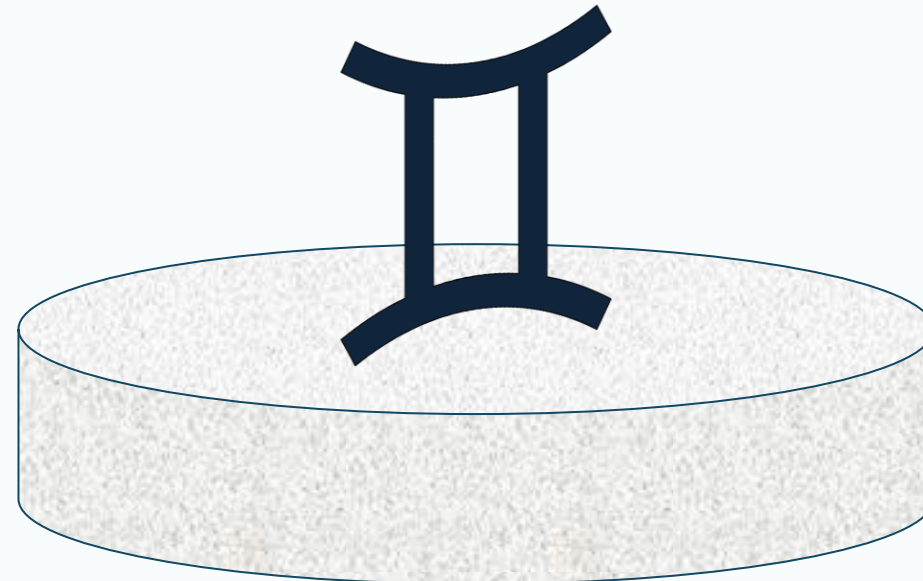




Datalogische fundering van digital twins



Hein Corstens
23 mei 2022



Hein Corstens



- onafhankelijk adviseur
- bouw- en geo-informatie
- i.h.b. gegevensmanagement en gegevensmodellering
- v/h oprichter/directeur URBIDATA en UDS
- nu Corstens informatiearchitectuur: www.corstens.nl
- contact: hein@corstens.nl (06)55382288



Datalogische fundering van digital twinning

een voorzet

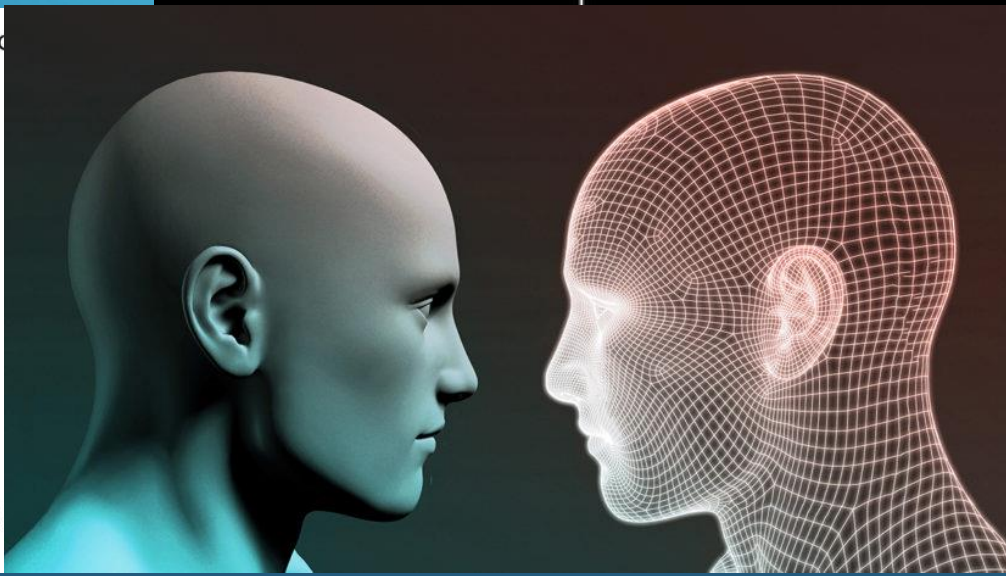
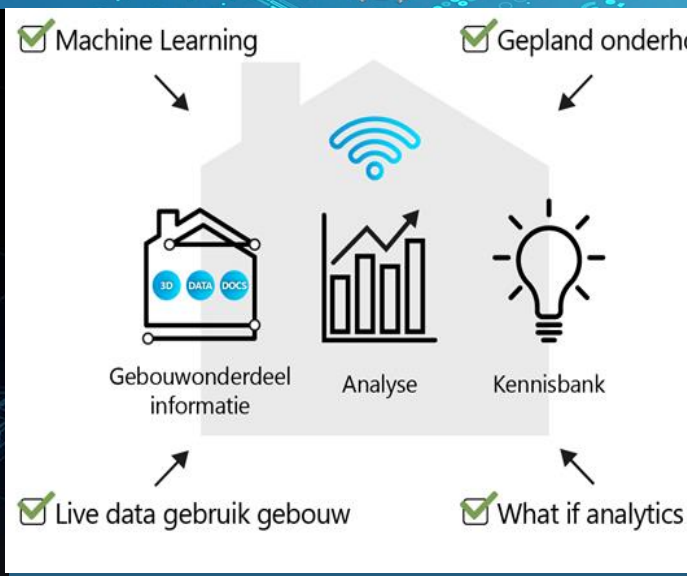
- I. Digital twin: wat en waarom?
- II. Datalogische eisen aan digital twins
- III. Implementatievereisten voor digital twins
- IV. Conclusies



