toeleveranciers (afhankelijk van omvang en complexiteit van het project neemt dit aantal toe). Ten tweede bepalen vrijwel al deze partijen de hoeveelheden handmatig. Dat wil zeggen dat op basis van de bestekstekeningen handmatig wordt geteld welke aantallen van welke onderdelen / elementen benodigd is. Op basis van deze aantallen wordt vervolgens een prijs bepaald. Er kan worden geconcludeerd dat de deelpartijen onafhankelijk van elkaar functioneren en informatie over hoeveelheden niet met elkaar delen, daarnaast is de methode waarmee de hoeveelheden worden bepaald vaak inefficiënt.

### 3.2.2 Productiesystemen in de industrie

Industriële sectoren kenmerken zich door het produceren van grote hoeveelheden van eenzelfde product (XX). Dit in tegenstelling tot de bouwsector waar aan de basis van een nieuw product een nieuw (of vernieuwd) ontwerp aan vooraf gaat. Toch komen er ook in de bouw meer standaard product variaties voor, zoals concepten om elementen uit bouwwerken te standaardiseren (Halman, 2002). Seriematig producten realiseren maakt het mogelijk om ook het productieproces en ondersteunende systemen op een product af te stemmen. Deze paragraaf verkent productiesystemen die in industriële sectoren veelvuldig zijn toegepast.

### Traditionele productiebeheersing

De traditionele productiebeheersing (vanaf begin 20<sup>e</sup> eeuw) is voornamelijk een voorraadbeheersingsysteem dat is toegespitst op beheersing van afzonderlijke productie-eenheden (Voordijk, 1994). Op het moment dat een voorraadniveau een vastgesteld minimum overschrijdt, worden orders gegenereerd voor de voorafgaande productieafdeling (zie Figuur 11). In dit systeem is elk voorraadpunt autonoom, ieder voorraadpunt plaatst (op basis van vastgestelde hoeveelheden) zelfstandig bestellingen en bepaalt lokaal de prioriteit hiervan. Het systeem is niet gericht op een globale optimalisatie van de logistiek voor bedrijf of keten. Een dergelijke beheersing van goederen (of informatiestroom) door autonome schakels wordt ook wel een “ontkoppelde” beheersing genoemd (Wortmann, 1992).



FIGUUR 11 TRADITIONELE PRODUCTIEBEHEERSING (WORTMANN, 1992)

Problemen uit de traditionele productiebeheersing, zoals hoge voorraden, lange wachttijden en wisselende doorlooptijden, worden in de loop der tijd ondervangen door automatisering van de productie (Voordijk, 1994). Door een meer geautomatiseerde productie is het mogelijk om flexibeler te zijn in de productie en meer in te kunnen spelen op de vraag vanuit de markt. Daarnaast wordt door Mennega (1987) benoemd dat het generiek maken van de productstructuur een middel is om flexibiliteit van een productontwerp en -ontwikkeling te verhogen. Beide ontwikkelingen leiden er toe dat het mogelijk wordt om in plaats van seriematig grote hoeveelheden te produceren (waardoor onder andere hoge voorraden ontstaan), flexibel in te spelen op de marktvraag. Hierdoor nemen bijvoorbeeld de voorraden af en ontstaat er een efficiënter productieproces.

De ontkoppelde beheersing van productie, doordat de keten uit autonome schakels bestaat kan worden terugvertaald naar hoeveelheden bepaling ten behoeve van bijvoorbeeld calculatie bij aanbesteding in het bouwproces. Uit de analyse in paragraaf 4.1 blijkt immers dat iedere partij onafhankelijk van elkaar hoeveelheden bepaald, en daardoor in zekere zin autonoom functioneren. Desondanks zijn deze partijen (opdrachtgevende, opdrachtnemende en leveranciers) toch afhankelijk van elkaar om hun primaire doelen te verwesenlijken.

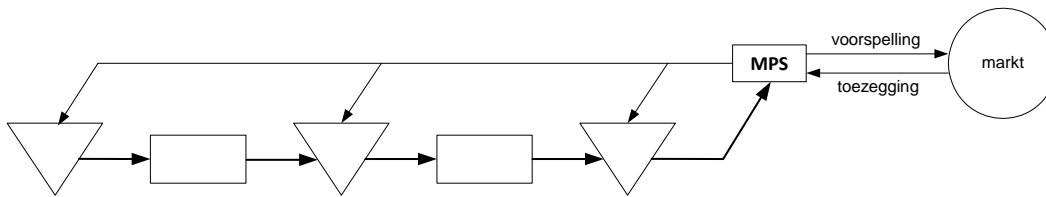
De volgende subparagraaf gaat in op efficiëntere productiebeheersing door automatisering van het proces middels MRP I en II. Het doel van deze systemen is om het proces efficiënter in te richten, waardoor in een organisatie minder middelen (tijd, geld, mankracht) benodigd zijn voor het uitvoeren van een activiteit. Er kan worden gesproken van het verminderen van de vrije slack in een organisatie.

### Management Requirements Planning

In de loop der tijd zijn nieuwe concepten ontwikkeld voor productiebeheersing. Een belangrijke ontwikkeling is die van MRP (Management Requirements Planning). MRP tracht de problemen van ontkoppelde beheersing op te vangen door binnen een keten of fabriek principes van integrale beheersing op te vangen (Voordijk, 1994). De zicht op de goederen stroom als geheel wordt door toepassing van MRP sterk verbeterd. Er zijn twee ontwikkelingen met betrekking tot MRP: I en II. De MRP I benadering gaat uit van de verkoop voorspellingen voor de eindproducten in de keten, en berekent op basis van deze kennis de gewenste goederenstromen in de gehele keten (Wortmann, 1992). MRP I is een informatiesysteem waarmee de gehele keten beheerst kan worden.

MRP I is in de jaren tachtig verder ontwikkeld tot MRP II (Figuur 12), een systeem dat enkele tekorten van MRP I tracht op te vangen. In dit productieconcept wordt de toekomstige goederenstroom niet rechtstreeks afgeleid uit de voorspelling, maar uit een afgesproken hoofdproductieprogramma. Dit is het Master Production Schedule (Voordijk, 1994).





FIGUUR 12 INTEGRALE PRODUCTIEBEHEERSING MET MRP II (WORTMANN, 1992)

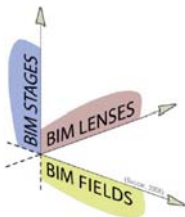
In de ontwikkeling van MRP II zien we dat het Master Production Schedule (MPS) functioneert als een bron om alle deelproducties uit de keten aan te sturen en voorzien omtrent informatie die afkomstig is uit de marktvraag. In tegenstelling tot het onafhankelijke en autonoom functioneren van de verschillende producties, wordt met de integrale benadering van MRP II afstemming in de keten tussen de verschillende schakels bereikt.

Er kan een vergelijking worden getrokken tussen ontwikkeling van een traditioneel productiesysteem naar MRP en een traditionele bouwprocesbeheersing naar toepassing van virtueel bouwen (analyse zie paragraaf 3.1). Waar bij MRP II op basis van het MPS de keten wordt aangestuurd, wordt bij virtueel bouwen beoogd informatie in de keten te beheren met behulp van een BIM.

### 3.3 Onderzoeksoptiek

De twee voorgaande paragrafen hebben inzicht gegeven in de achtergrond van bouw informatie modellen en hoe deze gebruikt kunnen worden voor het verkrijgen van hoeveelheden. Deze worden in dit hoofdstuk uitgewerkt tot een onderzoeksoptiek, die wordt samengevat in het conceptueel schema. Dit schema dient als uitgangspunt voor de ontwikkeling van een praktisch toepasbaar instrument (H4).

Het bestaande schema van Succar (2009) (zie Figuur 13) beschrijft een aantal dimensies voor toepassing en gebruik voor virtueel bouwen te weten, BIM stages, BIM fields en BIM lenzen.



FIGUUR 13 BIM FRAMEWORK (SUCCAR, 2009)

Een lens is door Succar (2009) gedefinieerd als een specifiek focus gebied van BIM, in dit onderzoek is dat de functionaliteit voor het verkrijgen van hoeveelheden. Hoe een BIM functioneert in het bouwproces als bron voor hoeveelheden is toegelicht in de voorgaande paragraaf, met daarbij de MRP II benadering als uitgangspunt. Hierin is een BIM vergelijkbaar met een MPS.

BIM stages beschrijven de mate van geavanceerdheid voor het toepassen van BIM. Deze mate van geavanceerdheid heeft betrekking op de samenwerking tussen verschillende rollen uit het bouwproces en de mate waarop het proces door IT wordt ondersteund. In de verschillende BIM stages die door Succar (2009) zijn vastgelegd komen de drie onderdelen uit de virtueel bouwen definitie terug. In de eerste twee niveaus ligt de focus op de interne organisatie en het vastleggen van informatie volgens een bepaald stramien in een object georiënteerd model, in niveaus drie en vier ligt de focus op samenwerking en informatie uitwisseling tussen partijen, tenslotte volgt toepassing van informatie in het vijfde niveau tussen alle fasen in het bouwproces. Een verdere uitwerking volgt in 3.3.1.

BIM fields zijn door Succar (2009) gedefinieerd voor "identifying domain players and their deliverables". Deze deliverables en domain players zijn vertaald naar organisatorische aspecten die van belang zijn voor het benutten van BIM functionaliteit. Door Succar (2009) zijn drie categorieën genoemd, techniek, proces en omgeving. Er zijn ook veel andere onderzoeken beschikbaar voor toepassing van IT in organisatie ten behoeve van procesoptimalisatie. Een verdere uitwerking volgt in 3.3.2.

### 3.3.1 Niveaus

Succar (2009) definieert in zijn BIM raamwerk niveaus (stages) als maturity levels van organisaties. Het bereiken van een niveau geeft aan dat een organisatie een bepaalde mate van volwassenheid ten aanzien van BIM. In het raamwerk van Succar (2009) zijn vijf niveaus benoemd (zie Figuur 14).

Niveau	Toelichting
pre BIM	In dit niveau wordt veel documentatie gebruikt om met 2D tekeningen een 3D werkelijkheid te beschrijven. Hoeveelheden, kostenramingen, visualisaties en overige specificaties worden handmatig gegenereerd en zijn niet onderling of aan documentatie gekoppeld. Er zijn geen contractuele relaties met andere partijen om informatie uit te wisselen of een samenwerking op te zetten.
BIM stage 1	Er wordt gebruik gemaakt van een objectgeoriënteerde (3D) ontwerpapplicatie. Gebruikers genereren hiermee een gebouwmodel voor bijvoorbeeld ontwerp en constructie. Deze modellen kunnen eenvoudige data exporteren, zoals het hoeveelhedenstaten en materiaaleigenschappen van verschillende gebouwonderdelen. Deze modellen zijn nog niet gericht op samenwerking tussen verschillende partijen maar voornamelijk bedoeld voor eigen gebruik. Samenwerking en contractuele relaties zijn op dit niveau vergelijkbaar met die uit het pre BIM niveau.
BIM stage 2	Partijen gaan met elkaar samenwerken en gestructureerd informatie uitwisselen, hiermee worden de enkelvoudige modellen uit BIM stage 1 samengevoegd naar een meervoudig model waarin bijvoorbeeld ontwerp, constructie en installatie zijn geïntegreerd. Van belang is dat slecht één geometrisch 3D model wordt gebruikt bij de uitwisseling van informatie tussen de verschillende disciplines. Vanuit dit gezamenlijke model is het mogelijk om planning te maken, hoeveelheden en kosten te ramen. De samenwerking tussen partijen wordt beter georganiseerd dan in voorgaande niveaus, er zijn contracten nodig om verantwoordelijkheden en afspraken voor informatie-uitwisseling vast te leggen.
BIM stage 3	Geïntegreerde modellen voor een bouwwerk worden gedeeld tussen verschillende levensduurfasen van een gebouw, vanaf ontwerp tot en met beheer en sloop. Er worden nD gebouwmodellen gegenereerd die uniform uitwisselbaar zijn tussen verschillende disciplines en hiermee wordt het mogelijk om complexe analyses te maken van het gebouw, zoals berekenen van energieprestatie en optimalisaties.
Integrated project delivery	Dit niveau bevat alle toekomstige mogelijkheden van BIM. Nieuwe ontwikkelingen, vergaande optimalisaties die BIM verbeteren en verder ontwikkelen behoren hiertoe. Dit niveau bevat geen eindpunt, omdat de toekomstige ontwikkelingen onvoorspelbaar zijn. Ontwikkelingen op technisch gebied, evenals ontwikkelingen voor het richten en inrichten van een organisatie zijn aan continue verandering (en verbetering) onderhevig.

FIGUUR 14 BIM STAGES SUCCAR (2009)

De niveaus die door Succar (2009) zijn gedefinieerd gaan in op het vastleggen en delen van informatie tijdens het bouwproces, de analyse uit paragraaf 3.1.2 komt hierin terug. Volgens deze niveaus is het in eerste instantie gewenst informatie vast te leggen en vervolgens informatie te delen. Dit biedt een uitgangspunt voor uitwerking van specifieke niveaus voor het gebruik van virtueel bouwen om het proces verkrijgen van hoeveelheden te verbeteren.

In 3.2 is gebleken dat er twee inefficiënte gebieden zijn met betrekking tot het verkrijgen van hoeveelheden. Ten eerste is dit de methode van hoeveelheden bepalen en ten tweede het delen van informatie in de keten (zowel intern als extern). De schakels in de keten functioneren in een “traditionele” situatie voornamelijk autonoom, waardoor er geen sprake is van een optimaal proces in de keten.

In de industriële productie is een zelfde situatie waargenomen voor de traditionele productiebeheersing. Door gebruik te maken van een MPS in MRP II is duidelijk welke onderdelen er noodzakelijk zijn voor een product. Ten tweede worden de verschillende schakels in de keten aangestuurd op basis van het MPS waardoor deze niet meer, of minder, zelfstandig beslissingen hoeven te nemen met betrekking tot het op peil houden van de voorraden. Er wordt dus een procesgestuurde aanpak gehanteerd om het proces te optimaliseren waardoor het efficiënter wordt of is geworden.

Uit de analyse van informatiemanagement in 3.1 blijkt dat informatiemanagement betrekking heeft op interne en externe procesorganisatie. Gerelateerd aan de verschillende niveaus die door Succar (2009) zijn gedefinieerd en de ontwikkeling van productieautomatisering in de industrie (MRP I en II), wordt hieruit geconcludeerd dat de procesoptimalisatie voor het verkrijgen van hoeveelheden betrekking heeft zowel interne als een externe processen.

Op basis van deze analyse zijn een viertal kenmerken gedefinieerd die het onderscheid tussen niveaus beschrijven:

- Methode: de methode hoeveelheden verkrijgen geeft per niveau aan welk middel wordt gebruikt om hoeveelheden te gebruiken.
- Vastleggen informatie: het vastleggen van informatie geeft weer hoe informatie wordt opgeslagen (structuur, hardcopy, digitaal) en in welke mate deze structuur uniform is voor de gehele keten.
- Systeem: het systeem voor informatie-uitwisseling heeft betrekking op de ketenintegratie. En geeft weer in hoeverre partijen afhankelijk zijn van externen om de benodigde informatie te verkrijgen.
- Informatie-uitwisseling: welke informatie wordt uitgewisseld beschrijft in hoeverre alle benodigde informatie in een bruikbaar formaat beschikbaar is voor de verschillende schakels in de keten.

### 3.3.2 Aspecten virtueel bouwen

De aspecten uit het conceptueel kader zijn categorieën van voorwaarden waaraan een organisatie moet voldoen om een gewenst niveau te bereiken. Voor ieder aspect dat wordt geformuleerd, zijn er per niveau één of meerdere criteria. Een voorbeeld hiervan is dat er een bepaald type software noodzakelijk is, of dat er sprake moet zijn van een samenwerkingsrelatie met bepaalde ketenpartners. In het model van Succar (2009) zijn drie categorieën benoemd, te weten techniek, processen en omgeving. Naast het schema van Succar (2009) zijn er nog veel andere conceptuele schema's beschikbaar die organisatorische voorwaarden voor het gebruik van interorganisationele IT beschrijven. Onder andere het onderzoek van Ahuja et al (2009) is relevant, zij beschrijven een viertal categorieën met voorwaarden, met betrekking tot samenwerking, organisatie intern en extern en de rol van mensen in de organisatie. Door Adriaanse (2005), worden soortgelijke voorwaarden benoemd (motivatie medewerkers, omgevingsfactoren, processen, functioneren van IT). Deze voorwaarden worden bekrachtigd door Basoglu et al (2007). Tenslotte is door Noordhuis (2009) een model ontwikkeld dat specifieke criteria benoemd voor de ontwikkeling van samenwerking en informatiebeheersing in het bouwproces.

#### **Informatietechnologie**

De categorie informatietechnologie betreft de IT voorzieningen in een organisatie. Gaat het om het beleid dat in een organisatie wordt gevoerd ten aanzien van IT ondersteuning. Hierbij gaat Noordhuis (2009) er van uit dat het IT beleid op een laag niveau beperkt gestructureerd is en er op een hoger niveau de structuur ten aanzien van IT in de organisatie toe neemt. Hieruit volgt dat het van essentieel belang is dat de gekozen IT toepassing aansluit bij de processen die ondersteund moeten worden met de IT toepassing. In relatie tot de operationele en strategische fit (zie 3.1) geeft dit niveau in feite weer in welke mate specifieke IT ondersteuning gewenst is om een bepaald niveau te bereiken. Als uitgangspunten zijn geformuleerd:

- hoe wordt in de organisatie omgegaan met IT?
- op lage niveaus alleen een interne focus, op hogere uitwisselingen met ketenpartners

#### **Organisatie & processen**

Het tweede aspect betreft organisatie & processen, welke betrekking heeft op de wijze waarop processen in een organisatie georganiseerd zijn. Door Noordhuis (2009) wordt hieronder de aandacht voor de procesorganisatie verstaan. Op een hoger niveau gaat hij er van uit dat relaties meer invloed hebben op het procesontwerp. Deze invloed ontstaat doordat de processen in een organisatie dan zijn afgestemd op samenwerking en de procesorganisatie bij die relaties. De uitgangspunten voor dit aspect zijn:

- hoe zijn de processen en de organisatie ingericht?
- hoe hoger het niveau, hoe groter het accent op de organisatie van processen (van ad-hoc naar managed)
- hoe hoger het niveau hoe minder autonoom de schakels functioneren

#### **Omgeving & strategie**

Het aspect omgeving & strategie bevat de mate waarin samenwerking van een organisatie met haar omgeving (ketenpartners) in de organisatiestrategie is vastgelegd. Op een laag niveau is er sprake van een

ongestructureerde samenwerking, op hogere niveaus is er sprake van meer structuur (Noordhuis, 2009). De uitgangspunten zijn:

- op lage niveaus weinig aandacht voor ondersteuning proces met virtueel bouwen, op hogere niveaus is dit een bewuste keuze
- relaties met externen zijn contractueel vastgelegd
- op hoge niveaus standaard beleid voor informatie-uitwisseling

**Mensen & cultuur**

Mensen & cultuur heeft betrekking op de mate waarin de medewerker wordt betrokken in de organisatie en als een “waardevol” onderdeel wordt gezien. Noordhuis (2009) benoemt medewerkers op lage niveaus als uitwisselbare productie-eenheden en op hoge niveaus als kapitaal voor de organisatie. Uitgangspunten zijn:

- waarde van medewerker voor organisatie
- op lage niveaus zijn medewerkers uitwisselbare eenheden, op hoog niveau wordt de medewerker onderdeel van het systeem
- op een hoog niveau is er leiderschap en visie aanwezig

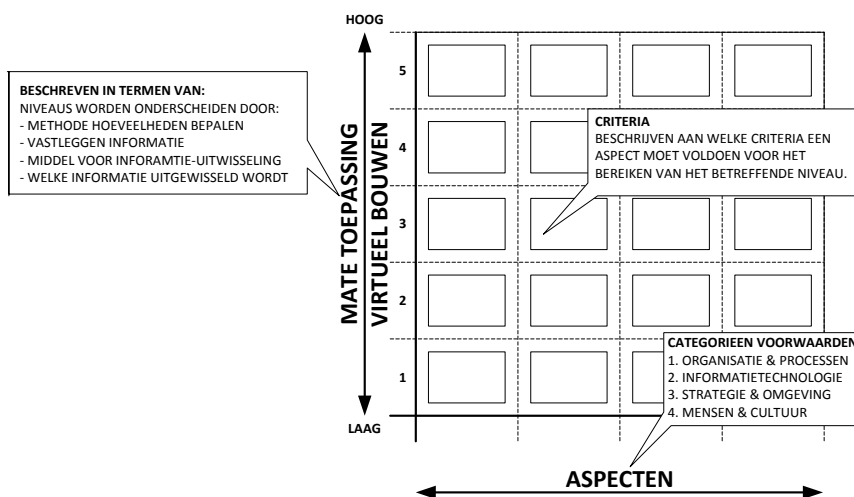
**3.3.3 Conceptueel schema**

Op basis van de niveaus en aspecten die in de voorgaande paragrafen zijn toegelicht is het conceptueel schema voor gebruik van virtueel bouwen voor het verkrijgen van hoeveelheden uitgewerkt (zie Figuur 15). Het schema dient verder geoperationaliseerd te worden om in een praktijksituatie gebruikt te kunnen worden (zie H4).

Het conceptueel schema bestaat uit drie onderdelen:

- niveaus die de mate van toepassing van virtueel bouwen in de organisatie beschrijven, het doel van hogere niveaus is het bereiken van procesoptimalisaties doordat vrije slack wordt verminderd;
- organisatorische voorwaarden welke zijn gedefinieerd in de categorieën informatietechnologie, organisatie & processen, strategie & omgeving en mensen & cultuur;
- criteria die per niveau zijn gedefinieerd per organisatorisch aspect. Deze criteria beschrijven waaraan een organisatie moet voldoen om dat niveau te bereiken.

In dit schema (zie Figuur 15) wordt uitgegaan dat voor het bereiken van een specifiek niveau, de organisatie voldoet aan alle criteria die per aspect voor dat niveau gesteld zijn. Op basis van dit model is het mogelijk om voor een bouwbedrijf vast te stellen in welke aspecten geïnvesteerd moet worden om een gewenst niveau te bereiken. Op basis van bijvoorbeeld een kosten-baten analyse kan worden vastgesteld of met het bereiken van het geambieerde niveau er een positief (of negatief) effect is voor het betreffende bouwbedrijf. In het hierna volgende hoofdstuk (4) worden de begrippen uit het conceptueel schema geoperationaliseerd. Het conceptueel schema dient daarbij als uitgangspunt voor de ontwikkeling van het instrument.



FIGUUR 15 EERSTE MODEL ONTWERP

### 3.4 Samenvatting

Toepassing van virtueel bouwen is een middel voor informatiemanagement in het bouwproces, zoals andere IT systemen dat ook kunnen zijn. Van belang bij het gebruik van dergelijke middelen is dat het niet gaat om het gebruiken van het middel, maar het achterliggende doel. Bij het gebruik van virtueel bouwen betreft het achterliggende doel procesoptimalisatie in de bouw. Het belangrijkste kenmerk van een dergelijke optimalisatie is vermindering van vrije slack, waardoor een organisatie in staat wordt gesteld zo efficiënt mogelijk om te gaan met de beschikbare middelen, zoals tijd, geld en personeel.

Ontwikkelingen omtrent virtueel bouwen zijn nauw verbonden aan de ontwikkelingen rondom Bouw Informatie Modellen (BIM). In dit onderzoek is een BIM een wederzijdse afhankelijke koppeling tussen project informatie en een digitaal (3D) gebouwmodel. Op basis hiervan wordt het mogelijk om met de juiste toepassingen informatie aan een digitaal model te ontleen, waardoor tijd bespaard wordt en fouten kunnen worden voorkomen. Virtueel bouwen is het gebruik van bijvoorbeeld BIM in het bouwproces, daarbij gaat het niet alleen om vastleggen van bouw informatie maar ook om het delen en hergebruiken van deze informatie gedurende het bouwproces.

Virtueel bouwen kan voor verschillende functies in het bouwproces worden ingezet, waarbij in dit onderzoek de focus ligt op het 'verkrijgen van hoeveelheden'. In het huidige proces zijn er een aantal knelpunten te onderscheiden voor deze activiteit. De belangrijkste zijn het handmatig tellen van hoeveelheden en het niet delen van hoeveelheden tussen partijen in het bouwproces. Hierdoor functioneren partijen als autonome schakels in een keten, ondanks dat ze gezamenlijk verantwoordelijkheid dragen voor het eindresultaat. Een vergelijking met industriële beheersing van productieprocessen (ontwikkeling van MRP) laat zien dat het mogelijk is om als keten als één systeem te functioneren, waardoor er geen sprake is van autonome schakels. De effectiviteit en efficiëntie van het totale proces wordt hierdoor verbeterd.