1. Digital twin: wat en waarom?



Voorbeelden Digital Twins





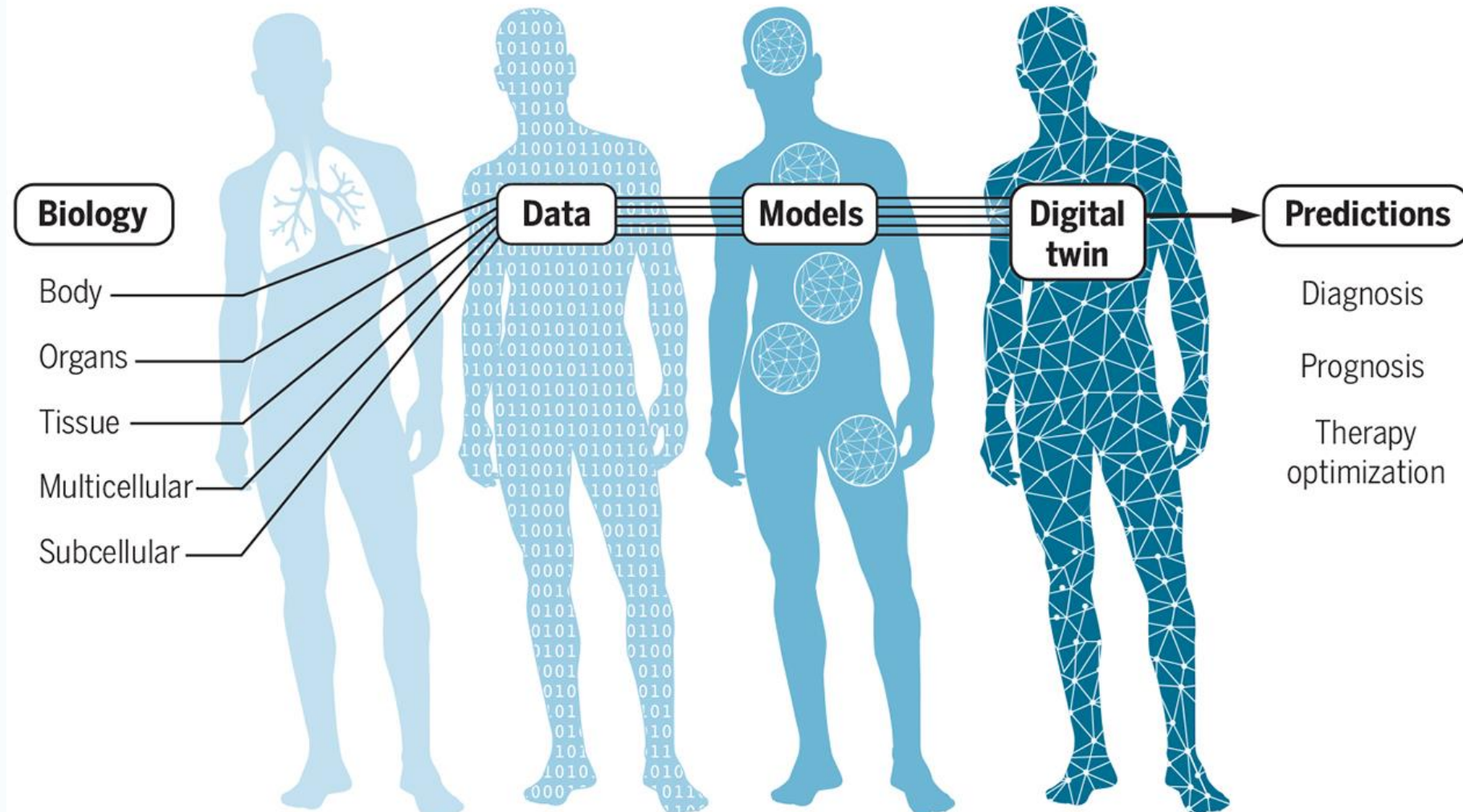




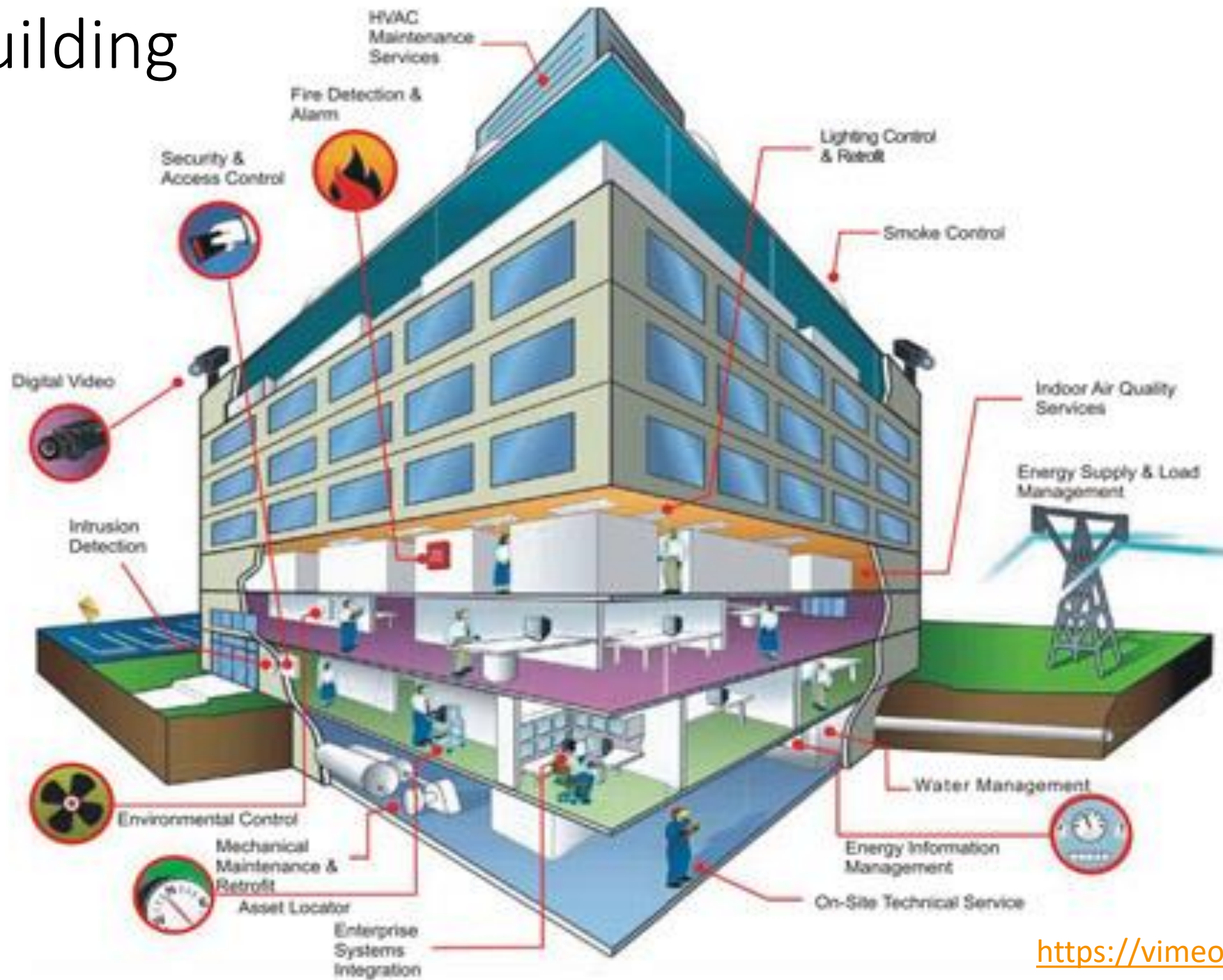
Mens

Building a personalized digital twin

Data from multiple scales are needed to build computational representations of biological processes and body systems that are affected by viral infection. These submodels are integrated and personalized with clinical data from individual patients. The digital twin can then be used to derive predictions about diagnosis, prognosis, and efficacy and optimization of therapeutic interventions.

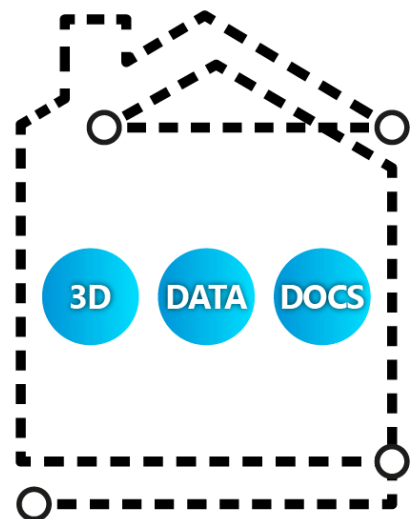


Smart building

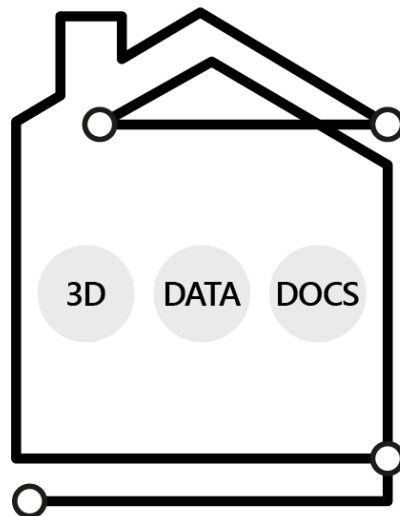


BIM

Virtuele omgeving



Virtueel ontwerp



Huidige situatie

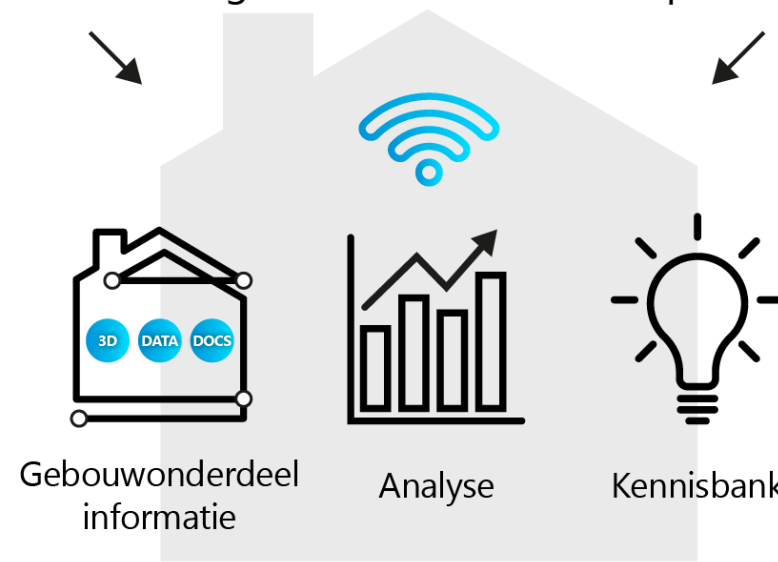
GESTRUCTUREERDE UITWISSELBARE DATA

DIGITAL TWIN

Virtuele omgeving + werkelijke omgeving

✓ Machine Learning

✓ Gepland onderhoud