In het probleemkader van dit onderzoek wordt gesteld dat er een relatie is tussen het gebruik van virtueel bouwen en het optimaliseren van processen. De huidige inefficiënte gebieden die geconstateerd zijn bij het verkrijgen van hoeveelheden kunnen getypeerd worden als vrije slack. Deze vrije slack kan ondermeer verminderd worden door inzet van ondersteunende middelen, zoals virtueel bouwen, in een organisatie. Vanuit de theorie is de veronderstelde relatie tussen het optimaliseren van processen en virtueel bouwen dus aanwezig. Over de omvang van deze relatie en de grootte van de te verwachten effecten kunnen wij nu nog geen uitspraak doen. Duidelijk is wel dat de veronderstelde relatie aanwezig is. Dit is een belangrijk punt in de ontwikkeling van de onderzoeksoptiek.

De benadering van virtueel bouwen en de specifieke toepassing 'hoeveelheden verkrijgen' vormen de basis voor de onderzoeksoptiek. Deze optiek bestaat uit twee dimensies. Ten eerste wordt in toepassing van virtueel bouwen onderscheid gemaakt in een aantal niveaus waarop een organisatie zich kan bevinden. Naar mate een bouworganisatie een hoger niveau bereikt worden de effecten van het gebruik van virtueel bouwen vergroot. Ten tweede zijn er organisatorische voorwaarden in een viertal categorieën: organisatie & processen, informatietechnologie, strategie & omgeving en mensen & cultuur. Dit conceptueel schema dient als uitgangspunt voor de ontwikkeling van het instrument.

#### Doorwoord

In het volgende hoofdstuk wordt de onderzoeksoptiek geoperationaliseerd tot een instrument dat praktisch toepasbaar is. De op basis van bestaande theorieën veronderstelde relatie tussen het gebruik van virtueel bouwen en het procesoptimalisatie is hierbij één van de uitgangspunten.

## 4 Instrument ontwerp

In het voorgaande hoofdstuk is inzicht verkregen in bestaande theorieën over virtueel bouwen. Deze hebben geresulteerd in een conceptueel schema. Dit hoofdstuk operationaliseert het conceptueel schema naar een praktisch toepasbaar instrument. Middels dit instrument kunnen bouwbedrijven worden gecategoriseerd in de mate waarin zij virtueel bouwen toepassen. Het hoofdstuk start met het operationaliseren van de begrippen uit het conceptueel schema (4.2). Vervolgens wordt het instrument inhoudelijk uitgewerkt en worden criteria geformuleerd (4.2).

### 4.1 Operationaliseren begrippen conceptueel schema

In deze paragraaf worden de belangrijkste begrippen uit het conceptueel schema geoperationaliseerd. Hieronder wordt duidelijk wat er onder deze begrippen wordt verstaan in de uitwerking van het instrument. In deze paragraaf zijn de volgende begrippen geconcretiseerd:

- Organisatie & processen (4.1.1)
- Informatietechnologie (4.1.2)
- Effecten (4.1.3)

#### 4.1.1 Organisatie & processen

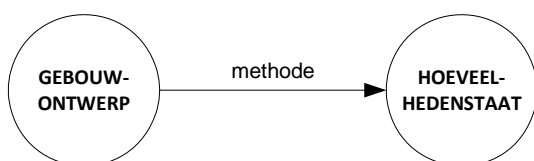
Voor deze categorie voorwaarden kan er een vergelijking worden getrokken met documentbeheer in een keten. RRBouw (2009a) beschrijft document beheer als een procesorganisatie die bestaat uit goede dossiervorming en een gecontroleerde uitwisseling van documenten naar partners in het bouwproces. Hieruit zijn de voorwaarden verdeeld in twee sub categorieën, waardoor per niveau eenduidigheid ontstaat. De subcategorieën zijn:

- werkwijze
- samenwerken

Elk van de categorieën wordt kort toegelicht.

#### Werkwijze

De werkwijze bevat een toelichting op de methode waarop hoeveelheden worden bepaald. De methode voor het bepalen van hoeveelheden is de wijze waarop de hoeveelheden vanuit een gebouwontwerp worden verwerkt tot een hoeveelhedenstaat (zie Figuur 16).



FIGUUR 16 VAN ONTWERP NAAR HOEVEELHEDEN

Een hoeveelhedenstaat bevat informatie over:

- aantallen van verschillende elementen (zoals deuren, ramen, et cetera);
- geometrische informatie (oppervlakte van ruimtes, volume van een bepaald element)

Daarnaast kunnen in de hoeveelhedenstaat eigenschappen van elementen, zoals materiaaleigenschappen en locaties in het gebouw, worden benoemd. Welke informatie in een hoeveelhedenstaat wordt opgeslagen is afhankelijk van de methode voor opslaan van informatie (zie volgende kernbegrip).

#### Voorbeelden methode hoeveelheden bepalen

- Er zijn verschillende methodes voor het bepalen van hoeveelheden, zoals (RRBouw, 2009b):
- tellen en meten van de hoeveelheden van tekening;
- gebruik maken van 3D objectgeoriënteerde CAD toepassing, waarbij zowel de aantallen als de geometrische hoeveelheden automatisch worden bepaald;

- een organisatie kan ook kiezen voor een extern bureau dat de hoeveelheden bepaald. Deze zal van één van de bovenstaande mogelijkheden gebruiken om tot een hoeveelhedenstaat te komen.

### Samenwerken

Samenwerken heeft betrekking op het uitwisselen van informatie tussen verschillende partijen. Het is van belang dat de beschikbare informatie (zoals hoeveelhedenstaten) tussen verschillende partijen wordt gedeeld. Deze informatie bestaat naast onder andere uit tekeningen ook uit projectdocumentatie (RRBouw, 2009a).

*Voorbeelden van informatie overdracht betreffende hoeveelheden.*

- er worden alleen tekeningen gecommuniceerd, in dat geval dient de ontvanger zelf de hoeveelheden te bepalen. Hier spreken we van niet informatierijke informatieoverdracht, de benodigde informatie moet immers zelf worden ontleend aan de tekeningen
- er worden gebouwontwerpen met hoeveelhedenstaat gecommuniceerd in hardcopy formaat, in deze situatie is de informatierijkheid toegenomen, maar nog niet optimaal doordat de informatie nog moet worden verwerkt naar een eigen systeem
- informatie (gebouwontwerp en hoeveelhedenstaat) wordt digitaal gecommuniceerd, in deze situatie is informatie tussen verschillende partijen 1 op 1 uitwisselbaar en functioneren de partijen minder autonoom.

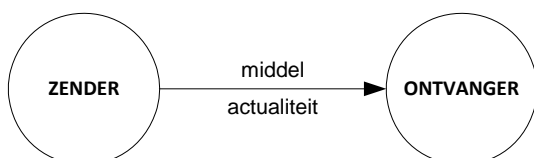
### 4.1.2 Informatietechnologie

Deze categorie betreft functionaliteit van IT die benodigd is voor gebruik van virtueel bouwen. Functionaliteit van informatietechnologie wordt door RRBouw (2009c) gedefinieerd als “een afgebakende taak/functie welke door een computer – middels een softwaretoepassing – uitgevoerd dan wel ondersteund wordt”. Voor deze categorie voorwaarden worden criteria beschreven met betrekking tot:

- functionaliteit informatie delen: betreft de benodigde functionaliteit van IT die wordt gevraagd om informatie te kunnen delen
- functionaliteit informatie vastleggen: betreft de benodigde functionaliteit van IT die wordt gevraagd om zowel informatie te ontsluiten (bijv. hoeveelheden uit een 3D model) als het vastleggen van deze hoeveelheden en de IT die daarvoor benodigd is.

#### Functionaliteit informatie delen

De functionaliteit informatie delen beschrijft hoe informatie tussen verschillende partijen wordt overgedragen. Informatie-uitwisseling vindt plaats tussen zender en ontvanger. Voor de informatie-uitwisseling wordt gebruik gemaakt van een middel en is de actualiteit van informatie van belang (zie Figuur 17). Hierdoor is er een nauwe relatie met het criteria in de categorie samenwerken.



FIGUUR 17 WIJZE INFORMATIEOVERDRACHT

*Voorbeeld middelen voor informatie-uitwisseling*

- o Het middel geeft weer hoe de informatie van zender naar ontvanger gaat. Enkele voorbeelden hiervan zijn:
  - o hardcopy documenten via een postdienst
  - o digitale communicatie via e-mail
  - o beschikbaar stellen van documentatie op een (inter)lokaal netwerk (zoals een webserver of intranet)

De actualiteit van de informatie heeft betrekking op de frequentie van informatie overdracht. Hierbij is ten eerste van belang *hoe* de wijzigingen wordt gecommuniceerd (welk middel) en ten tweede in welke *vorm* de

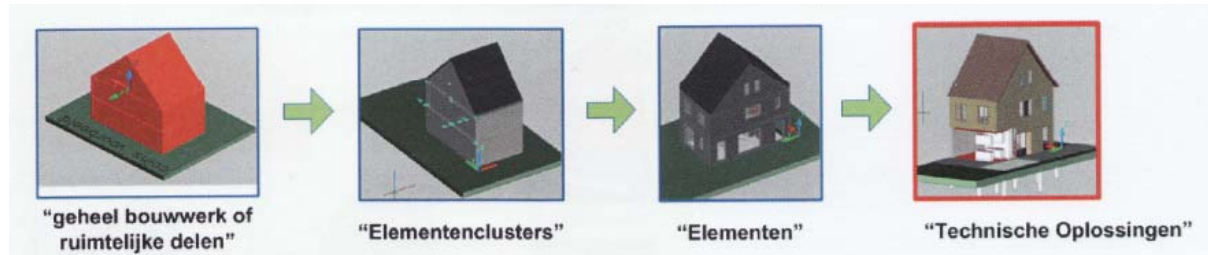


wijzigingen wordt gecommuniceerd. De vorm van informatieoverdracht heeft betrekking op *welke* informatie wordt gecommuniceerd.

### Functionaliteit opslaan van informatie

De functionaliteit opslaan van informatie bevat *welke* informatie en *hoe* informatie wordt opgeslagen. Dit kan in een hoeveelhedenstaat of in een virtueel gebouwmodel.

Informatie die in een hoeveelhedenstaat wordt opgeslagen is afhankelijk van de informatie die benodigd is voor andere activiteiten (zoals calculeren en plannen). De informatie die wordt opgeslagen is afhankelijk van het detailniveau van de hoeveelhedenstaat. Onderscheid wordt gemaakt in bijvoorbeeld NEN 2634 (zie Figuur 18).



FIGUUR 18 STRUCTURERING VOLGENS NEN 2634 (SCHAAP ET AL, 2008)

Onder hoe de informatie wordt opgeslagen wordt de opbouw van een hoeveelhedenstaat verstaan (zie onderstaand voorbeeld). Door in een project en/of organisatie gebruik te maken van een uniforme hoeveelhedenstaat kunnen meerdere actoren met dezelfde informatie werken.

Dit criterium heeft een nauwe relatie met de werkwijze voor het bepalen van hoeveelheden. Hierin ligt namelijk vast welke informatie wordt ontleend en aan een hoeveelhedenstaat wordt toegevoegd.

### 4.1.3 Effecten gebruik virtueel bouwen

In de aanleiding van het onderzoek en in de verkenning van hoeveelheden in het bouwproces (3.2) zijn de rol van hoeveelheden, evenals inefficiënte gebieden in het bouwproces, inzichtelijk gemaakt. In dit onderzoek worden procesoptimalisaties benoemd in termen van tijd en kans op fouten. Deze optimalisaties leiden tot besparing van kosten.

#### Tijd

De factor tijd heeft betrekking op de doorlooptijd van het proces. Een specifieke procesoptimalisatie draagt bij aan het verminderen van de doorlooptijd van het proces, waardoor er tijd wordt bespaard.

#### *Voorbeeld effecten met betrekking tot tijd*

Mogelijkheden voor het verkorten van de procesdoorlooptijd hebben betrekking op:

- het delen van informatie, waarmee dubbelwerk wordt voorkomen (geldt zowel in- als extern);
- het automatiseren van processen, waardoor er minder tijd nodig is voor het doorlopen van het proces;
- het uitbesteden van werk, een andere (externe) partij kan in staat zijn hetzelfde werk in een korter tijdsbestek uit te voeren.

#### Fouten

Gebruik van virtueel bouwen beoogt een verbetering van het bouwproces, waardoor minder fouten worden gemaakt.

#### *Voorbeeld effecten met betrekking tot fouten*

Onduidelijke informatie opslag structuur, zoals:

- meerdere versies van dezelfde bestanden zijn;
- bestanden / informatie niet tussen verschillende partijen worden gedeeld.



Informatie onduidelijk is gestructureerd, zoals:

- verschillende opbouw van databronnen;
- werken met eigen systemen / benaderingen.

## 4.2 Instrument ontwerp

Het instrument wordt ontworpen op basis van het conceptueel schema (zie H3). In de voorgaande paragraaf zijn de begrippen geoperationaliseerd. In deze paragraaf wordt het instrument verder ontworpen. Hiertoe worden voor ieder niveau criteria en effecten benoemd. Het instrument ontwerp wordt gebaseerd op een drietal bestaande instrumenten, deze zijn:

- BIM Stages model (Succar, 2009)
- Supply Chain Excellence Maturity Model (Noordhuis, 2009)
- Handleiding bij het maken van een software keuze (RRBouw, 2009)

Voor ieder niveau zijn de beoogde effecten benoemd. De niveaus worden hierbij benoemd in de vorm van optimalisaties, zonder dat er wordt uitgegaan van een specifieke oplossing in de vorm van een toepassing. Er wordt immers gestreefd naar een instrument dat zo breed mogelijk inzetbaar is waardoor de oplossingsruimte voor specifieke toepassingen zo breed mogelijk moet blijven. Voor het uitwerken van de criteria m.b.t. de organisatorische voorwaarden worden deze zoveel mogelijk in termen van noodzakelijke functies et cetera benoemd.

In het hierna volgende wordt per niveau toegelicht wat dat niveau inhoudt. In Bijlage I is het overzicht van criteria en effecten per niveau opgenomen.

### 4.2.1 Niveau 1 – Geen optimalisatie als uitgangssituatie

Het eerste niveau dient als uitgangssituatie, waarin nog geen procesoptimalisaties zijn doorgevoerd. Dit is een bewuste keuze, aangezien gewenst is dat bedrijven die nog geen procesoptimalisaties hebben door gevoerd voor het verkrijgen van hoeveelheden ook in het instrument ingeschaald kunnen worden.

### 4.2.2 Niveau 2 – Intern optimaliseren

Op dit niveau ligt de nadruk op het verbeteren van interne processen. Het doel van deze procesoptimalisatie is om intern in de organisatie zoveel mogelijk structuur aan te brengen en processen expliciet te maken. Veelal zijn er bij bouwbedrijven al dergelijke standaarden aanwezig, die door RRBouw (2009e; 2009d) benoemd zijn als tabellencalculatie. De kenmerken van dit niveau zijn gepresenteerd in Tabel 1.

Voorwaarde	Operationalisering niveau 2
Werkwijze	Er is geen methode vastgelegd voor het bepalen van de hoeveelheden. Naar waarschijnlijkheid worden de hoeveelheden nog veelal handmatig bepaald en er wordt slechts in beperkte mate van ondersteunende toepassingen gebruik gemaakt (wel een tabellencalculatie).
Samenwerken	De informatie die intern beschikbaar is gesteld is zo rijk mogelijk, wat inhoudt dat alle informatie die bij persoon A beschikbaar is ook door persoon B geraadpleegd kan worden. Tussen partijen wordt de informatie op een laag niveau gecommuniceerd, wat inhoudt dat er geen hoeveelhedenstaten bij de tekeningen worden overgedragen en de overdracht vergelijkbaar is met de uitgangssituatie.
Functionaliteit informatie delen	Intern in de organisatie worden de hoeveelhedenstaten centraal beschikbaar gesteld, actoren in de interne organisatie zijn hierdoor goed geïnformeerd over de actualiteit van de gegevens. De relatie tussen verschillende organisaties is niet gedefinieerd, waardoor de informatieoverdracht hier tussen beperkt is en ad-hoc verloopt.
Functionaliteit opslaan van informatie	Informatie wordt vastgelegd volgens een standaard, die binnen de gehele organisatie wordt gebruikt. Veelal worden de hoeveelheden opgeslagen in spreadsheet toepassingen (bijv. MS Excel). Doordat de basis gelijk is wordt het uitwisselen van de hoeveelheden mogelijk.

TABEL 1 ONTWERP NIVEAU 2

### 4.2.3 Niveau 3 – Delen en automatiseren

Het derde niveau heeft betrekking op het automatiseren van het hoeveelheden bepalen en maakt een start met het delen van de hoeveelhedenstaten met andere (externe) partijen in de keten. Voor deze optimalisatie wordt er gebruik gemaakt van IT toepassingen voor procesautomatisering. Anderzijds, wordt evenals in het voorgaande niveau, het proces gedefinieerd. In dit niveau ligt daarvoor de nadruk echter op de samenwerking tussen partijen (ketenrelaties) en niet op de interne organisatie.

Voor het bepalen van de hoeveelheden (de methode) wordt gebruik gemaakt van CAD systemen die een mogelijkheid hebben om een relatie te leggen tussen het model, geometrische eigenschappen en gebruikte materialen (RRBouw, 2009d). Op basis van deze informatie is het mogelijk met “een druk op de knop” de benodigde informatie digitaal en geautomatiseerd te ontfemen aan het virtuele bouwmodel. Het handmatig nameten en tellen van hoeveelheden is daardoor niet langer nodig.

Naast procesautomatisering wordt er in dit niveau ook een eerste aanzet gedaan om informatie tussen verschillende partijen te delen. Hiervoor dient vastgelegd te worden welke informatie de organisatie inkomt, welke acties daartoe behoren en welke informatie de organisatie uitgaat (RRBouw, 2009a). Er zijn diverse IT systemen beschikbaar die functionaliteiten bieden om dit proces te ondersteunen, benoemd als een Document Registratie Systeem (RRBouw, 2009a). Voor het vastleggen van het proces kan gebruik worden gemaakt van IT ondersteuning, dit is echter geen vereiste, maar als bijna vanzelfsprekend biedt IT de meeste mogelijkheden. In dit niveau is dus vastgelegd welke informatie externe partijen van een organisatie (bouwbedrijf) verwacht met betrekking tot de hoeveelheden. Om deze informatie te kunnen delen is het noodzakelijk om afspraken te maken mbt verantwoordelijkheid, formaat waarin informatie wordt gedeeld, actualiteit van de gegevens en (financiële) compensatie. Het is voor een bouwbedrijf zowel mogelijk informatie naar externen (onderaannemers, leveranciers) toe te sturen als een hoeveelhedenstaat van externen (opdrachtgever, architect) te ontvangen.

Begrip	Operationalisering niveau 3
Werkwijze	Er wordt gebruik gemaakt van een specifieke toepassing die hoeveelheden bepalen qua tijd beperkt. Hierbij wordt veelal gedacht aan objectgeoriënteerde CAD toepassingen die een extractie van de hoeveelheden (zowel geometrie als stuks) automatisch mogelijk maakt. Handmatig tellen is hierbij niet meer aan de orde.
Samenwerken	Bij de overdracht van informatie worden naast tekeningen op aanvraag ook de hoeveelhedenstaten gedeeld. Het gevolg hiervan is dat partijen niet meer onafhankelijk dezelfde activiteit uitvoeren. Om dit te kunnen verwezenlijken worden tussen de partijen afspraken gemaakt over de compensatie voor het beschikbaar stellen van de (gevraagde) informatie.
Functionaliteit informatie delen	Voor de interne organisatie idem aan niveau 2, maar in dit niveau wordt de relatie tussen de eigen organisatie en de keten geïdentificeerd. Hierdoor ontstaat inzicht welke partij op welk moment een informatie behoefte heeft. De uitwisseling van deze informatie verloopt veelal ad-hoc, er zijn dus nog geen afspraken gemaakt over een gestructureerde informatie-uitwisseling tussen partijen.
Functionaliteit opslaan van informatie	Er wordt gebruik gemaakt van een basis structuur zoals die in het voorgaande niveaus is vastgelegd. De geautomatiseerde methode voor hoeveelheden bepalen geeft een output volgens deze standaard structuur.

TABEL 2 ONTWERP NIVEAU 3

### 4.2.4 Niveau 4 – Systeemintegratie

Het vierde niveau heeft betrekking op het integreren van interne en externe systemen. Dit houdt in dat partijen in plaats van autonoom onafhankelijk van elkaar te operen projectafhankelijk samenwerken om tot een optimaal resultaat te komen. Dit heeft tot gevolg dat bijvoorbeeld de hoeveelheden slechts één keer worden bepaald, volgens een geautomatiseerde methode (zie niveau 3). Voor deze optimalisatie ligt de verdere nadruk op het realiseren van een situatie waarin elke partij uit het systeem op het juiste moment van de juiste informatie wordt voorzien (Noordhuis, 2009). Kortom, het gaat erom dat partijen in de keten de hoeveelhedenstaten communiceren (en niet alleen de tekeningen). Daarnaast worden alle partijen realtime over wijzingen en/of updates geïnformeerd. Door het gebruik maken van de functionaliteit van een Document

Management Systeem (DMS), zoals een project internet of online project portal, wordt het mogelijk om deze ambitie te realiseren en interne en externe processen daadwerkelijk te integreren (RRBouw, 2009a).

Begrip	Operationalisering niveau 4
Werkwijze	Een geautomatiseerde methode voor hoeveelheden bepalen (zie niveau 3) is beschikbaar en worden gebruikt afhankelijk van de informatie die beschikbaar is. Het is mogelijk dat hoeveelheden beschikbaar zijn gesteld door een voorgaande schakel in het proces.
Samenwerken	Het is standaard beleid van de organisatie om bij overdracht van informatie niet alleen tekeningen, maar ook de hoeveelhedenstaat te communiceren. Over de vorm waarin de uitreksaten zijn opgeslagen (zoals PDF, XLS, DOC) worden afspraken gemaakt)
Functionaliteit informatie delen	De hoeveelheden worden uitgewisseld in de keten en beschikbaar gesteld, op basis van afspraken die specifiek voor een project zijn gemaakt. Wijzigingen worden direct beschikbaar gesteld en er is een systeem aanwezig waardoor de wijzigingen ook aankomen bij de belanghebbenden.
Functionaliteit opslaan van informatie	De basis structuur wordt gebruikt in het project, waarnodig kan deze afhankelijk van het project worden aangepast / aangevuld.

TABEL 3 ONTWERP NIVEAU 4

#### 4.2.5 Niveau 5 – Optimalisatie

Het vijfde niveau is het hoogste uit het instrumentarium. Dit niveau houdt in dat een organisatie onafhankelijk is voor het verkrijgen van de hoeveelhedenstaten bij andere partijen. Er kan projectafhankelijk bewust worden gekozen voor een bepaalde variant met betrekking tot inbesteden (zelf bepalen) of uitbesteden (laten doen door een externe partij, door bijvoorbeeld opdrachtgevende of onafhankelijke adviesdienst). Dit betekent dat een organisatie (bouwbedrijf) kan kiezen voor een vaste samenwerking met ketenpartners, die in het voorgaande niveau projectmatig plaats vindt. Alle procedures zijn in die samenwerkingsrelatie vastgelegd en deze zijn projectoverstijgend (Noordhuis, 2009), er worden bijvoorbeeld allianties gesloten om voor een langere tijd (minimaal een aantal jaren) samen te werken. Voorbeelden van dergelijke samenwerkingsrelaties zijn bestaande raamcontracten tussen bouwbedrijven en leveranciers, deze betreffen vaak echter de inkoop van de organisatie en behoren nog niet tot de eerdere fasen in het bouwproces.

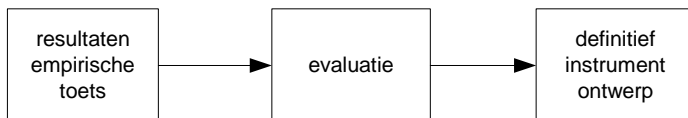
Begrip	Operationalisering niveau 5
Werkwijze	De organisatie is onafhankelijk van de methode die wordt gebruikt. Er worden projectafhankelijk keuzes gemaakt over de methode voor het bepalen van hoeveelheden.
Samenwerken	Afhankelijk van de projectorganisatie / omgeving wordt de informatie overdracht bepaald, de vorm wordt continu geoptimaliseerd en verbeterd. Dit omdat uit ervaring kan blijken dat een andere methode voor de samenwerkingsrelatie beter geschikt is dan verwacht in voorgaande niveaus.
Functionaliteit informatie delen	De processen en systemen zijn op elkaar afgestemd. Dit houdt in dat er geen beperkende schakels zijn, of dat deze schakels worden geëlimineerd door optimalisatie van systeem en/of proces.
Functionaliteit opslaan van informatie	De basis structuur wordt voor ieder project gebruikt en waarmogelijk (en nodig) geoptimaliseerd.