✓ Live data gebruik gebouw

✓ What if analytics

VOORLOPIG ONTWERP

DEFINITIEF ONTWERP

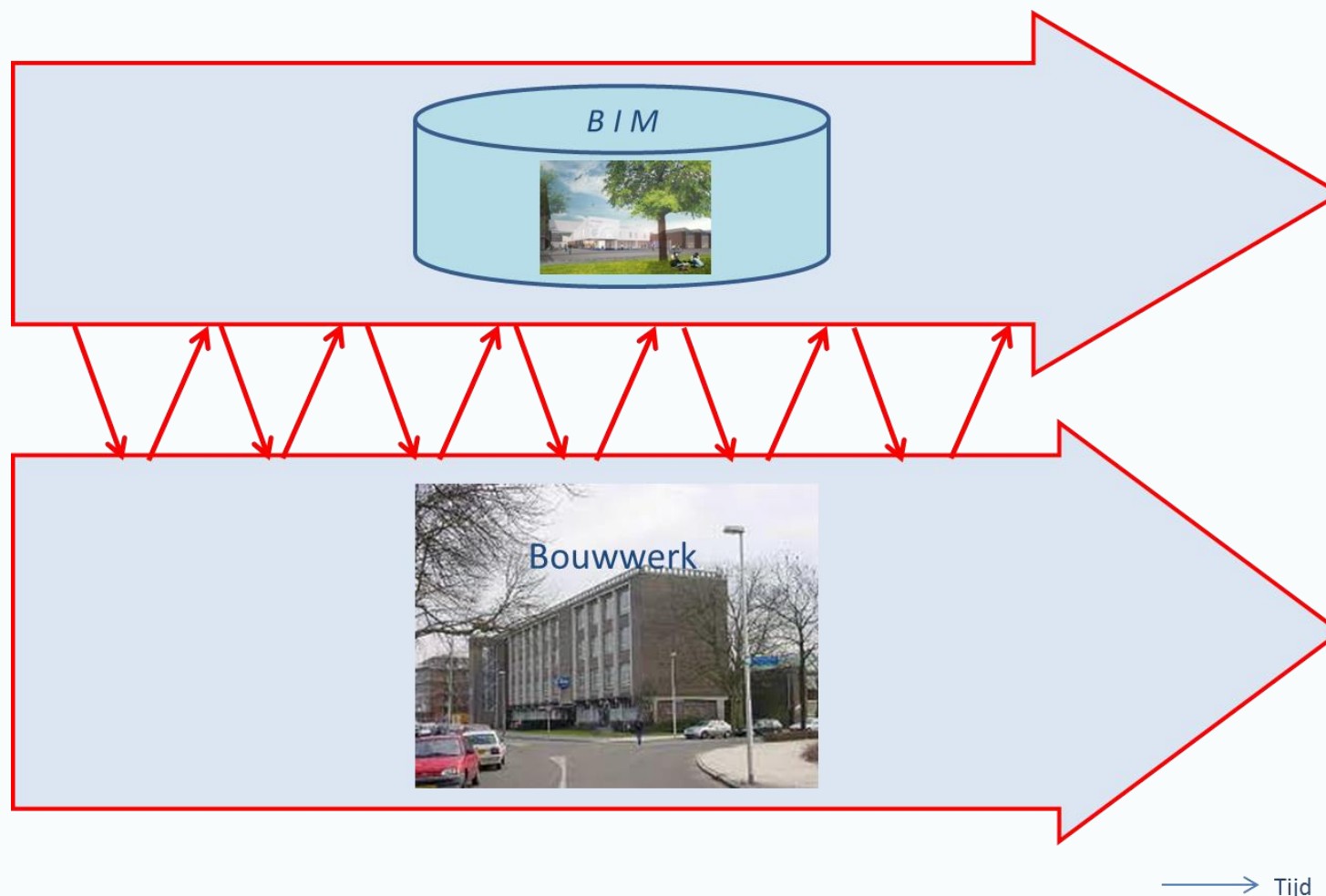
UITVOERING

BEHEER EN ONDERHOUD

HERBESTEMMING



PLM: Virtueel bouwen en beheeren





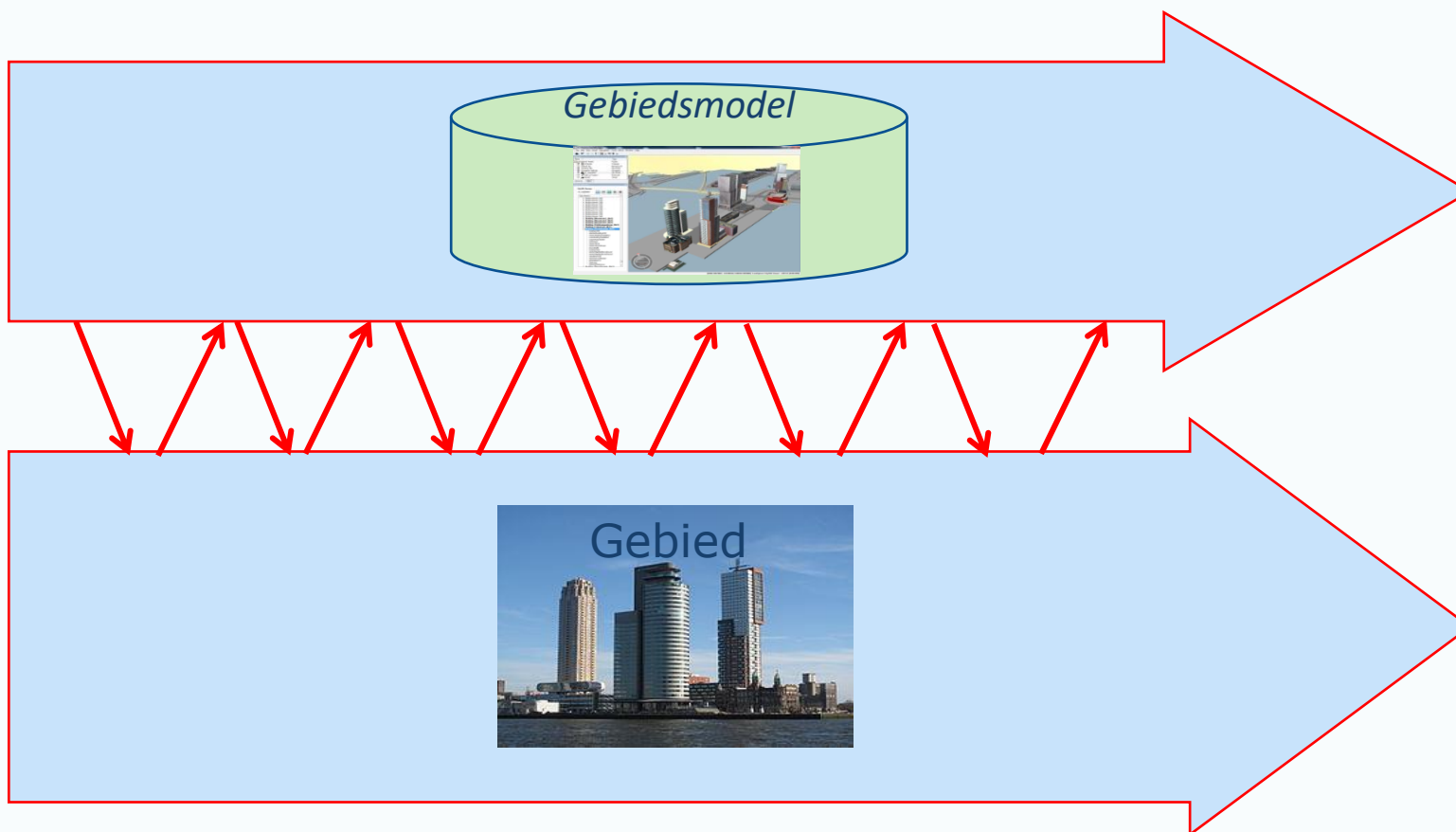
Smart city



<https://youtu.be/soAjc8caTRw>



Virtueel ontwikkelen en beheeren



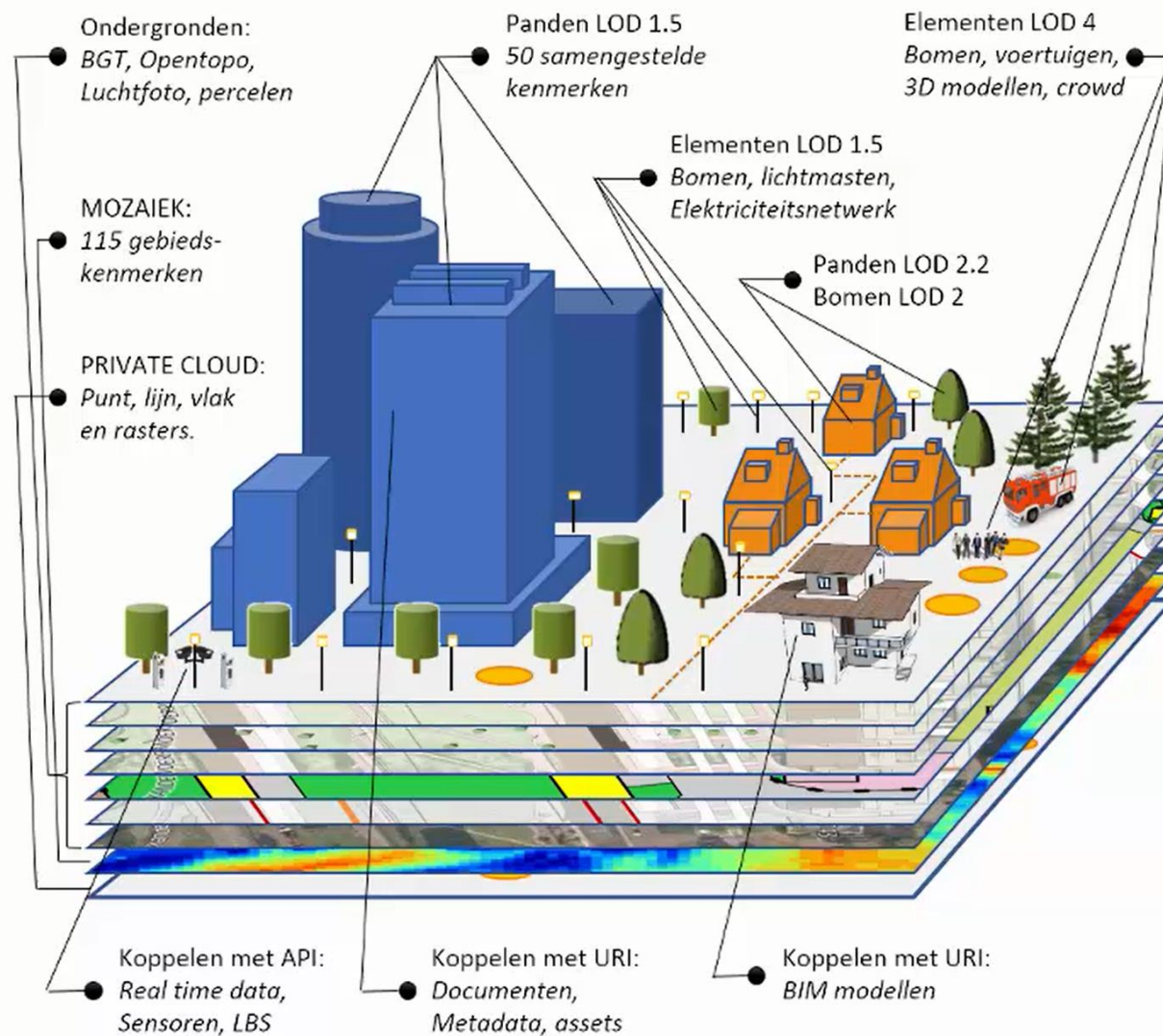


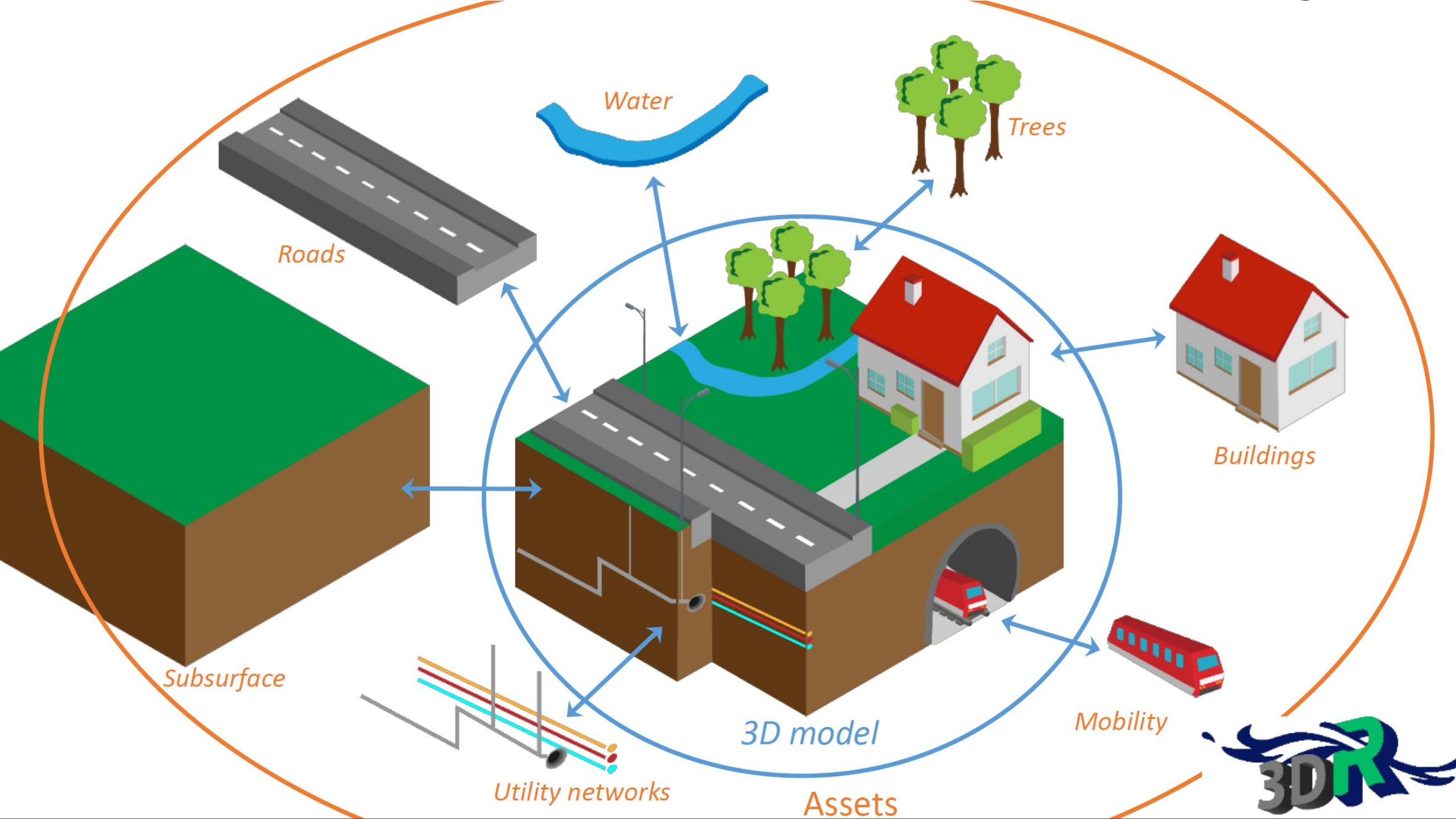
Nederlands voorbeelden

- Omgevingsserver; zie video: <https://www.spotinfo.nl/wp/wp-content/uploads/2021/02/SPOTinfo-managed-dataplatform.mp4>
- 3D-stadsmodellen Rotterdam, Den Haag, Groningen, Eindhoven, enz.
- Schiphol, Havenbedrijf Rotterdam
- en meer