TABEL 4 ONTWERP NIVEAU 5

## 5 Resultaten

Het voorgaande hoofdstuk beschrijft het instrument dat is ontworpen op basis van bestaande theorieën en inzichten. Om dit instrument te beoordelen is een empirische toets uitgevoerd op basis waarvan het instrument wordt geëvalueerd en wij een definitief instrument ontwerpen (zie Figuur 19). Voor de evaluatie van het instrument zijn criteria opgesteld, welke zijn:

- De inhoud van het instrument wordt beoordeeld op (voor een nadere toelichting zie H6):
  1. Consistentie in niveaus tussen verschillende categorieën voorwaarden
  2. Juistheid van de gestelde criteria per niveau
  3. Relatie tussen procesoptimalisatie door gebruik van virtueel bouwen en het verkrijgen van hoeveelheden
- De praktische toepasbaarheid van het instrument wordt beoordeeld op:
  1. tijd benodigd voor gebruik van het instrument
  2. kwaliteit van de resultaten, die volgen uit toepassing van het instrument
  3. verdere ontwikkeling voor andere functies virtueel bouwen en ontwikkeling business case



FIGUUR 19 STAPPEN ONTWIKKELING DEFINITIEF INSTRUMENT

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de empirische toets, bestaande uit een toets met experts (5.1) en een toets bij bouwbedrijven (5.2). In hoofdstuk wordt vervolgens het instrument geëvalueerd op basis van de opgestelde criteria. Deze evaluatie leidt daarmee tot een definitief instrument ontwerp.

### 5.1 Resultaten expert toets

Het doel van de expert toets is om het instrument zowel inhoudelijk als op toepasbaarheid er te beoordelen. De aanpak en resultaten van de experttoets zijn in dit hoofdstuk gepresenteerd. In paragraaf 5.1.1 wordt de aanpak beschreven, in paragraaf 5.1.2 volgen de resultaten.

#### 5.1.1 Aanpak

De experttoets bestaat uit interviews met ervaringsdeskundigen, specialisten en onderzoekers op het gebied van virtueel bouwen. De geïnterviewde experts zijn:

- ir. Peter Willems – BIM Architect, TNO
- ing. Hans Hendriks - directeur / adviseur, de BIM specialist
- dr. Jacob Beetz – assistant professor, Technische Universiteit Eindhoven
- Joost Wijnen – directeur / adviseur, CAD Visual

Tijdens de interviews wordt gebruik gemaakt van een agenda. De agendapunten zijn zo opgesteld dat wordt verwacht resultaten te verkrijgen waarmee het mogelijk is het instrument te beoordelen.

De agendapunten zijn:

1. Introductie
  - Toelichting op de interview procedure
  - Toelichting afstudeeronderzoek en rol van expertinterview
  - Voorstelronde expert en interviewer
2. Instrument ontwikkeling
  - Toelichting op ontwerp van het instrument (aandacht voor conceptueel schema en operationalisering)
  - Mening en visie van de expert op het conceptueel schema en operationalisering
3. Criteria en effecten

- Beoordeling van de expert over de criteria per niveau
  - Beoordeling van de effecten per niveau
  - Beoordeling van het instrument in haar geheel (met aandacht voor consistent)
4. Toepassing
- Toepassing van het instrument volgens de expert
  - Bruikbaarheid van het instrument in ontwikkeling virtueel bouwen
5. Afsluiting
- Samenvatting interview resultaat
  - Vervolg afspraken met toezending rapportage

### 5.1.2 Resultaten

De resultaten van de experttoets zijn beschreven aan de hand van de agenda die is gebruikt tijdens de interviews (zie 5.1.1). Aangezien de agendapunten introductie en afsluiting niet tot het inhoudelijk deel van het interview behoren zijn hiervan de resultaten niet toegelicht.. In Bijlage II is een nadere toelichting gegeven op de resultaten.

#### Instrument ontwikkeling

Er is een toelichting gegeven op het theoretisch kader en het conceptueel schema. Vervolgens is specifiek aandacht besteed aan de twee dimensies uit het conceptueel schema: niveau en voorwaarden. In het volgende worden de bevindingen daarbij benoemd.

#### *Opdeling niveaus*

- De experts zijn van mening dat het gewenst is om implementatie van virtueel bouwen in stappen te laten verlopen. De indeling voor ontwikkeling van virtueel bouwen in verschillende niveaus is voor de experts daarop een logisch gevolg.
- De experts benadrukken dat het juist is om de niveau in effecten uit te drukken, en niet als doel het "virtueel bouwen of BIM-men". Het is wenselijk om kleine stappen te maken, en niet in één keer "het onmogelijke" te willen.
- Van belang bij implementatie van virtueel bouwen is volgens de experts:
  - o Het is van belang volgens een plan van aanpak te werken (roadmap), waarin bewuste stappen gedefinieerd zijn
  - o De focus dient breder te zijn dan software en IT, bij virtueel bouwen hoort ook samenwerken en de afspraken die daarover zijn gemaakt
- De experts kunnen op de niveaus inhoudelijk hier geen bevindingen plaatsen, die volgen aan de hand van de beoordeling van de criteria die zijn geformuleerd. De experts benadrukken wel dat zij de gedachte om eerst intern te optimaliseren en vervolgens dat ook in de samenwerking te doen een juiste is. Er wordt benoemd dat "eerst de eigen tent op orde dient te zijn", "een verbeterde wereld bij jezelf begint" en het gewenst is om "win-win" situaties te creëren. Niet alleen winst voor de eigen onderneming, maar ook voor de samenwerkende partijen: "samen de koek vergroten".

#### *Voorwaarden*

- De organisatorische aspecten zijn volgens de experts volledig, desondanks blijft het arbitrair welke criteria tot welke categorie aspecten toebehoren. Daarnaast is het zeer waarschijnlijk dat voor de ene groep organisatorische aspecten "zwaarder" meetelt (een groter belang heeft) dan een andere categorie voorwaarden. Om uiteindelijk tot een juiste inschaling van bouwbedrijven te komen is het van belang dat er wordt bepaald in hoeverre de verschillende categorieën voorwaarden van belang zijn, en hoe deze worden geïndexeerd in de "score" van het niveau van een bouwbedrijf.
- In de interviews benadrukken de experts dat de criteria mensen & cultuur en strategie even belangrijk zijn als de criteria waarop de focus in dit onderzoek ligt (informatietechnologie en organisatie & processen). De experts nemen waar dat de huidige ontwikkelingen voornamelijk gericht zijn op de specifieke producten waar bij het gaat om 'BIM-men' en niet om de bedoelde effecten daarvan. Om die effecten te bereiken zijn

niet alleen de informatietechnologie en het proces van belang, maar ook omgeving & strategie en mensen & cultuur. Door de experts wordt tevens benadrukt dat het meten van mensen & cultuur criteria minder eenduidig kan zijn dan het beoordelen van criteria in de overige categorieën.

### **Criteria**

In de interviews is toegelicht dat de operationalisering van de theorie (conceptueel schema) heeft geresulteerd in de criteria die per niveau zijn geformuleerd, met de daarbij te verwachten effecten.

In Bijlage II zijn per criterium de opmerkingen van de experts verwerkt. Hier volgt een overzicht van de meest relevante bevindingen.

### *Algemeen*

- Er bestaat verwarring over het niveau uitgangssituatie. Voor een aantal experts is het direct duidelijk dat dit niveau een referentiepunt betreft, andere experts missen voor dit niveau criteria. Na toelichting begrijpen zij waarom de uitgangssituatie gedefinieerd is. Daarbij zijn geen andere specifieke opmerkingen gemaakt over het al dan niet handhaven van het eerste niveau als uitgangssituatie.

### *Opbouw instrument*

- De experts zijn niet eenstemmig over de snelheid waarmee de ontwikkeling van 2D naar 3D verloopt. Experts die vanuit een onderzoeksachtergrond redeneren, zien de ontwikkeling van 2D naar 3D als een grote stap die nog niet volledig op korte termijn gerealiseerd kan worden. Daarentegen redeneren de meer praktisch ingestelde experts juist dat het gewenst is om zo snel mogelijk een ontwikkeling van 2D naar 3D te bewerkstelligen. Daarbij wordt meerdere keren benoemd dat werken in 3D niet direct een meest optimale situatie hoeft te zijn. De experts die voor een snelle ontwikkeling van 2D naar 3D zijn, benadrukken dat er “eenvoudig” begonnen moet worden.
- De experts zijn het unaniem eens over het feit dat het instrument een logische opbouw heeft in niveaus en “mate van virtueel bouwen” en dat de criteria de juiste zijn.

### *Voorwaarden en criteria*

- De experts zijn unaniem van mening dat er een logisch koppeling is gemaakt tussen de verschillende categorieën voorwaarden. Er wordt benadrukt dat er een duidelijke relatie bestaat tussen de criteria die gelden voor de processen op een bepaald niveau, als mede voor de criteria met betrekking tot informatietechnologie op datzelfde niveau.
- In relatie tot het bepalen van hoeveelheden wordt benoemd dat het van belang is dat de wijze hoe een hoeveelhedenstaat tot stand gekomen is achterhaald dient te worden (traceerbaarheid en transparantie). Deze stappen kunnen bijvoorbeeld in de expliciete werkwijze voor het bepalen van hoeveelheden worden vastgelegd. Daarbij wordt benoemd dat hoeveelheden niet alleen traceerbaar moeten zijn indien deze handmatig zijn bepaald. Dit geldt ook als een hoeveelhedenstaat wordt onttrokken aan het digitaal gebouwmodel. Een gebruiker kan er niet automatisch vanuit gegaan dat het model alleen de juiste gegevens verstrekt, “het eigen inzicht van de gebruiker blijft belangrijk”.
- Het is van belang om bij het gebruik van een 3D model een bepaald detail niveau te definiëren. Er bestaat onderscheid tussen de mate van gedetailleerdheid waarop hoeveelheden worden bepaald. Dit onderscheid komt vooral aan de orde tussen een model dat door een architect is gemaakt en een model zoals dat is uitgewerkt door een bouwbedrijf. Als voorbeeld: een architect modelleert een gevel in haar geheel, terwijl een bouwbedrijf onderscheid maakt tussen binnenblad, spouw met isolatie en een buitenblad. Daarbij bestaat er ook nog het verschil dat bij een architect verschillende etages niet worden meegenomen, maar dat bij een bouwer wel gebeurt. De experts benadrukken dat hieruit blijkt dat het van belang is te definiëren welke informatie uit een model onttrokken dient te kunnen worden, zodat bij de opbouw hiervan ook rekening mee gehouden kan worden (in de werkwijze). Op het moment dat er modellen worden uitgewisseld tussen verschillende rollen (architect, aannemer, constructeur) dan dient er een uniforme opbouw te zijn. Die kan worden vastgelegd in een werkwijze middels bijvoorbeeld teken of modelleerafspraken.

- Enkele experts verwachtten dat het moeilijk te beoordelen is wanneer bepaalde software wel of niet aan het gestelde criterium voldoet. Als suggestie wordt benoemd dat het mogelijk is om gebruik te maken van certificering van software (als die op termijn beschikbaar komt). Hierbij wordt bijvoorbeeld gedacht aan een keurmerk zoals "80% IFC compatible".
- Door meerdere experts wordt benadrukt dat de gestelde criteria juist zijn, maar dat er over de praktische invulling ervan veel openheid bestaat. Een voorbeeld hiervan is het vastleggen van een expliciete werkwijze voor het bepalen van hoeveelheden bepalen. Punten die daarbij aan de orde komen zijn zaken zoals wat er wel en niet in de werkwijze moet komen te staan, wanneer een werkwijze wel of niet geschikt is, et cetera.

### **Toepasbaarheid**

Het primaire doel van de expert toets ligt op het inhoudelijk beoordelen van het instrument. Daarnaast is aan de geïnterviewde experts de vraag voorgelegd in hoeverre zij het instrument als een toepasbaar middel zien. Daarbij is aandacht besteed aan de praktische toepasbaarheid (is het instrument geschikt voor een audit) en de verdere ontwikkeling van het instrument (uitbreiding naar andere functies van virtueel bouwen).

#### *Toepasbaarheid voor audit*

- De experts verwachten dat het instrument geschikt is voor het uitvoeren van een audit. Doordat de invulling van de criteria (nog) niet heeft plaatsgevonden verwachten zij wel mogelijkheden met de betrouwbaarheid van de resultaten, indien interviews door verschillende auditoren worden afgenomen. Dit probleem kan volgens de experts worden voorkomen door die voorbeelden wel uit te werken, en dan de auditoren vooraf kennis te laten nemen over de context van het instrument met nadruk op de achtergrond van de diverse criteria.
- De experts verwachten dat er in de markt een zekere behoefte is aan sturing in de ontwikkeling van virtueel bouwen. Dit instrument kan volgens de experts worden ingezet om de huidige positie van een bouwbedrijf te bepalen. Daarnaast kan het instrument worden gebruikt voor het uitstippelen van een stappenplan (zoals een roadmap) voor ontwikkeling van virtueel bouwen. Daarbij dient wel in ogenschouw genomen te worden dat dit instrument zich slechts op één enkele functie richt en virtueel bouwen veel meer functies kent die ook al (directer) toepasbaar zijn dan de functie hoeveelheden verkrijgen (zoals visualisaties en 2D tekeningen uit 3D).

#### *Toepasbaarheid instrument andere functies*

Onder de toepasbaarheid van het instrument voor andere functies van virtueel bouwen wordt verstaan in hoeverre het instrument in haar huidige vorm verder ontwikkeld kan worden naar andere functies. Als het instrument daarvoor geschikt is kan het instrument in haar verdere ontwikkeling worden uitgebreid naar een compleet instrument voor positiebepaling van virtueel bouwen (zie Hoofdstuk 1). De bevindingen zijn:

- De experts benoemen dat een zelfde structuur (relatie tussen niveaus en voorwaarden) bruikbaar is voor de ontwikkeling van criteria voor andere functies van virtueel bouwen. Daarbij wordt ook benoemd dat het van belang is om consistentie tussen de niveaus te bewaken / gelijksoortige niveaus te creëren. Dat houdt in dat wat bij functie A niveau 3 is dat ook geldt voor functie B. Volgens de experts biedt de indeling van niveaus zoals die is gedefinieerd daarvoor een geschikt kader.
- Naar verwachting van de experts is het mogelijk om de criteria zoals die gespecificeerd zijn voor de functie hoeveelheden verkrijgen ook bruikbaar zijn voor andere functies van virtueel bouwen. Per functie dient beoordeeld te worden in hoeverre andere criteria van toepassing zijn, aangepast dienen te worden en/of er andere criteria vereist zijn. Deze aanvullingen dienen voornamelijk vorm te krijgen in de aanbevelingen van de experts, doelende op de inhoudelijke aanvullingen en de uit te werken praktische voorbeelden van de criteria. Doordat gebruik is gemaakt van een gestructureerde indeling van criteria (samenwerking en werkwijze mbt processen en functionaliteiten mbt informatietechnologie), kunnen criteria ook voor andere functies relatief eenvoudig en specifiek worden uitgewerkt. Evenals bij de criteria voor het verkrijgen van hoeveelheden kan voor het bewaken van de eenduidigheid de uitwerking van een praktische toepassing daarbij van meerwaarde zijn.

## 5.2 Resultaten toets bouwbedrijven

Deze paragraaf beschrijft de aanpak (5.3.1) en de resultaten (5.3.2) van de praktijktoets die is uitgevoerd bij bouwbedrijven.

### 5.2.1 Aanpak

Het doel van de praktijktoets bij bouwbedrijven is te beoordelen in hoeverre het instrument voldoet aan de gestelde criteria (inhoud en toepasbaarheid, zie criteria in 5.1). In deze praktijktoets wordt het instrument toegepast bij bouwbedrijven, zoals dat ook bij een audit plaats vindt. Op basis van deze resultaten wordt het instrument vervolgens in de reflectie (H6) beoordeeld aan de hand van de beoordelingscriteria. Het is dus noodzakelijk voldoende data te verzamelen om een onderbouwde uitspraak over de beoordeling van het instrument. In deze paragraaf is de selectie van bouwbedrijven, agenda van een praktijktoets en audit methodiek toegelicht.

#### Selectie bouwbedrijven

De doelgroep van het instrument betreft B&U bouwers in Nederland. Uit deze doelgroep zijn meerdere benaderd. Ondanks dat uit veel reacties blijkt dat het onderwerp “interessant en actueel” wordt genoemd is de animo voor deelname beperkt. Op verzoek van enkele van de deelnemende bouwbedrijven zijn deze niet in de rapportage benoemd.

Bij elk van de bouwbedrijven zijn medewerkers geïnterviewd die direct betrokken zijn met de ontwikkelingen en implementatie van virtueel bouwen / BIM in het bouwbedrijf. Hiervoor zijn geen eenduidige functies te benoemen, de verdeling van taken verschilt per bouwbedrijf van werkvoorbereider en tekenaar tot medewerkers van een afdeling bouwprocesontwikkeling.

#### Interviewagenda

In de toets die bij bouwbedrijven wordt uitgevoerd wordt het instrument toegepast om de huidige positie van het bouwbedrijf te bepalen ten aanzien van het gebruik van virtueel bouwen. Ten tweede wordt met de toets beoordeeld in hoeverre het ontwikkelde instrument toepasbaar is om de positie van een bouwbedrijf tav virtueel bouwen te bepalen.

Het belangrijkste deel van de toets bij bouwbedrijven betreft de audit (toelichting zie verderop in deze paragraaf), waarmee het mogelijk wordt het bedrijf te categoriseren in het instrument. Aan de hand van het verloop van de audit en de terugkoppelingen van geïnterviewden op het inhoudelijke deel van de audit wordt beoordeeld in hoeverre het instrument inhoudelijk juist is en toepasbaar is voor het uitvoeren van een audit. De specifieke resultaten per bouwbedrijf zijn in Bijlage III toegelicht, waarin “beoordeling” beschrijft in hoeverre het bouwbedrijf aan het criterium voldoet en “evaluatie” inzicht geeft op de juistheid en toepasbaarheid van het criterium.

Evenals bij de experttoets is er voor de interviews bij de bouwbedrijven een agenda opgesteld. Deze agenda bevat de volgende onderwerpen:

De agendapunten zijn:

1. Introductie
  - Toelichting op de interview procedure
  - Toelichting afstudeeronderzoek en rol interview bouwbedrijf
  - Voorstelronde expert en interviewer
2. Virtueel bouwen binnen bouwbedrijf
  - Hoedanigheid waarmee virtueel bouwen in de onderneming wordt toegepast (functies)
  - Voorwaarden getroffen voor virtueel bouwen
3. Categorisering in instrument (audit)
  - Toetsing aan welke criteria bouwbedrijf voldoet
  - Bevindingen



- Terugkoppeling over inhoud en toepassing door geïnterviewde
- Meerwaarde voor onderneming

#### 4. Afsluiting

- Samenvatting interview resultaat
- Vervolg afspraken met toezending rapportage

#### **Audit methodiek**

Het beoordelen van de huidige positie van het bouwbedrijf vindt plaats middels een audit. Een audit is door Kocks (2003) gedefinieerd als:

*“Een audit is een onderzoek met als doel het, doormiddel van het verzamelen en beoordelen/evalueren van bewijs, toetsen van één of meerdere aspecten van een gedefinieerd object aan een vastgestelde set van normen met als doel om op grond van resultaten van die toetsing, één of meerdere (gecertificeerde) oordelen te kunnen geven aan de opdrachtgever”.*

Een audit is dus een middel om een organisatie (een object) te beoordelen op virtueel bouwen (een aspect) aan vastgestelde criteria (normen, eisen). Hiermee kan dus worden beoordeeld waar een organisatie zich bevindt in het ontwikkelde instrument. In dit onderzoek wordt de audit gebruikt om te beoordelen welke positie een bouwbedrijf heeft in het gebruik van virtueel bouwen voor het verkrijgen van hoeveelheden. De resultaten van deze bevindingen volgen toegelicht per bouwbedrijf in paragraaf 5.3.

Uit de definitie van een audit (zie boven) volgt dat oordeelsvorming in de audit tot stand komt door middel van het verzamelen en beoordelen/evalueren van bewijsmateriaal. Het is van belang dat een audit tot een gefundeerd oordeel leidt. Om tot dit gefundeerde oordeel te komen worden er binnen elke organisatie meerdere personen gesproken. Dit aantal is afhankelijk van de omvang aan informatie die een respondent kan leveren. Ten tweede levert een overeenkomstige reactie van meerdere personen meer betrouwbaarheid in de onderzoeksresultaten.

De ontwikkeling van virtueel bouwen en BIM zijn nog recent waardoor er in veel organisaties nog geen gespecificeerde functie aanwezig is. Dit heeft tot gevolg dat niet in elke organisatie personen met een zelfde functie worden geïnterviewd. Respondenten worden geselecteerd op basis van de betrokkenheid met virtueel bouwen implementatie, met als focusgebied de processen en informatietechnologie.

Auditeren is mogelijk op een drie tal niveaus, te weten (1) beleidsniveau, waarin de organisatie vastgelegd welke doelen worden nagestreefd. Het tweede niveau is het organisatieniveau (2), waarin hoe is vastgelegd hoe de organisatie de doelen wil bereiken. Het laagste niveau (3) betreft het realisatieniveau waarin de primaire en ondersteunende processen tot uitvoering komen. In dit onderzoek richten wij ons op het organisatieniveau waarin is vastgelegd hoe een organisatie een doel bereikt. Deze doelen zijn van een overeenkomstig niveau als het niveau waarin de criteria van het instrument zijn vastgelegd.

In de audit wordt per criterium beoordeeld in hoeverre de organisatie aan het gestelde criterium voldoet. Hierbij wordt doorgevraagd middels “de zeven vrienden van de auditor” (zie kader).

#### **De zeven vrienden van de auditor**

Wie?	Laat zien?
Wat?	Hoe?
Waar?	Waarom?
Wanneer?	

### **5.2.2 Resultaten**

In deze paragraaf worden de resultaten van de praktijktoets bij bouwbedrijven beschreven, aan de hand van de opgestelde agenda (zie 5.3.1.). In bijlage III hebben we per criterium de bevindingen per bouwbedrijf benoemd. Deze paragraaf schets een samenvoeging van de belangrijkste en meest opvallende resultaten.

**Audit resultaten**

Ieder bouwbedrijf heeft andere doelen voor het gebruik van virtueel bouwen binnen de organisatie. In Tabel 5 zijn de verschillende functies en doelen binnen de betrokken bouwbedrijven benoemd.

	<b>Bouwbedrijf A</b>	<b>Bouwbedrijf B</b>	<b>Bouwbedrijf C</b>	<b>Bouwbedrijf D</b>
<b>Functies</b>	- visualisatie - raakvlakanalyse - 2D tekening uit 3D	- Niet eenduidig gedefinieerd	- visualisatie - 2D tekening uit 3D - hoeveelheden bepalen - raakvlakanalyse	- visualisatie - 2D tekening uit 3D - hoeveelheden bepalen
<b>Doel</b>	- faalkostenreductie - verkorten doorlooptijd	- optimaliseren van het primaire bouwproces, in verschillende stappen	- verkorten doorlooptijd - verminderen van fouten en kosten	- verkorten doorlooptijd - verminderen van fouten en kosten

TABEL 5 DOELEN EN FUNCTIES VIRTUEEL BOUWEN BIJ BETROKKEN BOUWBEDRIJVEN

Aan de hand van het instrument zijn de betrokken bouwbedrijven gecategoriseerd. Per bouwbedrijf is in Tabel 6 onderscheid gemaakt aan welke criteria al dan niet wordt voldaan (toelichting zie Tabel 7, argumentatie in Bijlage III). Vervolgens zijn per bouwbedrijf de meest opvallende punten toegelicht.