Omgevingsserver managed data platform





Water safety



Simulations



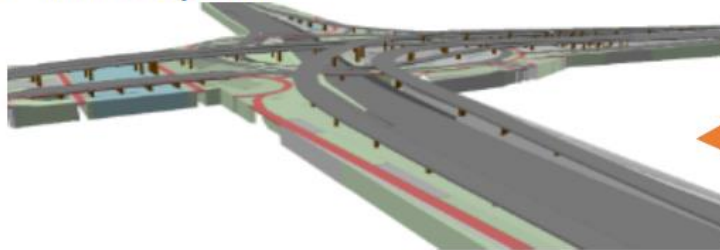
Serious gaming

BIM Design



Communication

Public space



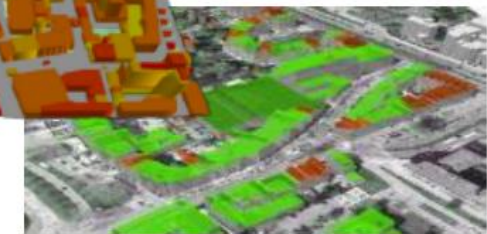
Assetmanagement Subsurface



City marketing



Enviromental law



Monitoring the city





Essenties van een digital twin



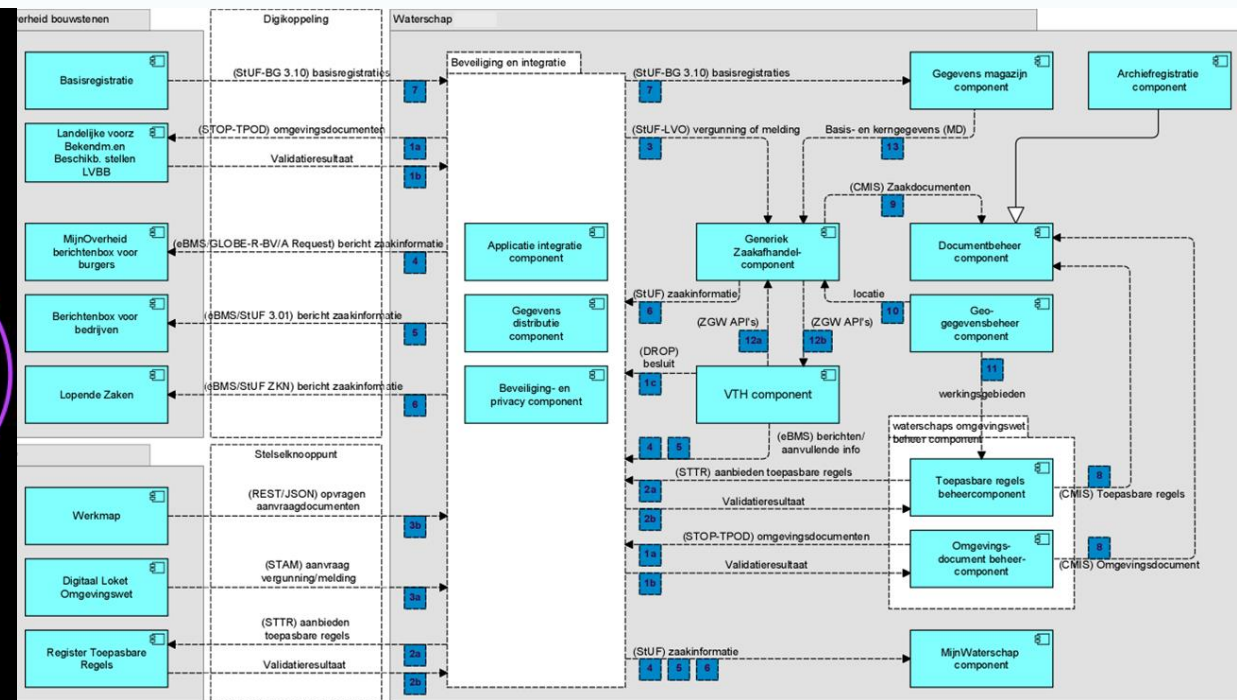
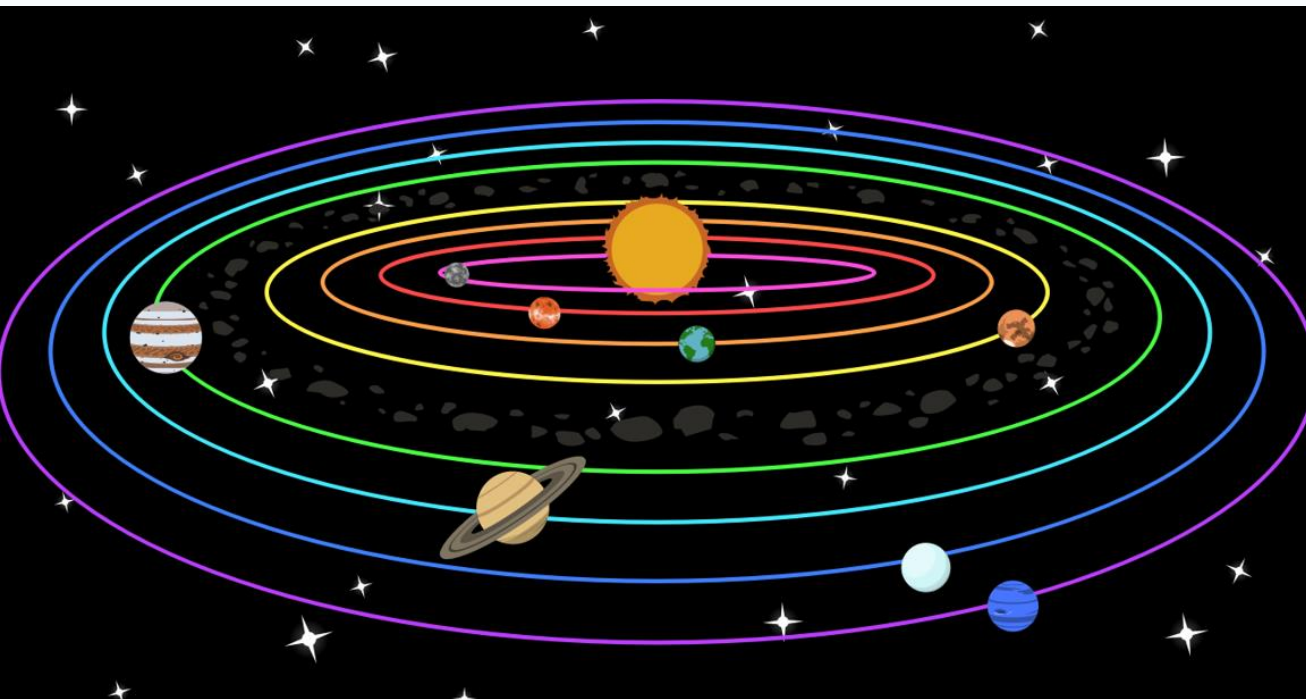
Digital twin: wat?

1. Een dt is een ***model***
2. Een dt is een ***dynamisch*** model
3. Een dt is een model met ***terugkoppeling***
4. Een dt is ***integraal***



Systeem

- Verzameling objecten die door hun onderlinge relaties een geheel vormen





Voorbeelden van modellen

Maquette

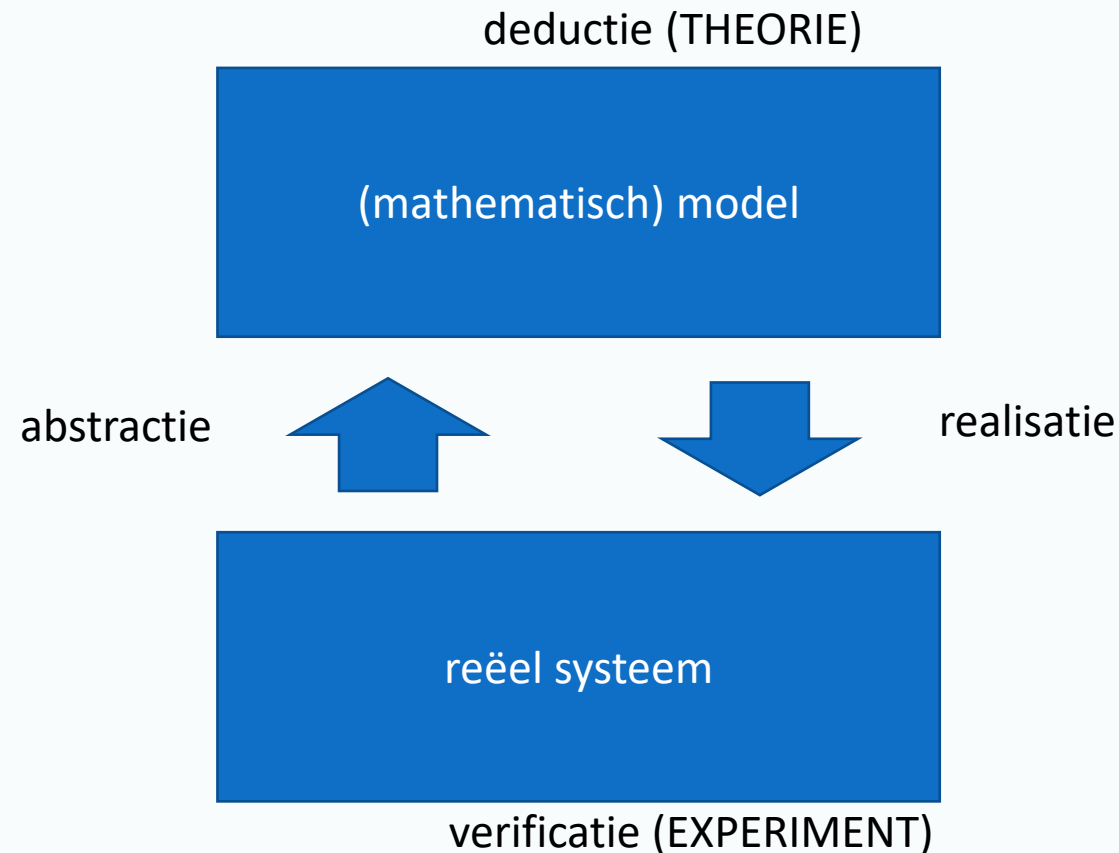
transformatie
door
verschaling,
materiaal-
afbeelding, enz.