5	3	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
4	3	1	3	3	4	4	4	4	2	2	1	1	4			
3	3	2	1	3	2	2	2	2	2	2	1	1	2			
2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	W	S	D	O	W	S	D	O	W	S	D	O	W	S	D	O
	Proces		IT		Proces		IT		Proces		IT		Proces		IT	
	<b>Bouwbedrijf A</b>				<b>Bouwbedrijf B</b>				<b>Bouwbedrijf C</b>				<b>Bouwbedrijf D</b>			

TABEL 6 AUDIT RESULTAAT

Legenda:

Proces en organisatie                      Informatietechnologie  
 W – werkwijze organisatie                D – delen van informatie  
 S – samenwerken                            O – opslaan van informatie

<b>Code</b>	<b>Toelichting</b>
1 organisatie voldoet	De organisatie voldoet aan het criterium zoals dat voor een niveau in een bepaalde categorie is gesteld.
2 criterium van belang geacht	De organisatie voldoet niet aan het criterium zoals gesteld. De organisatie benoemd dat het criterium van belang is en/of is met het criterium aan het werk.
3 organisatie voldoet voor andere functie	De organisatie voldoet aan het criterium voor de functie verkrijgen van hoeveelheden, maar zou wel aan het criterium voldoen als een andere functie wordt gemeten.
4 organisatie voldoet niet	De organisatie voldoet niet aan het criterium zoals gesteld.

TABEL 7 CATEGORISERING BOUWBEDRIJVEN

**Bouwbedrijf A**

- Er is bewust gekozen om een aantal functies van virtueel bouwen (visualisatie, raakvlakanalyse en 2D tekening uit 3D) in het bedrijfsproces te implementeren.
- De toepassing van virtueel bouwen vindt plaats bij woningbouwprojecten op basis van een concept dat al bij een ander bouwbedrijf succesvol is geïmplementeerd.

- In het concept (een vorm van procesorganisatie), staan samenwerking met daarbij ondersteuning van IT toepassingen centraal. Er is in de organisatie bewust nagedacht over de organisatie van het proces. Dit is terug te zien in een gelijke verdeling van de criteria waaraan wordt voldaan (zowel voor het verkrijgen van hoeveelheden, als voor de bedoelde functies).
- Er wordt sterk benadrukt dat de afspraken omtrent samenwerking van groot belang zijn. Het gaan niet alleen om het “mooie plaatje”. Vooral de wijze waarop een gebouw tot stand komt en de wijze waarop informatie wordt gedeeld is van belang.
- Het beoogde effect van virtueel bouwen bij deze organisatie is het verkorten van de doorlooptijd en het verminderen van de faalkosten. Daarbij wordt benadrukt dat het bijna onmogelijk is om tot een kwantificering (in geld) van deze effecten te komen. Het meten van de doorlooptijd wordt wel mogelijk geacht, maar is nog niet gedaan.
- De organisatie verwacht de effecten te behalen zoals die in het instrument zijn benoemd.
- De organisatie is zich ervan bewust dat een continue optimalisatie nodig is. Waardoor zij ook gedeeltelijk aan het optimalisatie niveau (5) voldoen.

#### *Bouwbedrijf B*

- Ondanks dat het bedrijf laag scoort is er gestart met het gebruik van virtueel bouwen. Voor de implementatie is een stappenplan ontwikkeld dat uiteindelijk leidt tot de optimalisatie van het primaire proces.
- De eerste stap is werken met 3D toepassingen, vervolgens komen andere onderdelen “zoals samenwerken” aan bod.
- De organisatie is overtuigd van nut en meerwaarde van virtueel bouwen, desondanks zijn zij niet in staat om specifieke effecten in bedrijfseconomische termen te benoemen. Er wordt benoemd dat “je overtuigd moet zijn van het nut van virtueel bouwen in het algemeen”.
- Gebruik van virtueel bouwen start bij implementatie in het huidige woningbouwconcept. Vervolgens vindt voorbereiding plaats naar andere projecten.
- Voor het woningbouwconcept zijn bij deze organisatie alle relaties met externen beschreven, evenals een uitgekristalliseerd proces waarin tot in detail het werkproces (met “tussenproducten”) expliciet is gemaakt. Hierin valt op dat door deze werkwijze al veel winst behaald wordt zonder gebruik te maken van geavanceerde IT toepassingen.

#### *Bouwbedrijf C*

- Er wordt gewerkt met virtueel bouwen voor een specifiek bouwproject, waarin met een aantal samenwerkende partijen (architect, installateur en constructeur) wordt samengewerkt.
- Met samenwerkende partijen zijn afspraken gemaakt over de opbouw van het model, het te gebruiken tekenpakket en de uitwisseling van informatie.
- Vooraf zijn geen specifieke doelen gesteld, er wordt vanuit gegaan dat het werken met 3D een ‘meerwaarde’ heeft.
- Opvallend bij deze organisatie is dat er qua IT en het verkrijgen van hoeveelheden hoog wordt gescoord (voldoet t/m niveau 4 aan de criteria). Daarentegen zijn de aspecten in relatie tot het proces wel “van belang” geacht, wordt hier impliciet aan gewerkt, maar voldoet de organisatie (nog) niet.
- In deze organisatie is er nog totaal geen aandacht voor mogelijke procesoptimalisatie.

#### *Bouwbedrijf D*

- De focus bij dit bouwbedrijf ligt voornamelijk op procesautomatisering (het proces ondersteunen met IT) en vooral niet op samenwerken tussen verschillende partijen. Dit blijkt uit de interviews en is ook terug te vinden in de indeling van het bedrijf in het instrument. Aan de functionaliteit delen van informatie wordt niet voldaan, maar aan de functionaliteit opslaan / verkrijgen van informatie wel. Er is bijvoorbeeld wel een 3D pakket in de organisatie aanwezig waarmee wordt gewerkt, maar er zijn geen ondersteunende middelen (in de vorm van IT) om informatie te delen.

- Bij deze organisatie worden criteria met betrekking tot proces en organisatie wel van belang geacht, maar er wordt benadrukt dat ze een bouwer zijn en daardoor geen tijd hebben om te bedenken hoe er wordt gewerkt.
- In de organisatie speelt ervaring van de werknemers een belangrijke rol om te weten waar informatie achterhaald kan worden en wie waarvoor verantwoordelijk is. Er zijn geen kaders beschikbaar waarmee een soort standaard is gedefinieerd.

### **Bevindingen tijdens toetsing instrument**

Tijdens het uitvoeren van de audit zijn meerdere bevindingen gedaan. Deze bevindingen zijn in het hierna volgende benoemd en hebben betrekking op het instrument zelf als de context van virtueel bouwen bij bouwbedrijven.

#### *Instrument*

- er ontstaat bij enkele respondenten verwarring over de Ausgangssituatie, er is onduidelijkheid waarom er voor het eerste niveau geen criteria zijn gedefinieerd. Na uitleg is het probleem verholpen.
- Het valt op dat bij meerdere bedrijven aan de IT criteria wordt voldaan, maar dat de organisatie & processen achterblijven. Er worden wel impliciet afspraken gemaakt, maar de nadruk ligt continu op het gebruik van de IT. Vooral het achterhalen van informatie en het weten welke persoon waar verantwoordelijk voor is berust daardoor op ervaring.
- er wordt "standaard" gemodelleerd op een bepaald detailniveau, waardoor hoeveelheden bepaald kunnen worden. Dit detailniveau is afhankelijk van de gekozen werkwijze en de daarbij gemaakte afspraken. Dit onderscheid heeft geen nadelig effect op de toepassing van het instrument.
- delen van hoeveelheden kan digitaal met behulp van een model, een koppeling tussen model en hoeveelheden staat voorkomt fraude. Traditioneel worden hoeveelheden wel gedeeld, maar dan op papier en niet digitaal.

#### *Virtueel bouwen bij bouwbedrijven*

- Het werken in een 3D is het uitgangspunt voor virtueel bouwen. Respondenten gaan er bij niveau 2 direct al vanuit dat er wordt gewerkt met een 3D pakket en een BIM. Andere stappen zoals het vastleggen van een werkwijze worden van minder belang geacht
- Er is vaak sprake van het werken met een 3D model, ipv BIM of virtueel bouwen. Elk van de bouwbedrijven heeft haar eigen definitie en of interpretatie van virtueel bouwen en 3D modelleren.
- De bezochte bouwbedrijven beoordelen per project (met uitzondering van Bouwer A) of er gebruik wordt gemaakt van een 3D model. Dit is vaak afhankelijk van de partijen waarmee wordt samengewerkt en de mogelijke voordelen die voor het project behaald kunnen worden (benodigde tijd voor het maken van het model vs. besparingen door minder fouten, minder tijd etc.). Zodoende wordt sneller een complex utiliteitsproject in 3D uitgewerkt en woningen die al eens gebouwd zijn worden weer uit de kast gehaald en "traditioneel" uitgevoerd.

#### *Werkwijze*

- het is van essentieel belang dat alle partijen een zelfde basis structuur van een model hebben, anders is deze onbruikbaar
- bouwers moeten bouwen, niet oneindig bezig zijn met het vastleggen van procedures.

## 6 Evaluatie

De resultaten van de empirische toets (zie H5) hebben wij gebruikt ter evaluatie en ontwerp van een definitief instrument. In dit hoofdstuk beschrijven wij allereerst de beoordelingscriteria voor de evaluatie van het instrument (6.1). Vervolgens vindt de evaluatie van het instrument op basis van deze criteria plaats (6.2). In 6.3 wordt tenslotte het definitieve instrumentontwerp toegelicht.

### 6.1 Beoordelingscriteria instrument

De empirische toets heeft tot doel om het instrument te evalueren en verder te ontwikkelen. Aan de hand van beoordelingscriteria beoordelen wij in hoeverre het instrument voldoet aan de van te voren gestelde verwachtingen. De criteria zijn ingedeeld in twee hoofdgroepen, te weten inhoud (6.1.1) en praktische toepasbaarheid (6.1.2).

#### 6.1.1 Inhoud

De inhoud van het instrument wordt beoordeeld op:

1. Consistentie in niveaus tussen verschillende categorieën voorwaarden
2. Juistheid van de gestelde criteria per niveau
3. Relatie tussen procesoptimalisatie door gebruik van virtueel bouwen en het verkrijgen van hoeveelheden

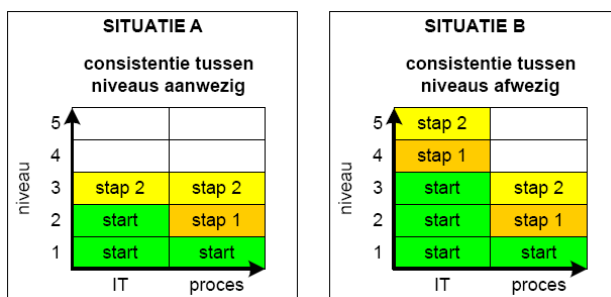
#### Ad 1. Consistentie in niveaus tussen verschillende categorieën voorwaarden

In het ontwerp van het instrument is uitgegaan van een consistente groei in niveaus tussen de verschillende categorieën voorwaarden. Dat betekent dat zowel de voorwaarden in de categorieën organisatie & processen als informatietechnologie op een zelfde niveau moeten zijn, voordat er een volgend niveau wordt bereikt.

##### Voorbeeld

In situatie A (Figuur 20) is er consistentie tussen de niveaus aanwezig. In deze situatie volgt uit de audit dat de organisatie zich voor informatietechnologie op niveau 2 bevindt en voor het organisatie & processen op niveau 1. De eerst volgende stap is het verbeteren van het proces naar niveau 2. Vervolgens worden organisatie & processen en informatietechnologie (stap 3) ontwikkeld tot niveau 3.

Situatie B geeft een niet consistente situatie weer tussen de niveaus. Er is in deze situatie een groot verschil tussen het niveau waarop IT zich bevindt en het niveau van het proces. In het instrument wordt uitgegaan van consistentie tussen de niveaus (situatie A).



FIGUUR 20 VOORBEELD CONSISTENTIE NIVEAUS

#### Ad 2. Relevantie van de gestelde criteria per niveau

Per niveau zijn criteria gedefinieerd die worden gebruikt om te toetsen of een organisatie aan dat betreffende niveau voldoet. Om het instrument inhoudelijk te kunnen beoordelen is het van belang te toetsen in hoeverre de gestelde criteria voor een niveau daadwerkelijk relevant zijn.

##### Voorbeeld

Het blijkt dat bij meerdere organisaties een criterium uit niveau 3 als op niveau 2 aan de orde is. Daaruit kan worden beoordeeld dat het criterium niet juist is voor niveau 3, maar voor niveau 2.

Een tweede mogelijkheid betreft dat er voor een bepaald niveau een criterium genoemd is, maar dat dit criterium niet juist of niet van toepassing is. Beide situaties resulteren in een aanpassing van het instrument.

### **Ad 3. Relatie tussen procesoptimalisatie door gebruik van virtueel bouwen en het verkrijgen van hoeveelheden**

In de aanleiding van dit onderzoek wordt er vanuit gegaan dat virtueel bouwen een middel is voor procesoptimalisatie. In dit onderzoek is het specifieke proces verkrijgen van hoeveelheden beschouwd. Per niveau zijn de effecten van virtueel bouwen voor het optimaliseren van dit proces benoemd. Dit criterium beoordeeld in hoeverre het gestelde effect van virtueel bouwen bij het verkrijgen van hoeveelheden daadwerkelijk aanwezig is.

#### *Voorbeeld*

In het instrument zijn per niveau effecten uitgedrukt in termen van tijd en fouten. In de empirische toets kan worden beoordeeld in hoeverre de benoemde effecten ook daadwerkelijk aan de orde zijn bij bouwbedrijven. Waar mogelijk kan ook een uitspraak worden gedaan over de omvang van deze effecten.

## **6.1.2 Praktische toepasbaarheid**

De praktische toepasbaarheid van het instrument wordt beoordeeld op:

1. tijd benodigd voor gebruik van het instrument
2. kwaliteit van de resultaten, die volgen uit toepassing van het instrument
3. verdere ontwikkeling voor andere functies virtueel bouwen en ontwikkeling business case

### **Ad 1. Tijd benodigd voor gebruik van het instrument**

Voor Balance & Result is het gewenst om het instrument praktisch in te kunnen zetten. Hiervoor is het noodzakelijk dat het instrument binnen redelijke grenzen van tijd blijft. Hierbij wordt verondersteld dat de kosten voor toepassing van het instrument zich voornamelijk bevinden in de vergoeding van de uren die adviseurs nodig hebben ter voorbereiding, dataverzameling, data-analyse en terugkoppeling.

In het kader van dit afstudeeronderzoek is een inschatting van een reële tijdsbesteding gemaakt voor het gebruik van het instrument in twee dagen tot drie dagen. Deze tijdsbesteding bestaat uit:

- voorbereiden van de audit (afhankelijk van de ervaring maximaal één dagdeel (4 uur))
- het verzamelen van de benodigde data door middel van interviews (één tot twee dagdelen)
- data-analyse en rapporteren van bevindingen (één tot twee dagdelen)
- indien gewenst persoonlijke terugkoppeling van de bevindingen (één dagdeel)

Aan de hand van de praktijktoets bij bouwbedrijven wordt beoordeeld in hoeverre deze te tijdsbesteding reëel is.

### **Ad 2. Kwaliteit van de resultaten**

Het maken van een analyse bij een bouwbedrijf heeft als doel om tot een categorisering te komen van het bouwbedrijf ten aanzien van het verkrijgen van hoeveelheden middels virtueel bouwen. Met het resultaat wordt een bouwbedrijf zich bewust van de voorwaarden die nog niet in acht zijn genomen. Hierbij is het van belang dat de categorisering juist is en er sprake is van voldoende onderbouwing. Dit criterium beoordeeld in hoeverre onderbouwing van de bevindingen mogelijk is en welke invloed dat heeft op de betrouwbaarheid van de bevindingen.

### **Ad 3. Verdere ontwikkeling voor andere functies van virtueel bouwen en ontwikkeling business case**

Voor B&R is het instrument een hulpmiddel om bouwbedrijven te adviseren over het gebruik van virtueel bouwen. Hierdoor is het noodzakelijk om het instrument uit te bereiden naar andere functies van virtueel bouwen, en, indien mogelijk een business case te ontwikkelen.

De ontwikkeling van het instrument naar andere functies wordt mogelijk indien de theorie van conceptueel schema juist blijkt te zijn (relatie niveaus – voorwaarden – effecten). Een verdere invulling is al mogelijk indien de criteria voor de functie hoeveelheden ook voor andere functies geschikt zijn.

Het ontwikkelen van een business case is voor B&R benodigd om bouwbedrijven te kunnen adviseren over de investeringen en opbrengsten van virtueel bouwen. Deze business case dient de voorwaarden en effecten per niveau zoveel mogelijk te kwantificeren in bedrijfseconomische termen. Met dit criterium wordt beoordeeld in hoeverre dat mogelijk is.

## 6.2 Reflectie op beoordelingscriteria

In het voorgaande hoofdstuk (paragraaf 5.1) zijn de criteria benoemd waarop het instrument wordt beoordeeld toegelicht. In deze paragraaf wordt het instrument daarop (inhoud en toepasbaarheid) gereflecteerd.

### 6.2.1 Inhoud

De inhoud van het instrument wordt beoordeeld op:

1. Consistentie in niveaus tussen verschillende categorieën voorwaarden
2. Juistheid van de gestelde criteria per niveau
3. Relatie tussen procesoptimalisatie door gebruik van virtueel bouwen en het verkrijgen van hoeveelheden

#### **Ad 1. Consistentie in niveaus tussen verschillende categorieën voorwaarden**

Uit de categorisering van bouwbedrijven in het instrument blijkt dat de veronderstelde consistentie tussen de verschillende niveaus niet altijd aanwezig is. Het blijkt dat de aandacht voor bouwbedrijven voornamelijk ligt bij het gebruik van de beschikbare informatietechnologie (aan die criteria wordt relatief snel voldaan) en niet op het expliciet vastleggen van een werkwijze. Vaak wordt wel benadrukt dat het vastleggen van het proces (zowel intern, als de informatie-uitwisseling met ketenpartners) van belang is, maar is deze niet expliciet vastgelegd. Vaak zijn deze processen (de werkwijze) wel impliciet bij de werknemers bekend op basis van werkervaring.

Deze inconsistentie kan mogelijk worden verklaard doordat alle voorwaarden niet met dezelfde onderdelen uit het proces te maken hebben. Er wordt bijvoorbeeld op niveau 3 uitgegaan van procesautomatisering en samenwerking. Voor beide verschilt de werkwijze en ondersteuning van IT. Overall ligt de nadruk meer op automatiseren dan op samenwerken. Desondanks wordt ook benadrukt dat samenwerken belangrijk is bij virtueel bouwen. Hieruit blijkt dat de veronderstelling vanuit de theorie met betrekking tot huidige knelpunten in het proces (autonome schakels, inefficiënte manier van hoeveelheden bepalen) juist is. Hierdoor dienen beide (samenwerken en automatiseren) in het instrument opgenomen te zijn.

Het probleem kan worden ondervangen door in het instrument een onderscheid te maken tussen automatiseren van een activiteit en samenwerken. Doordat bouwbedrijven in de huidige situatie in eerste instantie “met 3D willen gaan werken” en vervolgens aandacht hebben voor de werkwijze en samenwerking kunnen deze niveaus worden opgesplitst. Daarbij wordt niveau 3 in het instrument aangepast naar automatiseren van het proces en wordt niveau 4 specifiek benoemd voor samenwerken tussen verschillende partijen.

#### **Ad 2. Relevantie van de gestelde criteria per niveau**

Bij de inhoudelijke beoordeling van de criteria door de experts en bouwbedrijven blijkt dat er bij een aantal criteria onduidelijkheid bestaat. De specifieke evaluatie van de criteria is opgenomen in Bijlage IV.

##### *Niveau 1 - Uitgangssituatie*

Er is bij meerdere respondenten (zowel experts als bouwbedrijven) onduidelijkheid waarom er voor dit niveau geen criteria zijn gedefinieerd. Daarbij wordt afgevraagd in hoeverre het van meerwaarde is om een standaard niveau te definiëren als toch iedereen aan dit niveau voldoet. Bij andere instrumenten zoals het SCEMM van Noordhuis (2009) wordt een dergelijke uitgangssituatie ook niet gedefinieerd. De startsituatie in het model van Succar (2009) is vanuit de empirische toets meer vergelijkbaar met het tweede niveau zoals dat is gedefinieerd. Het definiëren van een eerste niveau als uitgangssituatie is dus niet relevant.

*Niveau 2 – Intern optimaliseren*

Op dit niveau wordt door meerdere bouwbedrijven uitgegaan van een ondersteuning middels een 3D toepassing. Daarentegen wordt het werken in een 3D omgeving in plaats van een 2D omgeving door de experts als een grote stap gezien. Hierin is sprake van een tegenstrijdigheid. Doordat gebleken is dat het eerste niveau als uitgangssituatie niet relevant is, lijkt het niet gewenst in het eerste niveau uit te gaan van 3D functionaliteiten. Het is meer gewenst duidelijk te benadrukken wat er met dit niveau wordt bedoeld. Hierin gaat het namelijk om het intern verbeteren van de processen zonder dat daarvoor veel investeringen nodig zijn. Feitelijk gesproken wordt de traditionele manier van werken op dit niveau dus zoveel mogelijk geoptimaliseerd doordat er standaardisatie in het proces plaats vindt.

*Niveau 3 – Samenwerken en automatiseren*

Uit de resultaten van de empirische toets blijkt dat de bouwbedrijven de nadruk leggen op automatiseren van het proces, dwz gebruik van een 3D pakket voor het verkrijgen van hoeveelheden. De samenwerking komt daarbij onder druk te staan, zie ook de reflectie op de consistentie van de niveaus. Daarbij kan afgevraagd worden in hoeverre het gewenst is om automatisering en samenwerking in één niveau te betrekken. Door het creëren van onderscheid tussen automatiseren en samenwerken, wordt het mogelijk om bewust kiezen voor een interne strategie en als organisatie de omgeving van de organisatie af te schermen. Hierbij komt de strategie van de onderneming ook aan de orde. Daarbij gaat het erom in hoeverre de organisatie bereid is “zich in haar eigen keuken te laten kijken”, zoals dat benoemd is in één van de interviews bij de bouwbedrijven. Gezien de geconstateerde inconsistentie in het samenwerken en de mate van de functionaliteit van informatietechnologie wordt het gewenst om onderscheid te maken tussen samenwerken en automatiseren. Daarbij dient eerst gedacht te worden aan een interne procesoptimalisatie (dus automatiseren) en vervolgens aan een meer externe focus (samenwerken). Hiermee wordt de gedachte lijn uit de modellen van Noordhuis (2009) en Succar (2009) gevolgd. Daarin staat eerst intern verbeteren centraal, vervolgens is wordt de focus op ketenintegratie en -optimalisatie gelegd.

*Niveau 4 – Systeemintegratie*

In dit niveau staat het verbeteren van de samenwerking centraal. Uit de empirische toets bij de bouwbedrijven blijkt dat de criteria die zijn gesteld al gedeeltelijk zijn ingevuld door de criteria gesteld aan samenwerking op niveau 3. Doordat daar is gebleken dat het gewenst is om de samenwerking en automatisering te splitsen is het mogelijk om de samenwerking te verplaatsen naar niveau 4 en deze te combineren met de systeemintegratie. Verder is opvallend dat de bouwbedrijven vooral afspraken met samenwerkende partijen maken over het te gebruiken systeem waardoor informatie-uitwisseling mogelijk is. Daarbij worden vervolgens impliciet afspraken gemaakt over bijvoorbeeld tekenmethode en -volgorde. In dit niveau is het gewenst alle facetten van samenwerken te integreren, dat betreft zowel de specifieke uitwisseling van informatie als afspraken betreffende de te volgen werkwijze.

*Niveau 5 – Optimalisatie*

Het belang van een optimalisatie niveau wordt zowel door de experts als de bouwbedrijven onderkend. Voornamelijk de experts benoemen hierbij dat toekomstige ontwikkelingen hierin geïntegreerd kunnen worden. Er is op dit moment nog geen optimum te definiëren voor virtueel bouwen. Bij de bouwbedrijven blijft optimalisatie nog wat achter, met name doordat optimalisaties moeilijk tastbaar te maken zijn. Daarbij is er onderscheid tussen het geen wat er met de optimalisatie wordt bedoeld. In het instrument gaat het om het optimaliseren van het proces hoeveelheden verkrijgen, waar bouwbedrijven ook uit kunnen gaan van primaire procesoptimalisatie. Die primaire proces optimalisatie is het eigenlijk doel van het gebruik van virtueel bouwen. Desondanks blijkt duidelijk dat het gewenst is een dergelijk niveau te hebben dat een ultiem doel voor een functie van virtueel bouwen kan beschrijven.

**Ad 3. Relatie tussen procesoptimalisatie door gebruik van virtueel bouwen voor het verkrijgen van hoeveelheden**

In het ontwikkelen van het instrument is uitgegaan van een relatie tussen het optimaliseren van processen (de effecten van virtueel bouwen) en het gebruik van virtueel bouwen. De beoogde effecten zijn in het instrument



uitgedrukt in termen van verkorten van de benodigde tijd en vermindering van fouten. In de interviews met zowel experts als de bouwbedrijven zijn de te verwachten effecten bevestigd. Het blijkt echter lastig, zo ook voor de bouwbedrijven, om deze effecten te kwantificeren en /of te meten. De bouwbedrijven gaan er in de overstap vanuit dat er voordelen zijn van het gebruik van virtueel bouwen. Voor bijvoorbeeld het verkrijgen van hoeveelheden worden mogelijke besparingen benoemd die tot meer dan 50% van de benodigde tijd kunnen lijden. Tevens worden door het automatiseren van het proces veel fouten voorkomen bij het uitrekenen van hoeveelheden.

Uit de bevindingen van de empirische toetsing van het instrument blijkt er dus een verband te bestaan tussen het gebruik van virtueel bouwen en het verkrijgen van hoeveelheden. De omvang van de effecten, zijn zelfs door de dagelijkse gebruikers, niet te kwantificeren. Dit maakt de onderbouwing van het gebruik van virtueel bouwen als middel voor procesoptimalisatie door adviseurs moeilijker te beargumenteren

## 6.2.2 Praktische toepasbaarheid

De praktische toepasbaarheid van het instrument wordt beoordeeld op:

1. tijd benodigd voor gebruik van het instrument
2. kwaliteit van de resultaten, die volgen uit toepassing van het instrument
3. verdere ontwikkeling voor andere functies virtueel bouwen

### Ad 1. Tijd benodigd voor gebruik van het instrument

De benodigde tijd voor het categoriseren van een bouwbedrijf bestaat uit:

- een voorbereiding (één dagdeel, is 4 uur)
- interviews (2 tot 3), van ca 1 uur per interview (één dagdeel)
- verwerking en analyse resultaten (twee dagdelen)
- terugkoppeling resultaten naar bouwbedrijf (één dagdeel)

Het categoriseren van een bouwbedrijf is mogelijk in 5 dagdelen. Daarmee is het instrument praktisch toepasbaar binnen de gestelde grenzen van tijd (en geld). Daarbij dient de kanttekening te worden gemaakt dat het instrument nu slechts één virtueel bouwen functie (hoeveelheden) bevat. Voor een verdere praktische inzet van het instrument is het gewenst om meerdere functies te integreren. De benodigde tijd voor het voorbereiden, uitvoeren en analyseren van een audit neemt daardoor naar verwachting meer tijd in beslag. Er zijn mogelijkheden om de benodigde tijd voor het uitvoeren van een audit in te korten, door bijvoorbeeld van meerkeuze vragen gebruik te maken die door een bouwbedrijf zelf ingevuld kunnen worden (een zogenaamde "zelftest"). Mogelijk staat die de kwaliteit van de resultaten uit de audit in de weg.

### Ad 2. Kwaliteit van de resultaten

Uit de interviews met experts blijkt dat zij vinden dat de kwaliteit van de resultaten afhankelijk zijn van de kwaliteit van de criteria en de kennis en kunde van de auditor. Enerzijds dient het instrument inhoudelijk van voldoende kwaliteit te zijn en anderzijds dient de auditor voldoende kennis te hebben om te kunnen beoordelen in hoeverre een organisatie al dan niet aan een gesteld criterium voldoet. De kunde van de auditor bestaat daarin uit de capaciteit van de auditor om door te vragen indien antwoorden tijdens een audit niet afdoende zijn om te beoordelen of de organisatie al dan niet voldoet.

Als oplossing voor dit probleem is door de experts aangedragen om concrete voorbeelden per criterium uit te werken waardoor de eenduidigheid van een criterium wordt vergroot en deze minder abstract worden.

### Ad 3. Verdere ontwikkeling naar andere functies en business case

Uit de interviews blijkt dat het instrument geschikt is voor het uitbreiden van het instrument naar andere functies. Het conceptueel schema zoals dat is opgesteld is daarbij geschikt als basis voor de andere functies. Door dit schema te gebruiken wordt er ook eenduidigheid gecreëerd in de opbouw van het instrumentarium. De criteria zijn daarbij voor het merendeel toepasbaar voor andere functies van virtueel bouwen, mits de gebruikte terminologie voor de andere functies is aangepast.

Het kwantificeren van de investeringen en effecten is een stap die lastiger is. Uit de toets bij bouwbedrijven blijkt dat de bouwbedrijven zelf er tot nu toe nog niet in zijn geslaagd om de investeringen en opbrengsten te kwantificeren. De effecten zoals die in het instrument zijn benoemd zijn in de empirische toets bevestigd. In een specifiek onderzoek kan de omvang van een effect verder worden uitgedrukt. Het ontwikkelen van een business case tot een financiële afweging lijkt bijna onmogelijk.

### 6.3 Definitief instrument ontwerp

In deze paragraaf ontwerpen wij een definitief instrument. Dit ontwerp komt tot stand op basis van de evaluatie, zoals die in het voorgaande deel van dit hoofdstuk is beschreven. Uit deze evaluatie blijkt dat de veronderstelde relatie tussen samenwerken en procesautomatisering in de praktijk veel minder sterk aanwezig is dan verwacht op basis van de onderzoeksoptiek. Dit evaluatiepunt leidt tot een aangepaste indeling van het instrument, de overige evaluatiepunten hebben betrekking op de specifieke criteria en worden benoemd in bijlage V.

#### **Aanpassing in instrument: onderscheid tussen samenwerken en automatiseren**

De relatie tussen automatiseren en samenwerken is in de onderzoeksoptiek als gelijkwaardig aangenomen. Verondersteld is dat de mate van samenwerken en automatiseren voor ieder niveau gelijkmatig toe neemt. Uit de audits bij bouwbedrijven blijkt dat dit verband in de praktijk veel minder aanwezig is. Veel bouwbedrijven leggen prioriteit op procesautomatisering, om vervolgens in een later stadium aandacht te besteden aan samenwerking. De bouwbedrijven zijn hierdoor veel verder met automatiseren van processen dan met samenwerken. Als gevolg hiervan is het niet meer mogelijk om bouwbedrijven eenduidig op een bepaald niveau te categoriseren. Het blijkt namelijk dat voor aspecten met betrekking tot samenwerking lagere niveaus aan de orde zijn dan aspecten met betrekking tot procesautomatisering.

Het ontbreken van de gelijkwaardige relatie tussen automatiseren en samenwerken zorgt er voor dat het niet altijd mogelijk om een bouwbedrijf eenduidig op een niveau te categoriseren. Om dat wel te kunnen doen, is het noodzakelijk het instrument aan te passen en een expliciet onderscheid te maken tussen samenwerken en automatiseren. Op basis van deze bevinding is het noodzakelijk om in het definitieve instrument een onderscheid te maken tussen procesautomatisering en samenwerking.

Om onderscheid te maken tussen procesautomatisering en samenwerking is het belangrijk de essentie van virtueel bouwen in het instrument te blijven vatten. In de onderzoeksoptiek is gesteld dat virtueel bouwen een middel is voor procesoptimalisaties. In het theoretisch kader is aangesloten bij de inzichten van John (2008) en Succar (2009) over virtueel bouwen, waaruit volgt dat virtueel bouwen in essentie gaat om het samenbrengen van informatie die gerelateerd is aan een specifiek bouwwerk (zie paragraaf 3.1). Deze informatie kan vervolgens worden gebruikt voor het uitvoeren van tal van activiteiten. In de onderzoeksoptiek is vervolgens in navolging van Succar (2009) en Noordhuis (2009) gesteld dat virtueel bouwen mogelijk wordt door gebruik van informatietechnologie en het samenbrengen van informatie door samenwerking (zie paragraaf 3.3).

Het vergelijken van dit uitgangspunt vanuit de theorie met de geconstateerde praktijksituatie geeft een discrepantie over de relatie tussen samenwerking en procesautomatisering. Uit de praktijktoets blijkt dat een onderscheid tussen beide mogelijk is, maar dat ze beide ook een essentieel onderdeel zijn van virtueel bouwen. De bouwbedrijven maken immers gebruik van de benodigde technieken, zoals IT, maar hebben ook samenwerkingsverbanden met ketenrelaties. Door zowel samenwerking als procesautomatisering een eigen karakter te geven in het definitieve instrument, blijven beide betrokken, maar wordt wel de discrepantie tussen theorie en praktijk overbrugd.

#### **Definitief instrument**

In het definitieve instrument dient een onderscheid te zijn tussen procesautomatisering en samenwerking. Dit onderscheid is mogelijk door voor beide specifieke niveaus te benoemen, dan wel door aan procesautomatisering en samenwerking ieder een eigen dimensie toe te kennen. Gewenst is dat er geen indruk ontstaat dat samenwerken beter is dan automatiseren en vice versa. Hierdoor is het niet wenselijk om samenwerken en automatiseren als specifiek niveau in het instrument in te delen. De filosofie dat er op een

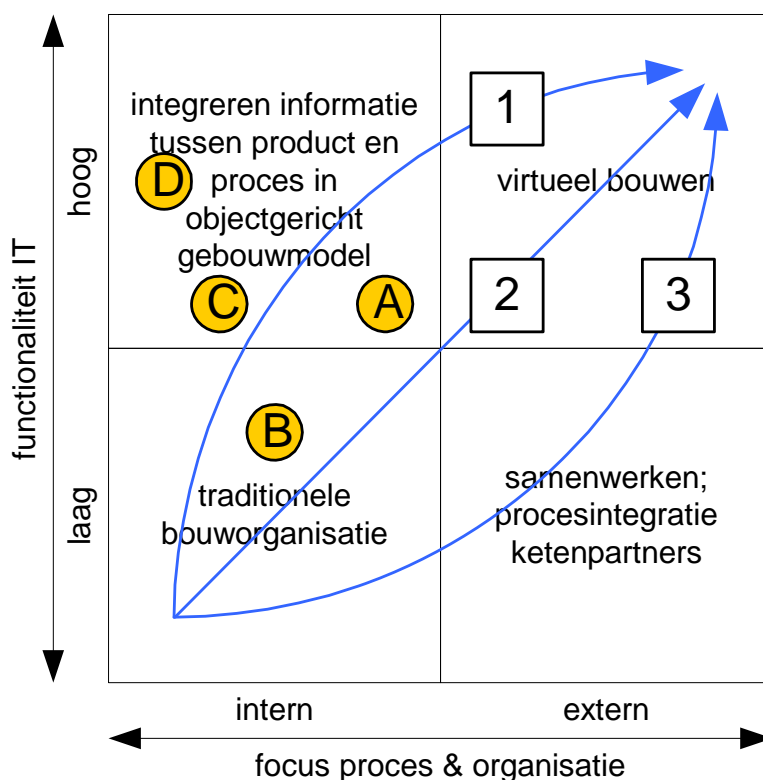
hoger niveau sprake is van een grote procesoptimalisatie gaat daarmee eveneens verloren. Als gevolg hiervan is zowel samenwerken als automatiseren als een specifieke dimensie in het instrument opgenomen. Voor elk is benoemd dat er in meer of mindere mate van automatiseren en samenwerken sprake kan zijn, waardoor een matrix ontstaat met vier aandachtsvelden.

In het definitieve instrument zijn vier aandachtsvelden benoemd waarin de niveaus twee t/m vijf uit het eerste instrumentontwerp een plek krijgen. In tegenstelling tot het eerste instrumentontwerp kent het definitieve instrument geen niveau als uitgangssituatie, aangezien uit de evaluatie blijkt dat dit niveau een oorzaak is voor verwarring.

In de ontwikkeling van virtueel bouwen heeft een bouworganisatie keuze tussen een focus op het gebruik van informatietechnologie, of een focus op samenwerking met ketenpartners (zie Figuur 21). In het vervolg spreken wij daarom van aandachtsgebieden met betrekking tot virtueel bouwen, betreffende de vier velden uit de matrix. Het definitieve instrument bestaat uit vier velden, te weten:

- traditionele bouworganisatie
- automatiseren
- samenwerken
- virtueel bouwen

Op basis van de feedback op de criteria tijdens de empirische toets zijn per niveau de criteria benoemd. De categorieën met voorwaarden, informatietechnologie en organisatie & processen, zijn daarbij ongewijzigd. In bijlage V zijn de criteria per niveau opgenomen.



FIGUUR 21 MATRIX AANDACHTGSGEBIEDEN VIRTUEEL BOUWEN

In het definitieve instrument maken wij onderscheid in drie mogelijke trajecten om de ontwikkeling van virtueel bouwen aan te duiden:

1. een organisatie die in haar procesoptimalisatie in eerste instantie de nadruk legt op de functionaliteit van informatietechnologie die in de organisatie aanwezig is. De betrokken bouwbedrijven zijn ingeschaald in de matrix. (nrs. A t/m D in Figuur 21). De voornaamste nadruk ligt bij de bouwbedrijven op het automatiseren van processen, zij vallen daarmee in deze categorie.

2. het traject zoals dat wordt verondersteld in het ontwikkelde instrument, waarbij de aandacht voor automatiseren en samenwerken in evenwicht zijn
3. een organisatie die in eerste instantie vooral nadruk legt op samenwerking en vervolgens automatisering.

Deze verschillende ontwikkeltrajecten laten zien dat er geen eenduidig verloop is voor ontwikkeling van virtueel bouwen in een bouworganisatie. Uitgangspunt daarbij is dat een bouworganisatie een bewuste keuzes dient te maken in relatie tot automatiseren en samenwerken. Naar verwachting is de te volgen strategie daarbij afhankelijk van functies die de organisatie wil ondersteunen met virtueel bouwen.

In het onderstaande kader is een voorbeeld dat het onderscheid tussen samenwerken en automatiseren in relatie tot het verkrijgen van hoeveelheden kenbaar maakt. Dit voorbeeld geeft aan dat het gebruik van virtueel bouwen niet alleen betrekking heeft op het gebruik van de juiste informatietechnologie.

#### **Virtueel bouwen voor het verkrijgen van hoeveelheden: automatiseren vs. samenwerken**

Het gebruik van virtueel bouwen bestaat zowel uit het automatiseren van als samenwerken in het bouwproces. Voor het verkrijgen van hoeveelheden hebben wij twee inefficiënte gebieden geconstateerd. Ten eerste worden hoeveelheden veelal handmatig bepaald en ten tweede worden hoeveelheden niet tussen samenwerkende partijen gedeeld waardoor deze meerdere keren worden bepaald. Voor het optimaliseren van het proces is er een keuze om eerst het bepalen van hoeveelheden te optimaliseren en vervolgens hoeveelheden te delen, of om eerst hoeveelheden te delen en vervolgens het proces te automatiseren. Beide zijn getypeerd als respectievelijk traject 1 en 3 uit de matrix met aandachtsgebieden (zie Figuur 21). Voor beide geven wij een kort voorbeeld ter verduidelijking.

##### *Automatiseren (het geautomatiseerd bepalen van hoeveelheden)*

Een bouwbedrijf maakt gebruik van een geavanceerde toepassing die een hoeveelhedenstaat kan genereren. Hierdoor worden de hoeveelheden niet langer handmatig bepaald. Het bouwbedrijf dient te investeren in de aanschaf van software en de opleiding van mensen om de software te kunnen gebruiken.

##### *Samenwerken (het delen van de hoeveelhedenstaten tussen partijen in de bouwkolom)*

Er wordt (al dan niet handmatig) een hoeveelhedenstaat samengesteld die tussen alle partijen in de bouwkolom wordt gedeeld. Hiervoor is geen geavanceerde software nodig, het kan zelfs met behulp van papier of eenvoudige spreadsheet toepassingen.

## 7 Conclusie en discussie

Dit hoofdstuk is de afsluiting van het onderzoek. Hierin is de conclusie (7.1) toegelicht en volgt een discussie over de resultaten (7.2).

### 7.1 Conclusie

In deze conclusie wordt beoordeeld in hoeverre de doelstelling van het onderzoek is bereikt. Per fase van het onderzoek (theorie, instrument ontwikkeling, toets en evaluatie) wordt in deze paragraaf de conclusie onderbouwd.

#### Theorie

Het onderzoek is gestart met samenvoegen van bestaande theorieën en inzichten over informatiemanagement in het bouwproces, virtueel bouwen en het verkrijgen van hoeveelheden. Hieruit volgt dat virtueel bouwen mogelijkheden biedt voor het optimaliseren van het bouwproces. Voor het verkrijgen van hoeveelheden blijkt dat veel schakels autonoom functioneren waardoor het zelfde werk meerdere keren wordt uitgevoerd. Ten tweede blijkt dat veel processen vaak inefficiënt zijn en geautomatiseerd kunnen worden.

In de aanleiding van het onderzoek is er een relatie verondersteld tussen het gebruik van virtueel bouwen en het optimaliseren van het proces. Vanuit de beschouwde literatuur is geconcludeerd dat deze relatie ook aanwezig is. De onderzoeksoptiek vertegenwoordigt deze relatie door onderscheid te maken tussen een bepaalde mate van virtueel bouwen en de daarbij horende organisatorische voorwaarden.

#### Ontwikkeling instrument

De onderzoeksoptiek is geoperationaliseerd tot een praktisch toepasbaar instrument om bouwbedrijven te categoriseren. De categorisering van een bouwbedrijf bestaat uit een indeling van het bouwbedrijf in het instrument. Hieruit ontstaat inzicht in welke mate een bouwbedrijf gebruik maakt van virtueel bouwen voor het verkrijgen van hoeveelheden.

In de uitwerking van het instrument wordt verondersteld dat er een consistentie is tussen de verschillende voorwaarden die zijn gesteld met betrekking tot organisatie & proces en informatietechnologie. Dat wil zeggen dat beide in een zelfde mate van belang zijn. De criteria die per niveau in het instrument zijn uitgewerkt, zijn opgesteld op basis van bestaande instrumentaria.

#### Toets en evaluatie

Om te beoordelen of het instrument geschikt is zijn criteria opgesteld. Op basis van de resultaten uit de empirische toets met experts en bij bouwbedrijven is beoordeeld in hoeverre het instrument aan de gestelde criteria voldoet. Daarmee kan ook worden beoordeeld in hoeverre de doelstelling van het onderzoek is bereikt.

Uit de toets blijkt dat de consistentie tussen de categorieën voorwaarden niet aanwezig is zoals gesteld. De bouwbedrijven leggen meer nadruk op de te gebruiken informatie technologie dan het samenwerken in het proces. Inhoudelijk zijn de gestelde criteria van toepassing in praktijksituaties. In de praktische toepasbaarheid blijkt het instrument geschikt voor categorisering van bouwbedrijven. Daarnaast is het mogelijk, om op basis van de onderzoeksoptiek, het instrument uit te breiden naar andere functies van virtueel bouwen.

Op basis van de evaluatie is het definitieve instrument ontworpen. Ook is er op grond hiervan een expliciet onderscheid gemaakt tussen automatiseren en samenwerken. In het eerste instrument ontwerp is er vanuit gegaan dat beide gelijktijdig aan de orde zijn. Uit de praktische toepassing van virtueel bouwen bij bouwbedrijven blijkt dat hiertussen een duidelijk onderscheid bestaat, waardoor dit onderscheid ook in het instrument is gemaakt. Deze aanpassing heeft ertoe geleid dat in de niveaus een expliciet onderscheid is gemaakt tussen automatiseren en samenwerken. Daarnaast is gebleken dat de gedefinieerde uitgangssituatie niet van meerwaarde is voor de inhoud van het instrument waardoor deze is verwijderd. Het definitieve instrument bestaat vier niveaus (traditionele bouworganisatie, automatiseren, samenwerken, virtueel bouwen / optimaliseren). Een bouwbedrijf kan, wanneer zij van virtueel bouwen gebruik wil maken, in haar ambitie 'kiezen' voor een eerste stap middels automatiseren of samenwerken.

Uit de reflectie van de resultaten blijkt eveneens dat de kwaliteit van de resultaten sterk afhankelijk kan zijn van de kennis en kunde van de auditor. Door het verder uitwerken van de criteria naar praktische voorbeelden wordt de eenduidigheid van de criteria vergroot en dit probleem ondervangen.

Tenslotte blijkt dat het instrument geschikt is voor het categoriseren van bouwbedrijven binnen redelijke grenzen van tijd en geld. Voor toepassing van het instrument is het voor Balance & Result echter noodzakelijk om ook andere functies van virtueel bouwen in het instrument te integreren waardoor het van meerwaarde voor een bouwbedrijf is geworden om haar huidige positie ten opzichte van virtueel bouwen te laten bepalen.

### Conclusie

Het onderzoek is gestart met een probleemstelling waarin er wordt gesteld dat er bij bouwbedrijven onvoldoende kennis is over het gebruik van virtueel bouwen om processen te optimaliseren. Daarbij ligt de focus van het onderzoek op de activiteit verkrijgen van hoeveelheden. De daaruit geformuleerde doelstelling luidt:

Het doel van het onderzoek is het ontwikkelen van een methodiek voor virtueel bouwen, dat inzichtelijk maakt welke aspecten van belang zijn voor het verkrijgen van hoeveelheden middels virtueel bouwen.

Het onderzoek heeft geresulteerd in een instrument dat het mogelijk maakt om bouwbedrijven te categoriseren in de status met betrekking tot virtueel bouwen. Deze categorisering is mogelijk doordat er voor verschillende ambities met betrekking tot virtueel bouwen, afhankelijk van automatiseren en samenwerken, criteria zijn opgesteld. Deze criteria geven invulling aan de aspecten die van belang zijn voor het verkrijgen van hoeveelheden middels virtueel bouwen. Hierdoor is het onderzoek erin geslaagd een methodiek te ontwikkelen die inzichtelijk maakt welke aspecten van belang zijn bij gebruik van virtueel bouwen voor het verkrijgen van hoeveelheden. Naast deze conclusie zijn tijdens het onderzoek de volgende bevindingen gedaan:

- er is een sterke relatie tussen het gebruik van virtueel bouwen en de procesoptimalisatie voor het verkrijgen van hoeveelheden aanwezig;
- virtueel bouwen bestaat uit twee belangrijke onderdelen, namelijk automatiseren en samenwerken. Bouwbedrijven gaan veelal uit van automatiseren als er wordt gesproken over virtueel bouwen. Er lijkt slechts in beperkte mate bewustwording te zijn dat ook simpele oplossingen voor samenwerking onderdeel zijn van virtueel bouwen. Bouwbedrijven lijken veel te snel onredelijke doelen te willen bereiken;
- het ontwikkelde instrument is geschikt voor het categoriseren van bouwbedrijven binnen redelijke grenzen van tijd en geld;
- voordat het uitvoeren van een audit voor bouwbedrijven van meerwaarde is, is het noodzakelijk om ook andere functies in het instrument te integreren.

## 7.2 Discussie

In de discussie wordt aandacht besteed aan de relevantie van het onderzoek, de kwaliteit van de resultaten en de mogelijkheden voor vervolgonderzoek.

### Relevantie

Dit onderzoek heeft beoogd een bijdrage te leveren aan het structureren van de complexiteit van virtueel bouwen. In de bouwsector blijkt veel onduidelijkheid te zijn over het hoe en wat van virtueel bouwen, zoals al in de aanleiding is gesteld. In de empirische toets is bevestigd dat deze onduidelijkheid alom aanwezig is en dat duidelijk zeker gewenst is. Elke geïnterviewde heeft aangegeven dat een dergelijk instrument, zoals in dit onderzoek is ontwikkeld, van meerwaarde is om de ontwikkeling van virtueel bouwen binnen een organisatie te structureren. Daarbij blijft altijd arbitrair in welk niveau een organisatie wordt ingedeeld. Een belangrijk issue omtrent virtueel bouwen is het onderscheid tussen het gebruik van informatietechnologie, waarop bij de bouwbedrijven de grootste focus ligt, en de samenwerking tussen partijen. Waarschijnlijk is er met weinig inspanning al veel winst te behalen door goed samen te werken. Voor deze samenwerking is het niet noodzakelijk de meest geavanceerde toepassing te gebruiken.

Dit onderzoek heeft eens te meer laten zien hoe belangrijk de begripsvorming rondom virtueel bouwen is. Dit onderzoek heeft daar een bijdrage aan geleverd door het onderscheid tussen samenwerken en informatietechnologie expliciet te maken. Hiervan bewust worden is voor veel bouwbedrijven van belang om tot succesvolle procesoptimalisatie over te gaan.

B&R wil voor bouwbedrijven een business case opstellen voor het gebruik van virtueel bouwen. Dit onderzoek heeft een klein inzicht gegeven in de te verwachten effecten in relatie tot de mate van virtueel bouwen. Om tot een werkelijke business case te komen zal erg moeilijk zijn, doordat de effecten van procesoptimalisaties (bijna) niet te benoemen zijn in bedrijfseconomische termen.

### Onderzoekskwaliteit

In hoofdstuk 2 is de kwaliteit van het onderzoek afhankelijk gesteld van de betrouwbaarheid en validiteit van de resultaten. Beide worden in relatie tot dit onderzoek kort beschouwd.

De betrouwbaarheid van het resultaat is afhankelijk van de mate waarin het verkregen resultaat van het onderzoek wordt verstoord door veronderstelling en vooroordelen. De betrouwbaarheid van het onderzoek is gewaarborgd door testen op representativiteit en testen van de onderzoekseffecten op de organisatie (zie ook 2.6). Aan beide testen is in dit onderzoek voldaan, waardoor het resultaat van het onderzoek betrouwbaar is.

De validiteit van het onderzoek is afhankelijk van de mate waarin het onderzoek heeft beoordeeld wat aanvankelijk bedoeld was om te beoordelen. Om de validiteit te waarborgen is triangulatie (raadplegen van meerdere bronnen) toegepast. Ten tweede zijn de resultaten uit de interviews teruggekoppeld naar de respondenten. Deze feedback heeft tot kleine aanvullingen geleid in de resultaten. Hierdoor is de juistheid van de bevindingen gewaarborgd. Desondanks is het niet altijd mogelijk om met het instrument de functie hoeveelheden te meten. Dit maakt het resultaat minder valide en heeft geleid tot de verbetering van het instrument, waarbij de criteria worden gezien als de “te verwachten” voorwaarden.

### Vervolgonderzoek

Dit onderzoek heeft getracht structuur te brengen in de toepassing van virtueel bouwen bij bouwbedrijven. Voor B&R is dit onderzoek een startpunt voor verdere ontwikkeling van een methodiek om bouwbedrijven op weg te helpen met virtueel bouwen. Vanuit de resultaten komen wij tot de volgende aanbevelingen:

- Dit onderzoek heeft inzicht gegeven in de belangrijkste aspecten voor virtueel bouwen (in relatie tot het verkrijgen van hoeveelheden), het is voor praktische toepassing van virtueel bouwen bij bouwbedrijven gewenst concrete voorbeelden van toepassingen van virtueel bouwen uit te werken. Een voorbeeld kan bestaan uit een proces dat beschrijft hoe hoeveelheden worden verkregen met samenwerking of automatiseren;
- Naast de uitwerking van concrete voorbeelden is uitwerking van het instrument naar meerdere functies van virtueel bouwen gewenst. Naar verwachting heeft niet ieder bouwbedrijf de behoefte om dezelfde activiteiten met virtueel bouwen te ondersteunen. In een ideale situatie is het mogelijk om per functie van virtueel bouwen verschillende mogelijkheden uit te werken, met de daarbij behorende voorwaarden;
- In het samenstellen van het definitieve instrument is naar voren gekomen dat er een expliciet onderscheid bestaat tussen samenwerken en automatiseren. In de categorisering van bouwbedrijven is het gewenst min of meer vast te stellen waar de ambitie van een bouwbedrijf ligt. Hierdoor kan aan het gebruik van virtueel bouwen binnen een bouwbedrijf een invulling worden gegeven die direct aansluit bij de bestaande situatie.

## Referenties

Adriaanse (2005). *The use of interorganisational ICT in construction projects. A critical perspective*. Proefschrift, Universiteit Twente.

Ahuja, V., Yang, J. & Shankar, R. (2009). Study of ICT adoption for building project management in the Indian construction industry. [Electronic version]. *Automation in construction*, 18, p. 415-423.

Aken, J.E. van, Berens, H. & Bij, H. van der (2007). *Problem Solving in Organizations. A methodological Handbook for Business Students*. Cambridge University Press.

Bergsma, M. (2003). *Betrouwbaarheid en Validiteit van Kwalitatief georiënteerde Operational Audits*. Erasmus Universiteit Rotterdam.

Basoglu, N., Daim, T. & Kerimoglu, O. (2007). Organizational adoption of enterprise resource planning systems: a conceptual framework. [Electronic version]. *Journal of High Technology management research*, 8, p.73-97.

Bips (2006). *3D Working method*. Verkregen 18 juni 2009. Website: <http://www.bips.dk/Bips/ddf/Engelsk.htm>.

Brem, A. & Voigt, K. (2009). Integration of market pull and technology push in the corporate from end and innovation management – Insights from the German software industry. *Technovation*, 29, p. 351-367.

Daft, R.L. (1996). *The New Era of Management*. International Editoin. South-Western.

Gailbraith, J.R. (1977). *Organization Design*, Addison-Wesley: Reading.

Halman, J. M. (2004). *Platform gedreven innoveren in de bouw*. Enschede, Universiteit Twente.

Howard, R. & Björk, B. (2008). Building information modelling – Experts' views on stadardisation and industry deployment. *Advanced Engineering Informatics*, 22, p. 271-280.

Huang, T., Kong, C.W., Guo, H.L., Baldwin, A. & Li, H. et al. (2007). A virtual prototyping system for simulatin construction processes. [Electronic version]. *Automation in construction*, 16, p.576-585.

ING Economisch Bureau (2007). Bezoekt op 20 oktober 2009. Website: [http://www.ing.nl/Images/Handout%20Bouwpublicatie\\_tcm7-17204.pdf](http://www.ing.nl/Images/Handout%20Bouwpublicatie_tcm7-17204.pdf)

John (2008). *atomicBIM: Splitting Data to Unleash BIM's Power*. Bezoekt op 23 september 2009. Website: <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/atomicBIM.html>

Jongeling, R. & Olofsson, T. (2007). A method for planning of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD. *Automation in Construction*, 16, p . 189-198.

Jongkind en de Jong (1993). Wordt nog ingevuld.

Kunigahalli, R. & Russel, J.S. (1995). Framework for developing CAD/CAC systems. [Electronic version]. *Automation in construction*, 3, p.327-340.

Leedy, P.D. & Ormrod, J.E. (2005). *Practical Research. Planning and design*. Pearson Education International. New Jersey.

Li, H., Huang, T., Kong, C.W., Guo, H.L., Baldwin, A., Chan, N. & Wong, J. (2008). Integrating design and construction through virtual prototyping. *Automation in Construction*, 17, p. 915-922.

National Institute for Building Sciences [NIBS] (2007). *BIM Capability Maturity Model*. Verkregen 20 mei 2009. Website: [http://www.facilityinformationcouncil.org/bim/pdfs/BIM\\_CMM\\_v1.8.xls](http://www.facilityinformationcouncil.org/bim/pdfs/BIM_CMM_v1.8.xls)



Noordhuis (2009). Supply Chain Excellence Maturity Model. Fundamenten. Deloitte, Amsterdam Business School, TUDelft.

Papinniemi, J. (1999). Creating a model of process innovation for reengineering of business and manufacturing. *International Journal Production Economics*, 60-61, p. 95-101.

Pfleeger, S. L. (1995). Maturity, Models, and Goals: How to Build a Metrics Plan. *J. Systems Software*, 31, p. 143-155.

Porter, M. E. & Miller, V. E. (1985) How information gives competitive advantages. *Harvard Business Review*, 63, p. 110-128.

RRBOUW (2009a). Documentbeheer. Verkregen 26 oktober 2009. Website: <http://welkesoftware.nu/index.php?title=Documentbeheer>

RRBouw (2009b). Softwaretoepassingen. Verkregen 26 oktober 2009. Website: <http://welkesoftware.nu/index.php?title=Categorie:Softwaretoepassingen>

RRBouw (2009c). Functionaliteit. Verkregen 26 oktober 2009. Website: <http://welkesoftware.nu/index.php?title=Functionaliteit>

RRBouw (2009d). Bouw Informatie Model. Verkregen 27 oktober 2009. Website: <http://welkesoftware.nu/index.php?title=BIM>

RRBouw (2009e). Tabellencalculatie. Verkregen 26 oktober 2009. Website: <http://welkesoftware.nu/index.php?title=Tabellencalculatie>

Rutten, M.E.J., Dorée, A.G. & Halman, J.I.M. (2007). *Systeemintegratoren in de bouwsector*. PSibouw.

Schaap. H.A., Bouwman, J.W. & Willems, P.H. (2008). *Het COINS referentiekader voor het ramen van hoeveelheden. De systematiek rond gebruik van bouwinformatie*. Projectgroep COINS.

Schilling, M.A. (2008). *Strategic management of Technological Innovation*. International Edition. McGraw-Hill.

Shahriza, N., Karmin, A. & Hussein, R. (2008). Managers' perception of information management and the role of information and knowledge managers: The Malaysian perspectives. *International Journal of Information Management*, 28, p. 114-127.

Shen, Q., Gausemeier, J., Bauch, J., & Radkowski, C. (2005). A cooperative virtual prototyping system for mechatronic solution elements based assembly. *Advanced Engineering Informatics*, 19 p. 169-177.

Strutt, J.E., Shar, J.V., Terry, E. & Miles, R. (2006). Capability maturity models fo offshore organisational management. *Environmental International*, 32, p. 1094-1105.

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18, p.357-375.

Verschuren, P. & Doorewaard, H. (2005). *Het ontwerpen van een onderzoek*. Uitgeverij LEMMA B.V. Utrecht.

Voordijk, J.T. (1994). *Naar integrale logistiek in bedrijfsketens. Ontwikkelingen in de bouw*. Proefschrift. Rijksuniversiteit Limburg, Maastricht.

Winch, G.M. (2002). *Managing Construction Projects*. An information Processing Approach. Blackwell Science

Ltd, a Blackwell Publishing company. Wortmann, J.C. (1992). Het effect van EDI op de logistieke besturing van een industrieel bedrijf. *Congresdocumentatie Derde Nationale EDI-Congres*, 24-26 november Den Haag.

Xian, W., Fok, S.C. & Thimm, G. (2004). Agent based composable simulation for virtual prototyping of fluid power system. *Computers in Industry*, 54, p. 237-251.

## Bijlagen

### Bijlage I Uitwerking criteria per niveau

#### Niveau 1 – Uitgangssituatie

Geen criteria.

#### Niveau 2 – Intern verbeteren

ORGANISATORISCHE VOORWAARDEN	Criterion	Organisatie en processen
	2.1 Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>er is een standaardwerkwijze beschikbaar voor het bepalen van hoeveelheden, waardoor de informatiestructuur is vastgelegd (iedere hoeveelhedenstaat die intern in de organisatie wordt bepaald heeft dezelfde opbouw)</li> </ul>
	2.2 Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het proces is zodanig georganiseerd dat bestanden voor een ieder beschikbaar zijn waardoor dezelfde informatie niet meerdere keren hoeft te worden achterhaald.</li> </ul>
	Criterion	Informatietechnologie
	2.3 Functionaliteit informatie delen	<ul style="list-style-type: none"> <li>centraal beschikbaar stellen van bestanden, zoals hoeveelheden staten (als voorbeeld kan gedacht worden aan een [inter]lokaal netwerk)</li> <li>waarmogelijk een koppeling tussen het vastgelegde proces en de beschikbare bestanden (als voorbeeld kan gedacht worden aan een document management systeem)</li> </ul>
2.4 Functionaliteit vastleggen informatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>toepassingen die het mogelijk maken om op een eenvoudige wijze gestructureerde hoeveelheden staten op te slaan (als voorbeeld kan gedacht worden aan een eenvoudige Excel sheet waarin een standaard is vastgelegd om een hoeveelheden staat op te bouwen)</li> </ul>	
EFFECTEN	Kenmerk	Effecten
	Tijd	<ul style="list-style-type: none"> <li>besparing van <u>tijd</u> bij inlezen van andermans werk (immers dezelfde structuur);</li> </ul>
	Fouten	<ul style="list-style-type: none"> <li>voorkomen van <u>fouten</u> doordat inzichtelijk is hoe een hoeveelheden staat is opgebouwd.</li> <li>voorkomen van <u>fouten</u> doordat bij een wijziging inzichtelijk geworden is welke actoren geïnformeerd moeten worden over de betreffende wijziging. Hierdoor wordt voorkomen dat wijzigingen niet worden doorgeven en actoren met verkeerde informatie werken</li> </ul>

#### Niveau 3 – Samenwerken en automatiseren

ORGANISATORISCHE VOORWAARDEN	Criterion	Organisatie en processen
	3.1 Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>de organisatie heeft vastgelegd welke ondersteunende middelen worden gebruikt voor om hoeveelheden bepalen te optimaliseren. Daarnaast zijn er procedures beschikbaar die inzichtelijk maken hoe deze middelen dienen te worden gebruikt.</li> </ul>
	3.2 Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>alle processen mbt ketensamenwerking zijn beschreven en vastgelegd, wat inhoudt dat bekend is welke partij behoefte heeft aan welke informatie uit de beschikbare hoeveelhedenstaat en dat duidelijk is hoe het middel voor delen van informatie dient te worden gebruikt</li> <li>er is in de organisatie een beleid aanwezig dat inzicht geeft hoe met het delen van hoeveelhedenstaten wordt omgegaan en welke compensatie hier tegenover staat. Op het moment dat een organisatie hoeveelhedenstaat beschikbaar stelt voor een externe partij worden daarover afspraken gemaakt.</li> </ul>
	Criterion	Informatietechnologie
	3.3 Functionaliteit informatie delen	<ul style="list-style-type: none"> <li>er wordt gebruikt gemaakt van een systeem dat het mogelijk maakt hoeveelheden staten beschikbaar te stellen voor externe partijen, zoals een interlokaal netwerk of webportals</li> <li>de organisatie is instaat om informatie afkomstig van een externe partij in te lezen in haar eigen systemen</li> </ul>
3.4 Functionaliteit informatie vastleggen	er wordt gebruik gemaakt van een technologie die hoeveelheden staten opstelt op basis van een gebouwwontwerp (3D CAD toepassingen die objectgericht zijn uitgewerkt)	
EFFECTEN	Kenmerk	Effecten
	Tijd	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het verkorten van de doorloop tijd van het proces hoeveelheden bepalen, waardoor er <u>tijd</u> wordt bespaard;</li> <li>besparing van <u>tijd</u>, doordat niet meerdere partijen dezelfde hoeveelheden te bepalen</li> </ul>
	Fouten	het verminderen van <u>fouten</u> , doordat er minder snel delen “over het hoofd worden gezien” of slordigheden zijn

## Niveau 4 – Systeem integratie

ORGANISATORISCHE VOORWAARDEN	<b>Criterium</b>	<b>Organisatie en processen</b>
	4.1 Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>het proces is zodanig ingericht dat een partij zich kan instellen op informatie (hoeveelheden) die van een externe organisatie afkomstig zijn.</li> <li>bij het inrichten van de keten is het integreren van processen van belang, de organisatie structuur wordt aangepast aan het procesontwerp</li> </ul>
	4.2 Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>er is in de organisatie een coördinerend orgaan dat zorg draagt voor een ultieme afstemming tussen diverse schakels in de keten, in de vorm van een persoon, afdeling, team etc.</li> </ul>
	<b>Criterium</b>	<b>Informatietechnologie</b>
	4.3 Functionaliteit informatie delen	<ul style="list-style-type: none"> <li>wijzigingen worden direct geïnformeerd en kunnen zonder grootschalige inpassing worden verwerkt door de ontvangende partij</li> </ul>
	4.4 Functionaliteit informatie vastleggen	<ul style="list-style-type: none"> <li>de toegepaste IT is zo ingericht dat informatie van externe partijen geïntegreerd kan worden, zonder dat comptabiliteitsproblemen optreden waardoor een hoeveelhedenstaat onbruikbaar wordt</li> </ul>
<b>Kenmerk</b>	<b>Effecten</b>	
EFFECTEN	Tijd	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Tijd</u> wordt bespaard om de hoeveelheden te bepalen</li> <li>er per project kan worden beoordeeld welke situatie het meest gewenst is en het meest efficiënt in de vorm van <u>tijd</u> en <u>kosten</u> is.</li> </ul>
	Fouten	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>fouten</u> worden voorkomen door onvolledigheid of onjuistheid van de gegevens, of door het niet tijdig beschikbaar zijn van wijzigingen;</li> </ul>

## Niveau 5 - Optimaliseren

ORGANISATORISCHE VOORWAARDEN	<b>Criterium</b>	<b>Organisatie en processen</b>
	5.1 Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>processen worden geoptimaliseerd en verbeterd om alle verspilling (vrije slack) zoveel mogelijk te voorkomen, waarbij wordt gedacht aan een lean-filosofie. De kwaliteit van het product (hoeveelhedenstaat) mag hierbij niet onder druk komen te staan;</li> </ul>
	5.2 Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>het eigen proces sluit naadloos aan op processen van ketenpartners, hierdoor is de "eigen afweging" tussen in- en uitbesteden mogelijk</li> </ul>
	<b>Criterium</b>	<b>Informatietechnologie</b>
	5.3 Functionaliteit informatie delen	<ul style="list-style-type: none"> <li>de ondersteunende IT toepassingen in de organisatie zijn zo ingericht dat deze zijn afgestemd op de toepassingen die worden gebruikt door ketenpartners</li> </ul>
5.4 Functionaliteit vastleggen informatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>toepassingen kunnen door veranderingen in het proces of omgeving eenvoudig worden aangepast</li> </ul>	
<b>Kenmerk</b>	<b>Effecten</b>	
EFFECTEN	Tijd	<ul style="list-style-type: none"> <li>hoeveelheden worden zoveel mogelijk slechts één keer bepaald, waardoor dubbelwerk wordt voorkomen en dus <u>tijd</u> wordt bespaard</li> </ul>
	Fouten	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>fouten</u> worden voorkomen doordat de hoeveelhedenstaten real time beschikbaar zijn en iedere partij werkt met hetzelfde bron bestand</li> </ul>

## Bijlage II Resultaten expert interviews

### Niveau 1 – Uitgangssituatie

Aangezien er voor dit niveau geen criteria van toepassing zijn kunnen deze ook niet worden geëvalueerd. Het is voor het instrument gewenst om een start niveau te hebben aangezien het hierdoor mogelijk is om elke organisatie in het model in te schalen.

### Niveau 2 – Intern optimaliseren

Criteria	Organisatie en processen
2.1 Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>Er is een standaardwerkwijze beschikbaar voor het bepalen van hoeveelheden, waarvoor de informatiestructuur is vastgelegd (iedere hoeveelheidsstaat die intern in de organisatie wordt bepaald heeft dezelfde opbouw)</li> </ul>
Bevindingen	In dit criterium is de kwaliteit van de hoeveelheden niet geborgd, er dient rekening gehouden te worden met het detail niveau van de hoeveelhedenstaat (wat zit er wel in, wat zit er niet in).
2.2 Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het proces is zodanig georganiseerd dat bestanden voor een ieder beschikbaar zijn waardoor dezelfde informatie niet meerdere keren worden achterhaald.</li> </ul>
Bevindingen	Het gaat er om dat informatie in een bepaalde hoedanigheid beschikbaar is (bijvoorbeeld niet een hoeveelhedenstaat) en niet de bestanden. Een bestand is slechts een middel om de hoeveelhedenstaat in op te slaan. Meerdere mensen moeten met dezelfde informatie kunnen werken, deze informatie kan bijvoorbeeld gerelateerd worden aan bepaalde objecten.
Criteria	Informatietechnologie
2.3 Functionaliteit informatie delen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Centraal beschikbaar stellen van bestanden, zoals hoeveelheden staten (als voorbeeld kan gedacht worden aan een [inter]lokaal netwerk)</li> <li>Koppeling tussen het vastgelegde proces en de beschikbare standen (als voorbeeld kan gedacht worden aan een document management systeem)</li> </ul>
Bevindingen	Een koppeling tussen de informatie en wanneer welke informatie benodigd is, is belangrijk. Als voorbeeld is benoemd "geen werk uitvoeren als er geen opdrachtbevestiging is".
2.4 Functionaliteit vastleggen informatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>toepassingen die het mogelijk maken om op een eenvoudige wijze gestructureerde hoeveelheden staten op te slaan (als voorbeeld kan gedacht worden aan een eenvoudige Excel sheet waarin een standaard is vastgelegd om een hoeveelheden staat op te bouwen)</li> </ul>
Bevindingen	Goed criterium, er valt te denken aan een ISO structuur of gebruik maken van een standaard zoals IFC. Van belang is om hierbij softwareonafhankelijk te zijn (geldt voor alle IT). Er moet in dit criterium ook benadrukt worden om welke bestanden het gaat (hoeveelhedenstaten). Koppeling tussen proces en bestanden is niet helemaal helder en dient beter geformuleerd te worden.

### Niveau 3 – delen en automatiseren

Criteria	Organisatie en processen
3.1 Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>de organisatie heeft vastgelegd welke ondersteunende middelen worden gebruikt om hoeveelheden bepalen te optimaliseren. Daarnaast zijn er procedures beschikbaar die inzichtelijk maken hoe deze middelen dienen te worden gebruikt.</li> </ul>
Bevindingen	Belangrijk is om het te gebruiken middel en de structuur van een hoeveelhedenstaat te benadrukken. Daarbij dient mee genomen te worden dat een hoeveelhedenstaat van verschillende partijen niet altijd gelijk zijn. Hieraan kan invulling worden gegeven middels structuur van criterium 2.1.
3.2 Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>alle processen mbt ketensamenwerking zijn beschreven en vastgelegd, dat inhoudt dat bekend is welke partij behoefte heeft aan welke informatie uit de beschikbare hoeveelhedenstaat en dat duidelijk is hoe het middel voor delen van informatie dient te worden gebruikt</li> <li>er is in de organisatie een beleid aanwezig dat inzicht geeft hoe met het delen van hoeveelhedenstaten wordt omgegaan en welke compensatie hier tegenover staat. Op het moment dat een organisatie hoeveelhedenstaat beschikbaar stelt voor een externe partij worden daarover afspraken gemaakt.</li> </ul>
Bevindingen	Het gaat niet zozeer om de te hanteren werkwijze maar welke informatie bedrijven van elkaar verwachten (bijv. architect vs. bouwbedrijf, bouwbedrijf vs. leverancier, etc). Een compensatie kan bijdragen om de juiste informatie tijdig beschikbaar te stellen. Het vastleggen van een werkwijze is een proces van jaren dat niet in één keer gerealiseerd kan worden. Voor dit niveau is het vastleggen van de samenwerkingsprocessen te ambitieus en is meer geschikt voor een hoger niveau. In deze fase verloopt de samenwerking en uitwisseling van informatie nog veel ad-hoc (dat hoeft geen probleem te

	zijn om toch effecten te bereiken).
<b>Criterium</b>	<b>Informatietechnologie</b>
3.3 Functionaliteit informatie delen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ er wordt gebruikt gemaakt van een systeem dat het mogelijk maakt hoeveelheden staten beschikbaar te stellen voor externe partijen, zoals een interlokaal netwerk of webportals</li> <li>▪ de organisatie is in staat om informatie afkomstig van een externe partij in te lezen in haar eigen systemen</li> </ul>
Bevindingen	Goed criterium. Geeft duidelijk weer hoe met het delen van informatie omgegaan kan worden en hoe de middelen daaraan ondersteunend zijn.
3.4 Functionaliteit vastleggen informatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ er wordt gebruik gemaakt van een technologie die hoeveelheden staten opstelt op basis van een gebouwontwerp (3D CAD toepassingen die objectgericht zijn uitgewerkt)</li> </ul>
Bevindingen	In een ideale situatie levert iedere CAD leverancier een zelfde uitkomst voor een hoeveelhedenstaat (praktisch gezien bijna onmogelijk).

#### Niveau 4 - Systeemintegratie

<b>Criterium</b>	<b>Organisatie en processen</b>
4.1 Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ het proces is zodanig ingericht dat een partij zich kan instellen op informatie (hoeveelheden) die van een externe organisatie afkomstig zijn.</li> <li>▪ bij het inrichten van de keten is het integralen / systeem proces van belang, de organisatie structuur wordt aangepast aan het procesontwerp</li> </ul>
Bevindingen	Er is vaak niet geheel een één op één afstemming tussen gegevens van verschillende partijen. Die is wel belangrijk, maar lastig om te bereiken.
4.2 Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ er is in de organisatie een coördinerend orgaan dat zorg draagt voor een ultieme afstemming tussen diverse schakels in de keten, in de vorm van een persoon, afdeling, team etc.</li> </ul>
Bevindingen	Geen opmerkingen.
<b>Criterium</b>	<b>Informatietechnologie</b>
4.3 Functionaliteit informatie delen	wijzigingen worden direct geïnformeerd en kunnen zonder grootschalige inpassing worden verwerkt door de ontvangende partij
Bevindingen	Wijzigingen dien ook zoveel mogelijk inzichtelijk gemaakt te worden (bijv. door het gebruik van kleur).
4.4 Functionaliteit informatie vastleggen	de toegepaste IT is zo ingericht dat informatie van externe partijen geïntegreerd kan worden, zonder dat comptabiliteitsproblemen optreden waardoor een hoeveelhedenstaat onbruikbaar wordt
Bevindingen	Geen opmerkingen.

#### Niveau 5 – optimalisatie

<b>Criterium</b>	<b>Organisatie en processen</b>
5.1 Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ processen worden geoptimaliseerd en verbeterd om alle verspilling (vrije slack) zoveel mogelijk te voorkomen, waarbij wordt gedacht aan een lean-filosofie. De kwaliteit van het product (hoeveelhedenstaat) mag hierbij niet onder druk komen te staan;</li> </ul>
Bevindingen	Bij dit criterium gaat het ook om waardecreatie: hoe kan er nog meer waarde worden gehaald uit de informatie die beschikbaar is en hoe wordt daarmee efficiënt omgegaan?
5.2 Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ het eigen proces sluit naadloos aan op processen van ketenpartners, hierdoor is de “eigen afweging” tussen in- en uitbesteden mogelijk</li> </ul>
Bevindingen	Hierbij wordt er sterk van uitgegaan dat de informatie die wordt aangereikt goed is.
<b>Criterium</b>	<b>Informatietechnologie</b>
5.3 Functionaliteit informatie delen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ de ondersteunende IT toepassingen in de organisatie zijn zo ingericht dat deze zijn afgestemd op de toepassingen die worden gebruikt door ketenpartners</li> </ul>
Bevindingen	Het gaat bij dit criterium om de structuur van informatie die wordt gebruikt. Het is een softwareonafhankelijk criterium, dat is ook van belang om met zoveel mogelijk verschillende partijen te kunnen samenwerken.
5.4 Functionaliteit vastleggen informatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ toepassingen kunnen door veranderingen in het proces of omgeving eenvoudig worden aangepast</li> </ul>
Bevindingen	Geen opmerkingen.

## Bijlage III Resultaten toets bouwbedrijven

### Niveau 2 - intern optimaliseren

	Organisatie & proces	Bouwbedrijf A	Bouwbedrijf B	Bouwbedrijf C	Bouwbedrijf D
2.1 Werkwijze	Er is een standaardwerkwijze beschikbaar voor het bepalen van hoeveelheden. Voor de hoeveelhedenstaat is een informatiestructuur vastgelegd.	Er is geen werkwijze vastgelegd voor het bepalen van hoeveelheden. Er wordt benadrukt dat het wel gewenst is om een werkwijze vast te leggen (bijv in een kader). Organisatie voldoet niet, criterium wel van belang (2).	Er is geen werkwijze vastgelegd voor het bepalen van hoeveelheden. Voor het woningbouwconcept van deze organisatie zijn alle processen wel expliciet vastgelegd, waarbij onderscheid is gemaakt tussen verschillende typen activiteiten (rekenen, tekenen, etc.). Het gebruiken van een uniforme werkwijze, oa voor hoeveelheden, wordt van belang geacht. Als virtueel bouwen het middel is voor ondersteuning van activiteiten, dan dienen de processen daarvoor vastgelegd te zijn. Organisatie voldoet nog niet, maar criterium wel van belang geacht (2).	Het bepalen van hoeveelheden verloopt nog veelal via een traditionele methode. Hiervoor is een werkwijze en structuur vastgelegd (o.a. gebruik Stabu codering). Een eenduidige structuur is van belang voor nacalculatie. Organisatie voldoet (1).	Voor de traditionele situatie is er geen werkwijze vastgelegd, voor het werken met virtueel bouwen wordt het van belang geacht een werkwijze te definiëren. Voor zover mogelijk zijn hoeveelhedenstaten zo uniform mogelijk opgebouwd. De organisatie voldoet niet, criterium wel van belang geacht (2).
2.2 Samenwerken	Het proces is zodanig georganiseerd dat bestanden voor een ieder beschikbaar zijn.	Informatie voor de projecten wordt zoveel mogelijk centraal in de organisatie / projectteam beschikbaar gesteld. De organisatie voldoet (1).	Op dit moment is de informatie nog niet centraal in de organisatie beschikbaar. Het is van belang om de informatie te delen. Binnen deze organisatie wordt nagedacht hoe deze processen georganiseerd dienen te zijn. Organisatie voldoet niet, criterium wel van belang (2).	In de werijke van de organisatie is vastgelegd waar en hoe informatie opgeslagen dien te worden. Hierdoor zijn collega's in staat om deze informatie weer te gebruiken. Daarbij is noot dat er vooral in kleine teams wordt gewerkt. De organisatie voldoet aan dit criterium (1).	Er is niet vastgelegd waar informatie wordt opgeslagen, informatie wordt vaak achterhaald op basis van ervaring van medewerkers. Afstemming vindt voornamelijk plaats tussen collega's die samenwerken in een project. Criterium is wel van belang. Er wordt wel afgestemd, maar de organisatie voldoet niet (2).
	<b>Informatietechnologie</b>	<b>Bouwbedrijf A</b>	<b>Bouwbedrijf B</b>	<b>Bouwbedrijf C</b>	<b>Bouwbedrijf D</b>
2.3 Functionaliteit informatie delen	Bestanden worden centraal beschikbaar gesteld. Er is een koppeling tussen het proces en de beschikbare bestanden.	Er wordt gebruik gemaakt van een webportal, die een directe koppeling heeft met het lokale netwerk. Per document is vastgelegd wie verantwoordelijk is. Er is een koppeling tussen product en proces. Organisatie voldoet (1).	Er worden geen grootschalige toepassingen ingezet voor het delen van informatie, laat staan voor koppeling tussen product en proces. In "grotere" projecten wordt gebruik gemaakt van een online portal. De organisatie wil hiermee aan de slag. Organisatie voldoet niet, criterium wel van belang (2).	Er wordt gebruik gemaakt van een projectportal (ProjectPlace). Met behulp van een project planning wordt bepaald wanneer welke informatie nodig is. Organisatie voldoet (1).	Er is in de organisatie geen middel aanwezig om de bestanden te delen. Organisatie voldoet niet (4).
2.4 Functionaliteit vastleggen informatie	Er wordt gebruik gemaakt van een toepassing om gestructureerd een hoeveelhedenstaat op te slaan.	Er is een toepassing aanwezig om de hoeveelhedenstaten in op te slaan. De hoeveelheden worden echter nog niet in het "virtueel bouwen project" geïntegreerd. Organisatie voldoet (1).	In de organisatie zijn deze toepassingen aanwezig en worden gebruikt in projecten. Organisatie voldoet (1).	Er wordt gebruik gemaakt van een calculatiepakket waarin ook de hoeveelheden worden opgeslagen volgens de structuur benoemt in 2.1. Organisatie voldoet (1).	Hoeveelheden worden opgeslagen in Excel, waaruit een handmatige koppeling met het programma Craan (calculatie) mogelijk is. Organisatie voldoet (1).

### Niveau 3 - samenwerken en automatiseren

	Organisatie & proces	Bouwbedrijf A	Bouwbedrijf B	Bouwbedrijf C	Bouwbedrijf D
3.1 Werkwijze	In de organisatie is vastgelegd welke ondersteunende middelen worden gebruikt en hoe die middelen worden gebruikt voor het verkrijgen van hoeveelheden.	De organisatie heeft gekozen om een aantal activiteiten met virtueel bouwen te ondersteunen (visualisatie, raakvlakanalyse, 2D uit 3D) en hiervoor de te gebruiken middelen vastgelegd met de bijbehorende werkwijze. Organisatie voldoet niet voor hoeveelheden maar wel voor andere functies (3).	Binnen deze organisatie is het criterium nog niet van toepassing. Door de geïnterviewde wordt het criterium wel van belang geacht (2).	Voor een eerste project wordt er op dit moment gewerkt met een toepassing die 3D werken mogelijk maakt. Het doel hiervan is om oa hoeveelheden te kunnen bepalen. De werkwijze voor het gebruik van het programma, tekenafspraken, etc. zijn nog niet vastgelegd, maar moet wel gaan gebeuren (2).	Er is nog geen werkwijze vastgelegd, maar de organisatie werkt er wel aan (dus wel van belang). De afspraken waaraan wordt gewerkt hebben betrekking op tekenafspraken (hoe de IT toepassing te gebruiken). Het is van belang een eenduidige werkwijze te hebben voor modelbouw, anders is het bepalen van hoeveelheden uit het model niet mogelijk. Organisatie voldoet niet, wel van belang (2).
3.2 Samenwerken	Processen mbt ketensamenwerking zijn beschreven en vastgelegd. De organisatie weet welke informatie ketenpartners nodig hebben op welk moment (in relatie tot hoeveelheden). In de organisatie is tevens een beleid aanwezig dat voorschrijft hoe er met het delen van informatie - zoals hoeveelhedenstaten - dient te worden omgegaan (formaat, compensatie, etc).	De processen mbt ketensamenwerking zijn nog niet vastgelegd. Benadrukt wordt dat het van belang is om te weten wie welke informatie nodig heeft (bijv. Tekenvolgorde). Dit geldt ook voor het bepalen van hoeveelheden. Het gaat erom dat de volgorde van activiteiten gedefinieerd is: wie is wanneer waarvoor verantwoordelijk. De organisatie heeft impliciet afgesproken om informatie te delen, er is geen bewuste keuze gemaakt voor een compenserende vergoeding. Uitgangspunt is dat iedereen uiteindelijk profiteert. De organisatie voldoet niet voor hoeveelheden, ook nog niet voor andere functies. Criterium wordt wel van belang geacht (2).	Op dit moment zijn deze processen nog niet vastgelegd, hieraan wordt voor het woningbouwconcept gewerkt. Binnen dit concept is het ondanks de projectoverstijgende samenwerking met ketenpartners al erg lastig de processen in kaart te brengen. Geïnterviewde benadrukt dat deze processen in kaart gebracht dienen te worden, evenals de afspraken (en compensatie) over het delen van informatie. Organisatie voldoet nog niet, criterium wel van belang (2).	De hoeveelheden worden, met of zonder 3D, bijna altijd gedeeld met onder aannemers. De informatiebron van de hoeveelheden is daarbij dus niet van belang. Er wordt door het delen van informatie uitgegaan van faalkostenreductie waarvan iedere partij profiteert. Hiervoor zijn geen specifieke afspraken gemaakt. Het is in de organisatie bekend welke wie welke organisatie wanneer nodig heeft. Deze werkwijze is echter niet expliciet vastgelegd in een richtlijn of kader. Organisatie voldoet niet, criterium wel van belang (2).	Een ieder in de organisatie weet op basis van ervaring uit voorgaande projecten hoe er wordt samengewerkt. Processen zijn daardoor alleen impliciet bekend, maar niet expliciet vastgelegd. Daarbij wordt benadrukt dat het bouwen het primaire doel is, en niet alle processen daarom heen. Hoeveelhedenstaten worden in de traditionele situatie gedeeld. Het delen van deze informatie is onderdeel van een samenwerkingsovereenkomst. Formaat waarin informatie wordt overgedragen is in PDF of op papier, waardoor fraude onmogelijk wordt. Criterium van belang, organisatie voldoet in beperkte mate (2).

	Informatietechnologie	Bouwbedrijf A	Bouwbedrijf B	Bouwbedrijf C	Bouwbedrijf D
3.3 Functionaliteit informatie delen	Er wordt gebruik gemaakt van een systeem om informatie (digitaal) te delen. De organisatie is instaat om informatie afkomstig van een externe partij in te lezen in haar eigen systemen.	Er wordt van het zelfde systeem (webportal) gebruik gemaakt als op niveau 2. Dit systeem is geschikt om informatie te delen, voornamelijk voor tekeningen, maar kan ook voor hoeveelheden worden gebruikt (1).	De organisatie voldoet niet. Er wordt wel benadrukt dat de samenwerking en informatieuitwisseling afhankelijk kan zijn van het systeem (2).	De organisatie maakt gebruik van een systeem dat online delen van bestanden mogelijk maakt (projectportal). Doordat alle samenwerkende partijen hetzelfde programme gebruiken verloopt informatie-uitwisseling tussen partijen zonder problemen. Organisatie voldoet (1).	De organisatie maakt geen gebruik van een systeem om informatie gestructureerd te delen. Veelal wordt informatie overgenomen vanaf papier naar een digitaal bestand. De organisatie voldoet niet aan dit criterium (4).
3.4 Functionaliteit opslaan informatie	Er wordt gebruik gemaakt van een toepassing die het mogelijk maakt om op basis van een digitaal gebouwmodel een hoeveelhedenstaat te onttrekken.	Er wordt gewerkt met een toepassing voor 3D objectgericht modelleren. Deze toepassing wordt in niet gebruikt voor het bepalen van de hoeveelheden, maar wel voor andere functies (3)	Op dit moment nog niet van toepassing bij deze organisatie. Er wordt wel gezocht naar mogelijkheden om 3D te gebruiken en hieraan informatie te gaan koppelen. Geïnterviewde acht dit criterium van belang (2).	Het gebruikte programma (Revit) is geschikt voor het bepalen van de hoeveelheden. Organisatie voldoet (1).	De organisatie maakt gebruik van Revit. Met behulp hiervan kunnen hoeveelheden uit een model automatisch gegenereerd worden. Staat nog in de kinderschoenen, maar wel aanwezig in de organisatie (1).

#### Niveau 4 - systeemintegratie

	Organisatie & proces	Bouwbedrijf A	Bouwbedrijf B	Bouwbedrijf C	Bouwbedrijf D
4.1 Werkwijze	De werkwijze van de organisatie is zo dat er gewerkt kan worden met informatie die afkomstig is van externe partijen. Bij het inrichten van het proces en organisatie zijn beide flexibel om een optimale situatie te creëren.	Er wordt gebruik gemaakt van informatie afkomstig van externe partijen Deze wordt gebruikt als input, maar wel gecontroleerd ("de techniek kan controle niet ondervangen, de hoofdaannemer is verantwoordelijk, dus contorieren is noodzakelijk"). De inrichting van de organisatie veranderd door het gebruik van virtueel bouwen, de organisatie voldoet niet voor hoeveelheden, maar wel voor de bedoelde functies (3).	Nog niet aanwezig in deze organisatie, volgens de geïnterviewde wel van belang (2).	Door te werken met dezelfde systemen is de organisatie instaat om informatie van ketenpartners te importeren. Er wordt daarbij gewerkt met vaste ketenpartners waardoor dit mogelijk is. Er is echter niet vastgelegd hoe het proces dient te verlopen of wat de vereliste werkmethode is. Criterium wel van belang, maar organisatie voldoet niet (2).	Samenwerkende partijen mweken met hetzelfde IT pakket, waardoor de organisatie aan dit criterium voldoet. Daarbij wordt benoemd dat afspraken van belang zijn die worden gemaakt tussen de partijen over de vraag hoe het model wordt opgebouwd. Tot op heden hebben zich in de structuur van de organisatie geen aanpassingen voorgedaan. De organisatie voorziet wel dat functies, zoals werkvoorbereider, calculator en tekenaar gaan veranderen. Organisatie voldoet niet, criterium wel van belang (2).
4.2 Samenwerken	Er is in de organisatie een coördinerend orgaan dat zorg draagt voor afstemming tussen diverse rollen in de keten (afdeling, persoon, etc)	Werkvoorbereider van de organisatie is verantwoordelijk voor afstemming tussen partijen en daarmee de coordinator. Organisatie voldoet (1).	Nog niet van toepassing in deze organisatie. Het gebruik van BIM heeft volgens de geïnterviewde grote invloed op de inrichting van de organisatie. Daarbij moet gedacht worden aan "traditionele" functies die gaan veranderend. Het aanwezig zijn van een coördinerend orgaan is van belang. Organisatie voldoet niet, wel van belang (2).	De organisatie benadrukt dat het van belang is de coördinatie te organiseren. In het eerste project wordt hiervoor een externe adviseur ingehuurd. Het criterium is van belang, maar de organisatie voldoet nog niet (kan nog niet zelfstandig functioneren, 2)	Er is geen coördinerend orgaan aanwezig. Afstemming is wel belangrijk (wordt benadrukt). Organisatie voldoet niet, wel van belang (2).
4.3 Functionaliteit informatie delen	Informatietechnologie Wijzigingen worden zoveel mogelijk direct gecommuniceerd of zijn realtime beschikbaar.	Bouwbedrijf A Er wordt gebruik gemaakt van een online portal (idem aan 2 en 3). Hierop worden op afgesproken tijden updates beschikbaar gesteld. Organisatie voldoet voor andere functies dan hoeveelheden (3).	Bouwbedrijf B Organisatie voldoet niet, maar wordt wel van belang geacht (2).	Bouwbedrijf C Er is een mondelinge afspraak dat wijzigingen (in de vorm van een nieuw / aangepast model) wekelijks op de projectportal beschikbaar zijn. Hoeveelheden maken onderdeel uit van dit model. Organisatie voldoet (1).	Bouwbedrijf D Er wordt benoemd dat het van belang is afspraken te maken over updates van informatie. Organisatie voldoet hier niet aan (bijv. Geen wekelijkse update), mogelijk in de nabije toekomst wel. Wel van belang (2).
4.4 Functionaliteit informatie vastleggen	Informatie de afkomstig is van externe partijen kan oznder problemen in het eigen systeem worden opgenomen.	Er wordt met alle samenwerkende partijen gebruik gemaakt van dezelfde software waardoor er geen problemen zijn met informatie-uitwisseling. Organisatie voldoet voor andere functies (3).	Organisatie voldoet niet, maar wordt wel van belang geacht (2).	Organisatie voldoet door samen te werken en daarbij gebruik te maken dezelfde software als ketenpartners (1).	De organisatie voldoet niet en heeft zich hier nog niet mee bezich gehouden (4).

#### Niveau 5 - optimalisatie

	Organisatie & proces	Bouwbedrijf A	Bouwbedrijf B	Bouwbedrijf C	Bouwbedrijf D
5.1 Werkwijze	Processen worden continu verbeterd om alle mogelijke verspilling zoveel mogelijk te voorkomen. Kwaliteit van het product komt daarbij niet onder druk te staan.	Er wordt getracht de gehanteerde werkwijze voor virtueel bouwen steeds verder te verbeteren / optimaliseren. Voldoet voor andere functies niet voor hoeveelheden (3).	De organisatie is continu onderzoek naar mogelijkheden voor verbetering, voldoet echter niet aan criterium. De organisatie heeft zelf een roadmap opgesteld waarbij stappen zijn gedefinieerd om tot optimalisatie van het primaire bouwproces te komen. Voldoet niet, wel van belang (2).	Het huidige project is het eerste gebruik van virtueel bouwen bij deze organisatie. Criterium nog niet aan de orde, organisatie voldoet niet (4).	Organisatie voldoet niet (4).
5.2 Samenwerken	Het proces sluit naadloos aan op dat van ketenpartners. Mogelijke afstemmingsproblemen worden direct verholpen.	Er is een afstemming over het proces / de te hanteren werkwijze. Het is onduidelijk in hoeverre hier optimalisaties worden doorgevoerd. Organisatie voldoet daardoor niet, criterium wel van belang geacht (2).	Voldoet niet (4).	Idem aan 5.1, organisatie voldoet niet (4).	Organisatie voldoet niet (4).
5.3 Functionaliteit informatie delen	Informatietechnologie De ondersteunende toepassingen zijn zo ingericht dat deze zijn afgestemd op de toepassingen die worden gebruikt door ketenpartners.	Bouwbedrijf A Aan dit criterium voldoet de organisatie doordat er met een zelfde toepassing wordt gewerkt als de ketenpartners. Voldoet voor andere functies dan hoeveelheden (3).	Bouwbedrijf B Voldoet niet (4).	Bouwbedrijf C Idem aan 5.1, organisatie voldoet niet (4).	Bouwbedrijf D Organisatie voldoet niet (4).
5.4 Functionaliteit informatie opslaan	Gebruikte toepassingen zijn niet van start maar flexibel en aanpasbaar op de werkwijze en processen.	Het systeem is een vast product dat (nog) niet flexibel is voor aanpassingen. In deze organisatie is het proces afhankelijk van het systeem. Organisatie voldoet niet (4).	Voldoet niet (4).	Idem aan 5.1, organisatie voldoet niet (4).	Organisatie voldoet niet (4).



## Bijlage IV Evaluatie

Deze bijlage geeft een toelichting op de evaluatie en aanpassingen die daaruit volgen per criterium uit het instrument.

### Niveau 1 – Uitgangssituatie

Het eerste niveau is de uitgangssituatie. Uit de evaluatie blijkt dat dit niveau niet van meerwaarde is, waardoor het niveau uit het instrument wordt verwijderd.

### Niveau 2 – Interne optimalisatie

#### Organisatie en processen

##### 2.1 Werkwijze

- er is een standaardwerkwijze beschikbaar voor het bepalen van hoeveelheden, waardoor de informatiestructuur is vastgelegd (iedere hoeveelheidsstaat die intern in de organisatie wordt bepaald heeft dezelfde opbouw)

Bron	Beoordeling
Experttoets	Benadrukken dat deze werkwijze niet alleen impliciet aanwezig is, maar ook expliciet is vastgelegd. Benadrukken dat het gaat om twee onderdelen, een gestructureerde werkwijze en een juiste opbouw van de hoeveelheidsstaat. Bijvoorbeeld verwijzen naar een handboek of voorbeeldprocedure. Hierin dient de opbouw van de hoeveelheidsstaat vastgelegd te zijn (welke informatie zit wel / niet in).
Bouwbedrijf A	Criterium blijkt duidelijk, geen aanpassingen.
Bouwbedrijf B	Universele eenduidige hoeveelheidsstaat in de organisatie is van groot belang. Als er gebruik wordt gemaakt van “virtueel bouwen” dan dient de structuur daarop te zijn afgestemd. Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	Geen aanpassingen.
Aanpassing	<ul style="list-style-type: none"> <li>De werkwijze voor het bepalen van hoeveelheden is expliciet vastgelegd. In deze werkwijze is tevens vastgelegd hoe de hoeveelheidsstaat opgebouwd dient te worden.</li> </ul>

##### 2.2 Samenwerking

- Het proces is zodanig georganiseerd dat bestanden voor een ieder beschikbaar zijn waardoor dezelfde informatie niet meerdere keren hoeft te worden achterhaald.

Bron	Beoordeling
Experttoets	Het gaat niet om het beschikbaar stellen van bestanden maar om beschikbaar stellen van informatie. Die informatie kan zijn opgeslagen in een bestand (bestand is het middel).
Bouwbedrijf A	Belangrijk is dat in het proces vastgelegd is waarin informatie wordt opgeslagen en beschikbaar is, hierdoor is deze ook door andere rollen / functies / activiteiten bruikbaar.
Bouwbedrijf B	Het gaat hier om het delen van informatie en niet om het delen van de bestanden waarin de informatie in is opgeslagen.
Bouwbedrijf C	Het moet in dit criterium onderscheidend zijn dat er nog niet 3D wordt gewerkt, waardoor verwarring van interpretatie (doordat het over virtueel bouwen gaat) wordt voorkomen.
Bouwbedrijf D	Geen aanpassingen.
Aanpassing	<ul style="list-style-type: none"> <li>In het proces is vastgelegd waar informatie (specifiek hoeveelheidsstaten) worden opgeslagen. Voor iedere actor in het proces is deze informatie toegankelijk.</li> </ul>



*Informatietechnologie*

## 2.3 Functionaliteit informatie delen

- centraal beschikbaar stellen van bestanden, zoals hoeveelheden staten (als voorbeeld kan gedacht worden aan een [inter]lokaal netwerk)
- waarmogelijk een koppeling tussen het vastgelegde proces en de beschikbare bestanden (als voorbeeld kan gedacht worden aan een document management systeem)

Bron	Beoordeling
Experttoets	In het proces dient vastgelegd te zijn welke informatie benodigd is en waar die vandaan gehaald kan worden. In relatie tot criterium gaat het in dit criterium om het beschikbaar stellen van informatie met als middel bijv. bestanden op een netwerk.
Bouwbedrijf A	De essentie van dit criterium voor het bouwbedrijf is dat de IT functionaliteiten aanwezig zijn waardoor aan criterium 2.2 voldaan kan worden. Het is van belang dat zowel hard- als software is ingericht om bestanden digitaal te delen.
Bouwbedrijf B	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	Geen oordeel.
Aanpassing	Het IT systeem is zo ingericht dat bestanden centraal beschikbaar zijn voor alle gebruikers in de interne organisatie, daarbij is inzichtelijk welke actor verantwoordelijk is voor welke informatie.

## 2.4 Functionaliteit vastleggen informatie

- toepassingen die het mogelijk maken om op een eenvoudige wijze gestructureerde hoeveelheden staten op te slaan (als voorbeeld kan gedacht worden aan een eenvoudige Excel sheet waarin een standaard is vastgelegd om een hoeveelheden staat op te bouwen)

Bron	Beoordeling
Experttoets	Er moet in dit criterium ook benadrukt worden om welke bestanden het gaat (hoeveelhedenstaten).
Bouwbedrijf A	Koppeling proces – bestanden niet voldoende helder. Van belang is dat het IT systeem is zo ingericht dat bestanden centraal beschikbaar zijn voor alle gebruikers in de interne organisatie.
Bouwbedrijf B	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	Geen aanpassingen.
Aanpassing	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Het vastgelegd proces in de organisatie is gekoppeld aan de opslag van informatie (hoeveelhedenstaten), hierdoor kan bij een fout / probleem aan de juiste persoon worden teruggekoppeld.</li> </ul>

### Niveau 3 – delen en automatiseren

#### Organisatie & processen

##### 3.1 Werkwijze

- De organisatie heeft vastgelegd welke ondersteunende middelen worden gebruikt om hoeveelheden bepalen te optimaliseren. Daarnaast zijn er procedures beschikbaar die inzichtelijk maken hoe deze middelen dienen te worden gebruikt.

Bron	Beoordeling
Experttoets	Kan lastig te beoordelen zijn, maar criterium wel belang. Idem aan commentaar 2.1 kan een voorbeeld van meerwaarde zijn voor auditor en bouwbedrijf. Koppeling tussen proces en bestanden is niet helemaal helder en dient beter geformuleerd te worden. Er dient nadruk gelegd te worden op wat de middelen kunnen, bijv. "hoeveelhedenstaat opbouwen volgens structuur criterium 2.1).
Bouwbedrijf A	Criterium is vaag geformuleerd. Essentie is dat in het proces is vastgelegd is hoe ondersteunende middelen worden gebruikt voor het bepalen van hoeveelheden.
Bouwbedrijf B	Het vastleggen van het criterium is van groot belang, vaak wordt er wel aan voldaan op basis van ervaring, maar het gaat om het vastleggen van de werkwijze zodat deze voor een ieder in de organisatie aan de orde is.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	In dit criterium dient expliciet het ontlenen van informatie aan een model en de opbouw van het model benoemd te zijn. Dat is van essentieel belang om op basis van een gebouwmodel met meerdere partijen in het bouwproces te communiceren.
Aanpassing	<ul style="list-style-type: none"> <li>De organisatie heeft vastgelegd welke IT ondersteuning wordt gebruikt (er is een bewuste keuze gemaakt en die is expliciet beargumenteerd). Tevens is vastgelegd hoe deze IT gebruikt dient te worden (mbt werkwijze, tekenafspraken, structuur).</li> </ul>

##### 3.2 Samenwerking

- Alle processen mbt ketensamenwerking zijn beschreven en vastgelegd, dat inhoudt dat bekend is welke partij behoefte heeft aan welke informatie uit de beschikbare hoeveelhedenstaat en dat duidelijk is hoe het middel voor delen van informatie dient te worden gebruikt
- Er is in de organisatie een beleid aanwezig dat inzicht geeft hoe met het delen van hoeveelhedenstaten wordt omgegaan en welke compensatie hier tegenover staat. Op het moment dat een organisatie hoeveelhedenstaat beschikbaar stelt voor een externe partij worden daarover afspraken gemaakt.

Bron	Beoordeling
Experttoets	Criterium is erg ambitieus, waarschijnlijk past dit criterium beter op een hoger niveau. In niveau 3 vooral nog ad-hoc informatie uitwisseling, in niveau 4 meer gestructureerd. Belangrijk is dat de manier van hoeveelheden bepalen getraceerd kan worden (hoe zijn in een hoeveelheden staat aantallen verkregen, dient expliciet benoemd te zijn).
Bouwbedrijf A	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf B	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Hierin is ook de samenwerking met architecten en constructeurs van belang.
Bouwbedrijf D	Geen aanpassingen.
Aanpassing	<ul style="list-style-type: none"> <li>Op basis van de huidige resultaten blijft dit criterium ongewijzigd. Vervolg interviews moeten meer inzicht gaan geven.</li> </ul>

## Informatietechnologie

### 3.3 Functionaliteit informatie delen

- Er wordt gebruikt gemaakt van een systeem dat het mogelijk maakt hoeveelheden staten beschikbaar te stellen voor externe partijen, zoals een interlokaal netwerk of webportals
- De organisatie is instaat om informatie afkomstig van een externe partij in te lezen in haar eigen systemen.

Bron	Beoordeling
Experttoets	Belangrijk is dat informatie geïmporteerd kan worden (bijv. een tekening gebruiken als onderlegger, een PDF kopiëren naar tekstverwerker etc.). Eén op één uitwisseling is pas aan van toepassing bij niveau 4.
Bouwbedrijf A	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf B	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Ook samenwerking met architecten van belang.
Bouwbedrijf D	Geen aanpassingen.
Aanpassing	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Er wordt gebruikt gemaakt van een systeem dat het mogelijk maakt hoeveelheden staten beschikbaar te stellen voor externe partijen, zoals een interlokaal netwerk of webportals</li> <li>▪ De organisatie is instaat om informatie afkomstig van een externe partij in te lezen in haar eigen systemen en deze te gebruiken als basis voor haar eigen activiteiten.</li> </ul>

### 3.4 Functionaliteit vastleggen informatie

- Er wordt gebruik gemaakt van een technologie die hoeveelheden staten opstelt op basis van een gebouwontwerp (3D CAD toepassingen die objectgericht zijn uitgewerkt)

Bron	Beoordeling
Experttoets	Goed, geen aanpassingen.
Bouwbedrijf A	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf B	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	Geen aanpassingen.
Aanpassing	Geen, criterium blijft gelijk.

## Niveau 4 – Systeemintegratie

### Organisatie & processen

#### 4.1 Werkwijze

- Het proces is zodanig ingericht dat een partij zich kan instellen op informatie (hoeveelheden) die van een externe organisatie afkomstig zijn.
- Bij het inrichten van de keten is het integreren van systeem en proces van belang, de organisatie structuur wordt aangepast aan het procesontwerp

Bron	Beoordeling
Experttoets	Bij dit criterium is het van belang te benadrukken dat informatie één op één uitwisselbaar is, en dat dus verder wordt gewerkt met informatie van een andere partij.
Bouwbedrijf A	Er is een wederzijdse afhankelijkheid tussen het IT systeem en de procesinrichting. Het gehanteerde proces en organisatiestructuur zijn flexibel, mogelijkheden voor optimaliseren worden zowel uitgevoerd door aanpassingen van het proces als aanpassingen in de structuur van de organisatie.
Bouwbedrijf B	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	Het gaat in dit criterium om de structuur waarin informatie wordt opgeslagen. Verder geen aanpassingen.
Aanpassing	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Het proces is zodanig ingericht dat een partij zich kan instellen op informatie (hoeveelheden) die van een externe organisatie afkomstig zijn. De organisatie maakt ook gebruik van deze informatie.</li> <li>▪ Het gehanteerde proces en organisatiestructuur zijn flexibel, optimalisatie vindt plaats door zowel uitgevoerd door aanpassingen van het proces als aanpassingen in de structuur van de organisatie.</li> </ul>

#### 4.2 Samenwerking

- Er is in de organisatie een coördinerend orgaan dat zorg draagt voor een ultieme afstemming tussen diverse schakels in de keten, in de vorm van een persoon, afdeling, team etc.

Bron	Beoordeling
Experttoets	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf A	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf B	De behoefte van een coördinerend orgaan is van belang voor het werken met BIM. Dit dient explicieter vermeld te zijn in dit criterium.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	Geen aanpassingen.
Aanpassing	Geen, criterium blijft gelijk.

#### Informatietechnologie

##### 4.3 Functionaliteit informatie delen

- Wijzigingen worden direct geïnformeerd naar ketenrelaties en kunnen zonder grootschalige inpassing worden verwerkt door de ontvangende partij

Bron	Beoordeling
Experttoets	Het is van belang dat ontvangende partij inzicht verkrijgt in wat de wijzigingen zijn (bijv. door andere kleur), tevens is versiebeheer van belang.
Bouwbedrijf A	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf B	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	Het gaat niet alleen om het verwerken van wijzigingen, maar ook om het inzichtelijk maken van de wijzigingen. Dient expliciet benoemd te zijn.
Aanpassing	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wijzigingen worden direct gecommuniceerd naar samenwerkingspartners, hierbij is specifiek inzichtelijk gemaakt welke wijzigingen er zijn (bijv. aan de hand van kleuren).</li> </ul>

##### 4.4 Functionaliteit vastleggen informatie

- De toegepaste IT is zo ingericht dat informatie van externe partijen geïntegreerd kan worden, zonder dat comptabiliteitsproblemen optreden waardoor een hoeveelhedenstaat onbruikbaar wordt

Bron	Beoordeling
Experttoets	Criterium is van groot belang, benadrukt dient te zijn dat hiervoor een zelfde pakket-family in de keten aanwezig moet zijn, of er wordt gebruik gemaakt van IFC.
Bouwbedrijf A	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf B	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	Het gaat niet om de hoeveelhedenstaat maar om hoe de informatie beschikbaar wordt gesteld en of daaruit de hoeveelhedenstaat (als zijnde een moment opname) aan ontleent kan worden.
Aanpassing	Geen, criterium blijft gelijk.

## Niveau 5 – optimalisatie

### Organisatie & processen

#### 5.1 Werkwijze

- Processen worden geoptimaliseerd en verbeterd om alle verspilling (vrije slack) zoveel mogelijk te voorkomen, waarbij wordt gedacht aan een lean-filosofie. De kwaliteit van het product (hoeveelhedenstaat) mag hierbij niet onder druk komen te staan;

Bron	Beoordeling
Experttoets	Lean filosofie niet van toepassing in relatie tot hoeveelheden, belangrijk is hier de optimalisatie in de samenwerking en het te gebruiken IT systeem. Daarbij gaat het er om waardecreatie, bijv. hoe kan de maximale waarde worden gehaald uit de informatie die beschikbaar is.
Bouwbedrijf A	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf B	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	Geen aanpassingen.
Aanpassing	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het proces wordt continu geëvalueerd en waarnodig aangepast. Hiervoor is een verbetercyclus vastgelegd (bijv. maandelijks overleg)</li> </ul>

#### 5.2 Samenwerking

- Het eigen proces sluit naadloos aan op processen van ketenpartners, hierdoor is de “eigen afweging” tussen in- en uitbesteden mogelijk

Bron	Beoordeling
Experttoets	Naadloze afstemming is helder, in- en uitbesteden hebben hier geen functie. Er wordt sterk vanuit gegaan dat de informatie die wordt aangereikt die goed is.
Bouwbedrijf A	In- en uitbesteden niet relevant voor toepassing / gebruik virtueel bouwen. Hierdoor kan dit criterium uit het instrument worden verwijderd.
Bouwbedrijf B	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	Geen aanpassingen.
Aanpassing	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het eigen proces sluit naadloos aan op processen van ketenpartners, als dit niet het geval is volgt een optimalisatie / verbetering.</li> </ul>

## Informatietechnologie

### 5.3 Functionaliteit informatie delen

- De ondersteunende IT toepassingen in de organisatie zijn zo ingericht dat deze zijn afgestemd op de toepassingen die worden gebruikt door ketenpartners

Bron	Beoordeling
Experttoets	De structuur van het informatie die wordt gebruikt dient eenduidig te zijn, waardoor een organisatie / samenwerkende partijen onafhankelijk zijn van de software die wordt gebruikt.
Bouwbedrijf A	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf B	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	Geen aanpassingen.
Aanpassing	De structuur waarmee informatie wordt gedeeld dient zo danig te zijn dat informatie onafhankelijk van de gebruikte software probleemloos kan worden uitgewisseld. Waarnodig vindt optimalisatie plaats door bijvoorbeeld het beschikbaar komen van nieuwe software.

#### 5.4 Functionaliteit informatie vastleggen

- Toepassingen (IT Systemen) kunnen door veranderingen in het proces of omgeving eenvoudig worden aangepast

Bron	Beoordeling
Experttoets	Criterium van belang, geen aanpassingen.
Bouwbedrijf A	In deze organisatie niet aan de orde. Geen oordeel mogelijk, dus ook geen aanpassingen.
Bouwbedrijf B	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf C	Geen aanpassingen.
Bouwbedrijf D	Geen aanpassingen.
Aanpassing	Geen, criterium blijft gelijk.

## Bijlage V Definitief instrument

Deze bijlage is geeft toelichting op het definitieve instrument ontwerp, dat is ingeleid in paragraaf 6.3. In het definitieve instrument maken wij een expliciet onderscheid tussen functionaliteit van informatietechnologie en samenwerken. De niveaus uit het definitieve instrument komen overeen met de vier velden uit de matrix. Hierdoor verandert het instrument niet qua inhoud. De specifieke eis uit het oorspronkelijke instrument voor een gelijkmatige ontwikkeling van samenwerken en automatiseren wordt hierdoor verminderd. Een bouwbedrijf kan haar ambitie in het nieuwe instrument onafhankelijk maken van samenwerken of automatiseren.

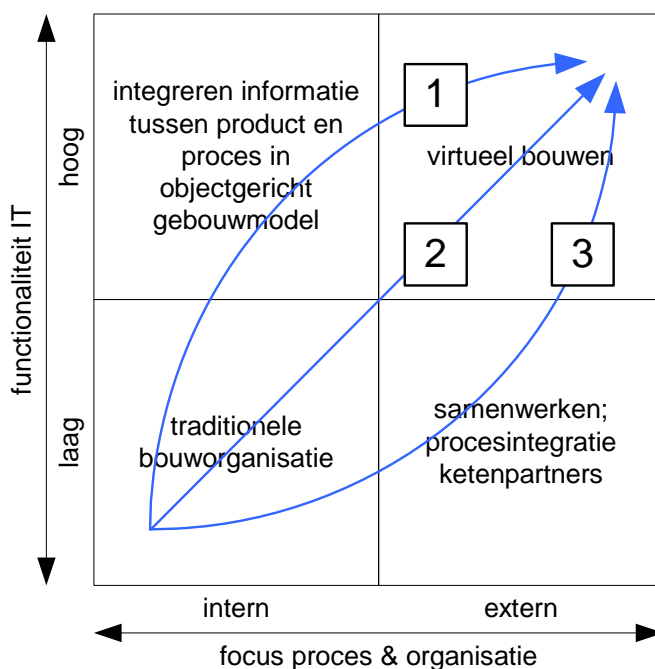
In het definitieve instrument zijn de volgende vier niveaus gedefinieerd (zie ook onderstaande matrix):

- traditionele bouworganisatie (komt overeen met niveau 2 uit eerste instrument ontwerp)
- automatiserende bouworganisatie (heeft grootste raakvlak met niveau 3 uit eerste instrument ontwerp)
- samenwerkende bouworganisatie (heeft raakvlak met niveaus 3 en 4 uit eerste instrument ontwerp)
- virtueel bouwen (komt overeen met niveau 5 uit eerste instrument ontwerp)

In het definitieve instrument is het geen vereiste voor een bouwbedrijf om eerst te automatiseren en vervolgens te gaan samenwerken, of eerst te gaan samenwerken en vervolgens te gaan automatiseren. De niveaus uit het instrument kunnen op drie verschillende manieren worden doorlopen, geschematiseerd met de drie trajecten in onderstaande matrix. Deze zijn:

1. Starten met automatiseren van het proces, vervolgens steeds meer samenwerken en uiteindelijk virtueel bouwen
2. Gelijktijdig automatiseren en samenwerken om uiteindelijk virtueel te bouwen
3. Starten met samenwerken, vervolgens steeds meer functionaliteit van informatietechnologie gebruiken, tenslotte virtueel bouwen

Als vanzelfsprekend betekend het doorlopen van traject 1 niet per definitie dat er niet wordt samengewerkt, maar de samenwerking is in eerste instantie van minder grote orde dan bij traject 3. Voor traject 3 geldt het omgekeerde: de nadruk ligt op samenwerken, maar daarvoor is gebruik van informatietechnologie (zij het in beperkte mate) onvermijdelijk. In het onderstaande is per niveau een toelichting gegeven op de daarbij gelden criteria, daarvoor geven wij een toelichting op het gebruik van het instrument.



### Gebruik instrument

Het gebruik van het definitieve instrument maakt het mogelijk om middels een audit bouwbedrijven te categoriseren voor het gebruik van virtueel bouwen bij het verkrijgen van hoeveelheden. Door het expliciete onderscheid tussen samenwerken en automatiseren is het gewenst bij een audit aan te kunnen geven in hoeverre een bouwbedrijf afzonderlijk voldoet aan automatiseren en samenwerken. Dit is mogelijk door gebruik te maken van de gestelde criteria.

### Niveau 1 – Traditionele bouworganisatie

Het eerste niveau gaat uit van een traditionele bouworganisatie die geen gebruik maakt van virtueel bouwen. Er is geen aandacht voor het automatiseren of samenwerken in het kader van virtueel bouwen. De criteria op dit niveau kunnen daardoor ook gezien worden als kenmerken van een traditionele bouworganisatie in relatie tot virtueel bouwen.

Criteria	Organisatie en processen
1.1 Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ er is een standaardwerkwijze beschikbaar voor het bepalen van hoeveelheden</li> <li>▪ er is vastgelegd middels welke structuur de hoeveelhedenstaat wordt opgebouwd</li> </ul>
1.2 Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ er is geen vast stramien voor het delen van informatie (intern en extern), verloop veelal ad-hoc</li> </ul>
Criteria	Informatietechnologie
1.3 Functionaliteit informatie delen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ delen van informatie verloopt via één op één toepassingen</li> </ul>
1.4 Functionaliteit vastleggen informatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ gebruik van toepassingen die het mogelijk maken om op een eenvoudige wijze gestructureerde hoeveelhedenstaten (criterium 1.1) op te slaan</li> </ul>
Kenmerk	Effecten
Tijd	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ besparing van tijd bij inlezen van andermans werk (immers dezelfde structuur);</li> </ul>
Fouten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ voorkomen van fouten doordat inzichtelijk is hoe een hoeveelheden staat is opgebouwd.</li> <li>▪ voorkomen van fouten doordat bij een wijziging inzichtelijk geworden is welke actoren geïnformeerd moeten worden over de betreffende wijziging. Hierdoor wordt voorkomen dat wijzigingen niet worden doorgegeven en actoren met verkeerde informatie werken</li> </ul>

### Niveau 2 – Automatiseren

Het tweede niveau gaat uit van een bouworganisatie die haar processen automatiseert. In relatie tot het verkrijgen van hoeveelheden houdt dit in dat de hoeveelheden worden bepaald met behulp van ondersteunende toepassingen en niet meer handmatig.

Criteria	Organisatie en processen
2.1 Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ de organisatie heeft vastgelegd welke ondersteuning wordt gebruikt om hoeveelheden bepalen te automatiseren</li> <li>▪ er zijn kaders beschikbaar die inzichtelijk maken hoe deze middelen dienen te worden gebruikt</li> </ul>
2.2 Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Het proces is zodanig georganiseerd dat bestanden voor een ieder beschikbaar zijn waardoor dezelfde informatie niet meerdere keren hoeft te worden achterhaald (binnen de organisatie).</li> </ul>
Criteria	Informatietechnologie
2.3 Functionaliteit informatie delen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Waar mogelijk een koppeling tussen het vastgelegde proces en de beschikbare bestanden (als voorbeeld kan gedacht worden aan een document management systeem)</li> </ul>
2.4 Functionaliteit informatie vastleggen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ er wordt gebruik gemaakt van een technologie die hoeveelheden staten opstelt op basis van een gebouwontwerp (3D CAD toepassingen die objectgericht zijn uitgewerkt)</li> </ul>
Kenmerk	Effecten
Tijd	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Het verkorten van de doorloop tijd van het proces hoeveelheden bepalen, waardoor er <u>tijd</u> wordt bespaard;</li> </ul>
Fouten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ het verminderen van <u>fouten</u>, doordat er minder snel delen “over het hoofd worden gezien” of slordigheden zijn</li> </ul>



### Niveau 3 – Samenwerken

Het derde niveau gaat uit van een samenwerkende bouworganisatie. Daarbij dient, als vanzelfsprekend, in beperkte mate gebruik te worden gemaakt van ondersteunende informatietechnologie. Samenwerken is benoemd als niveau 3, afhankelijk van het te volgen traject kan dit niveau ook als tweede niveau functioneren.

criterium	Organisatie en processen
3.1 Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ het proces is zodanig ingericht dat een partij zich kan instellen op informatie (hoeveelheden) die van een externe organisatie afkomstig zijn.</li> <li>▪ bij het inrichten van de keten is het integreren van processen van belang, de organisatie structuur wordt aangepast aan het procesontwerp</li> </ul>
3.2 Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ alle processen mbt ketensamenwerking zijn beschreven en vastgelegd, wat inhoudt dat bekend is welke partij behoefte heeft aan welke informatie uit de beschikbare hoeveelhedenstaat en dat duidelijk is hoe het middel voor delen van informatie dient te worden gebruikt</li> <li>▪ er is in de organisatie een beleid aanwezig dat inzicht geeft hoe met het delen van hoeveelhedenstaten wordt omgegaan en welke compensatie hier tegenover staat. Op het moment dat een organisatie hoeveelhedenstaat beschikbaar stelt voor een externe partij worden daarover afspraken gemaakt.</li> <li>▪ er is in de organisatie een coördinerend orgaan dat zorg draagt voor een ultieme afstemming tussen diverse schakels in de keten, in de vorm van een persoon, afdeling, team etc.</li> </ul>
criterium	Informatietechnologie
3.3 Functionaliteit informatie delen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ er wordt gebruikt gemaakt van een systeem dat het mogelijk maakt hoeveelheden staten beschikbaar te stellen voor externe partijen, zoals een interlokaal netwerk of webportals</li> <li>▪ de organisatie is in staat om informatie afkomstig van een externe partij in te lezen in haar eigen systemen</li> <li>▪ wijzigingen worden direct geïnformeerd en kunnen zonder grootschalige inpassing worden verwerkt door de ontvangende partij</li> </ul>
3.4 Functionaliteit informatie vastleggen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ de toegepaste IT is zo ingericht dat informatie van externe partijen geïntegreerd kan worden, zonder dat compatibiliteitsproblemen optreden waardoor een hoeveelhedenstaat onbruikbaar wordt</li> </ul>
Kenmerk	Effecten
Tijd	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ besparing van <u>tijd</u>, doordat niet meerdere partijen dezelfde hoeveelheden te bepalen</li> <li>▪ er per project kan worden beoordeeld welke situatie het meest gewenst is en het meest efficiënt in de vorm van <u>tijd</u> en <u>kosten</u> is.</li> </ul>
Fouten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>fouten</u> worden voorkomen door onvolledigheid of onjuistheid van de gegevens, of door het niet tijdig beschikbaar zijn van wijzigingen;</li> </ul>

### Niveau 4 – Virtueel bouwen / optimaliseren

Het vierde niveau gaat uit van zowel samenwerken als automatiseren en is daarmee “virtueel bouwen in optima forma”, waardoor de bestaande activiteiten geoptimaliseerd kunnen worden.

criterium	Organisatie en processen
4.1 Werkwijze	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ processen worden geoptimaliseerd en verbeterd om alle verspilling (vrije slack) zoveel mogelijk te voorkomen, waarbij wordt gedacht aan een lean-filosofie. De kwaliteit van het product (hoeveelhedenstaat) mag hierbij niet onder druk komen te staan;</li> </ul>
4.2 Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ het eigen proces sluit naadloos aan op processen van ketenpartners, hierdoor is de “eigen afweging” tussen in- en uitbesteden mogelijk</li> </ul>
criterium	Informatietechnologie
4.3 Functionaliteit informatie delen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ de ondersteunende IT toepassingen in de organisatie zijn zo ingericht dat deze zijn afgestemd op de toepassingen die worden gebruikt door ketenpartners</li> </ul>
4.4 Functionaliteit vastleggen informatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ toepassingen kunnen bij veranderingen in het proces of omgeving eenvoudig worden aangepast</li> </ul>
Kenmerk	Effecten
Tijd	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ hoeveelheden worden zoveel mogelijk slechts één keer bepaald, waardoor dubbelwerk wordt voorkomen en dus <u>tijd</u> wordt bespaard</li> </ul>
Fouten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>fouten</u> worden voorkomen doordat de hoeveelhedenstaten real time beschikbaar zijn en iedere partij werkt met hetzelfde bron bestand</li> </ul>