Voorbeelden van modellen

modelcyclus



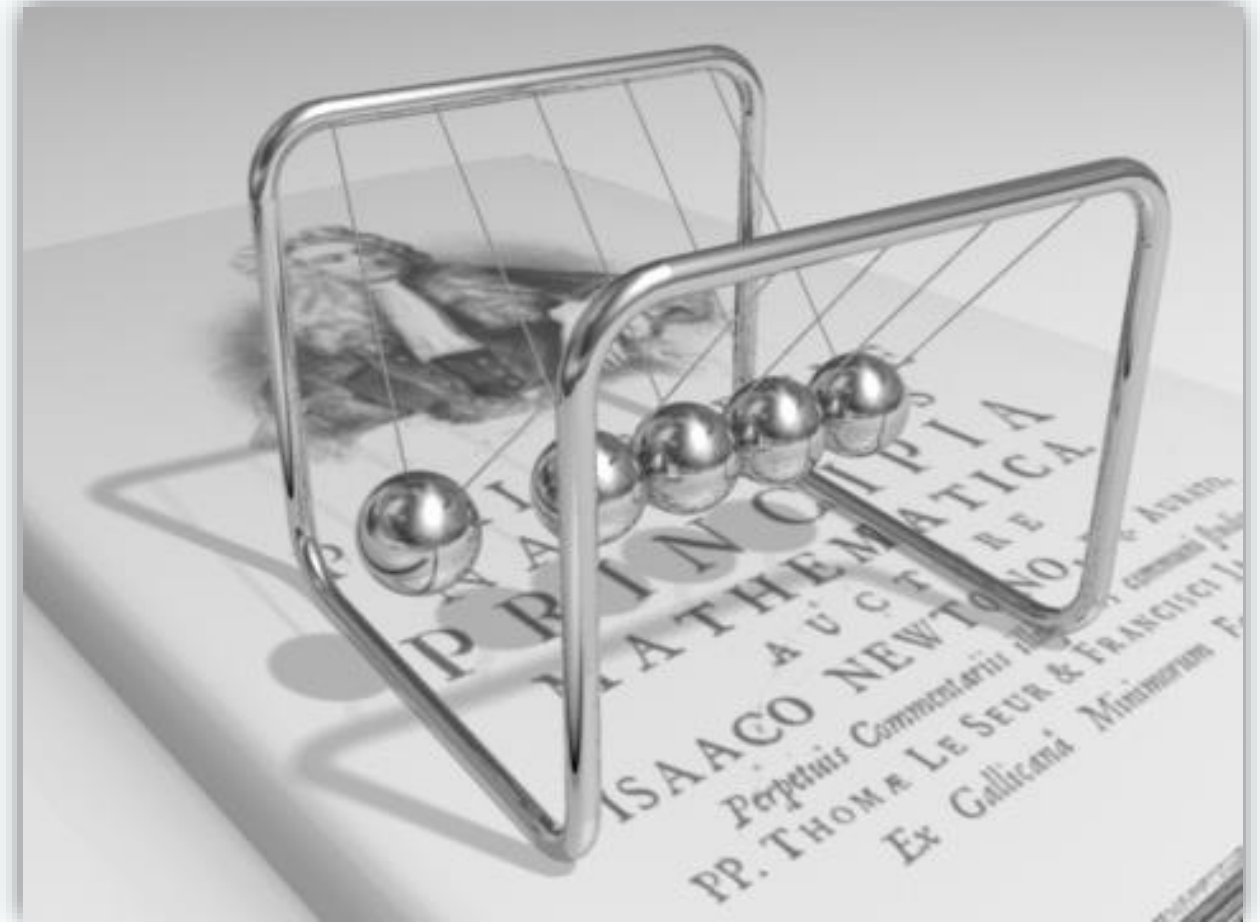
vrij naar: Hanken & Reuver



Voorbeelden van modellen

Derde wet van Newton:

Actie = - Reactie

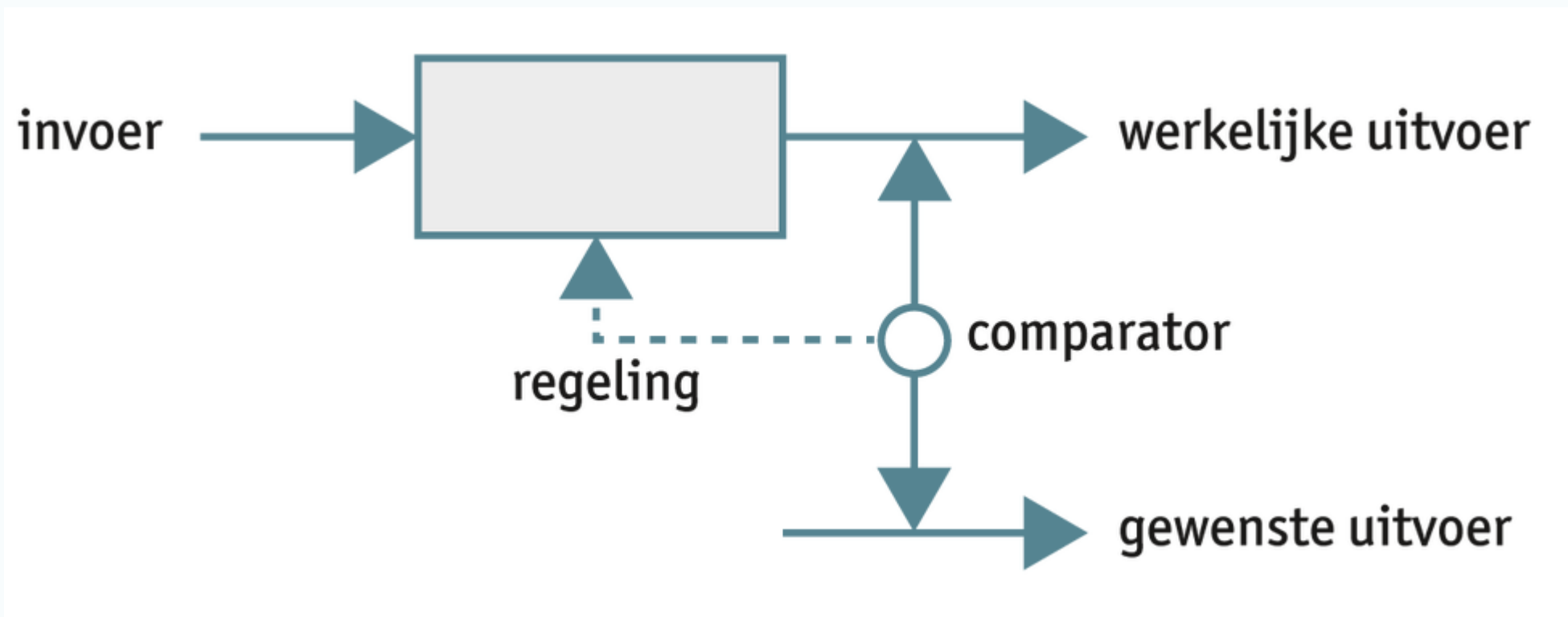






Model met (realtime) terugkoppeling

‘closed loop’ tussen virtuele en werkelijke wereld!



Weather information +

+ Bridge monitoring

+ Water levels

+ Water quality monitoring

Soil moisture +

+ Groundwater levels

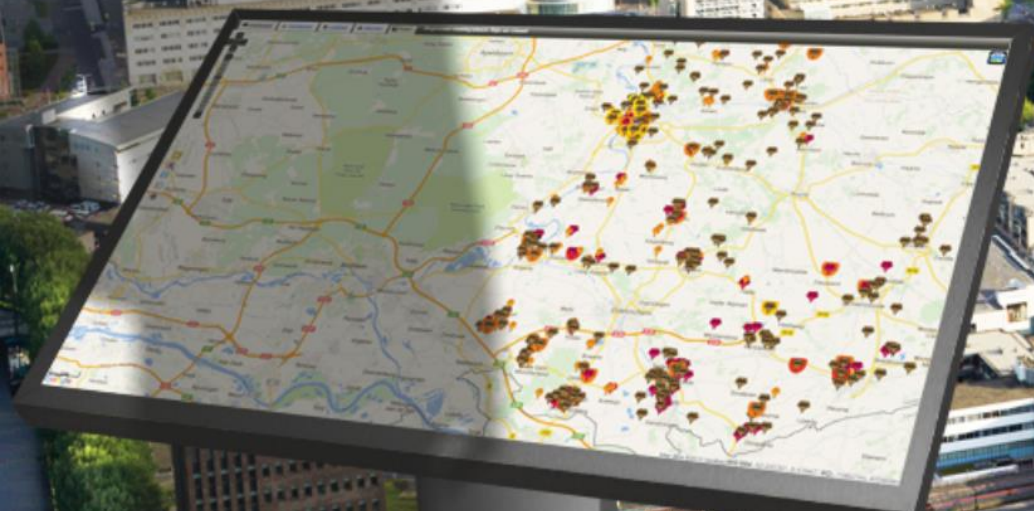
+ Light control

+ Pumping st

+ Fountain control

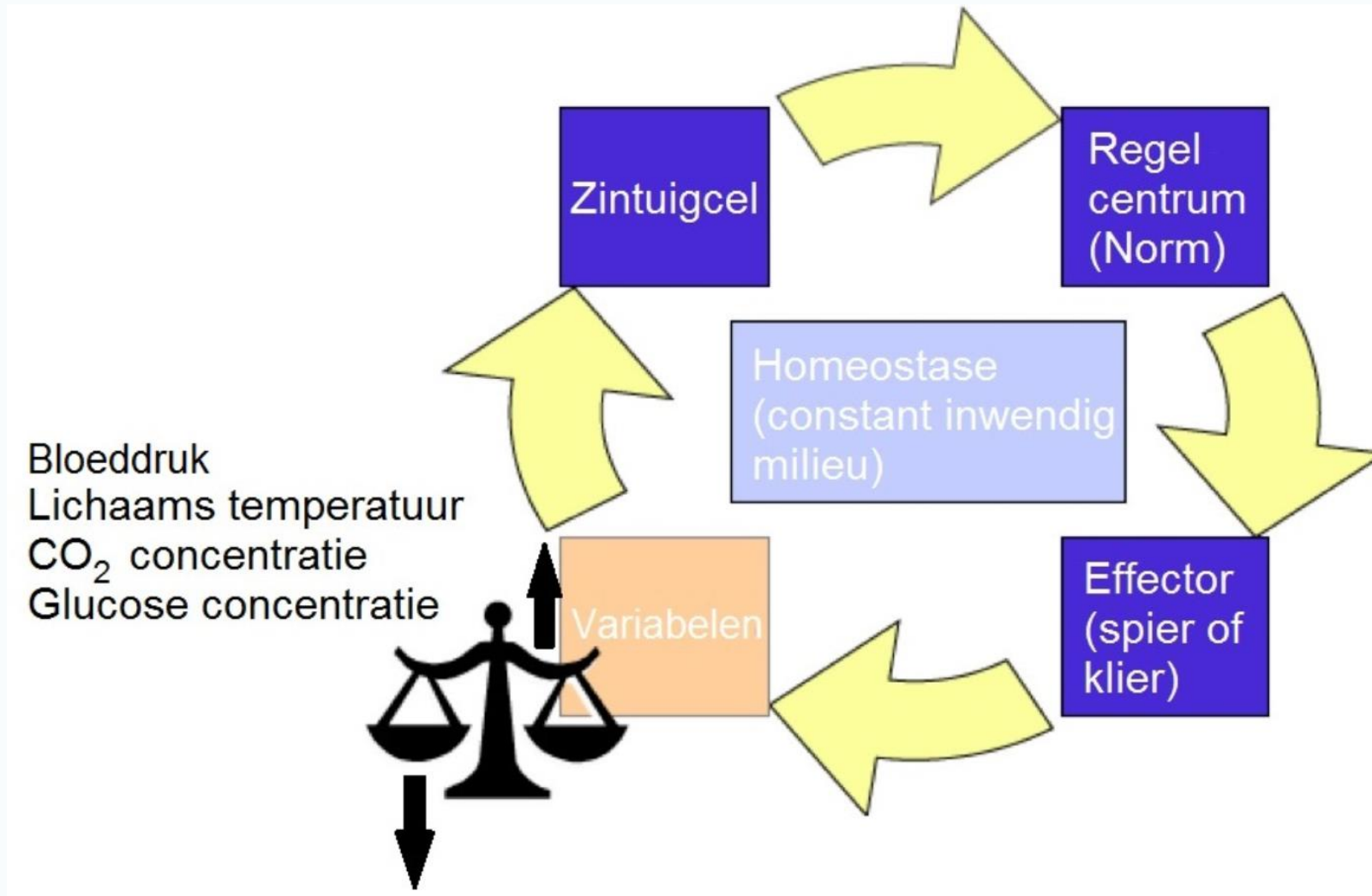
+ Park route information

Sewage information +



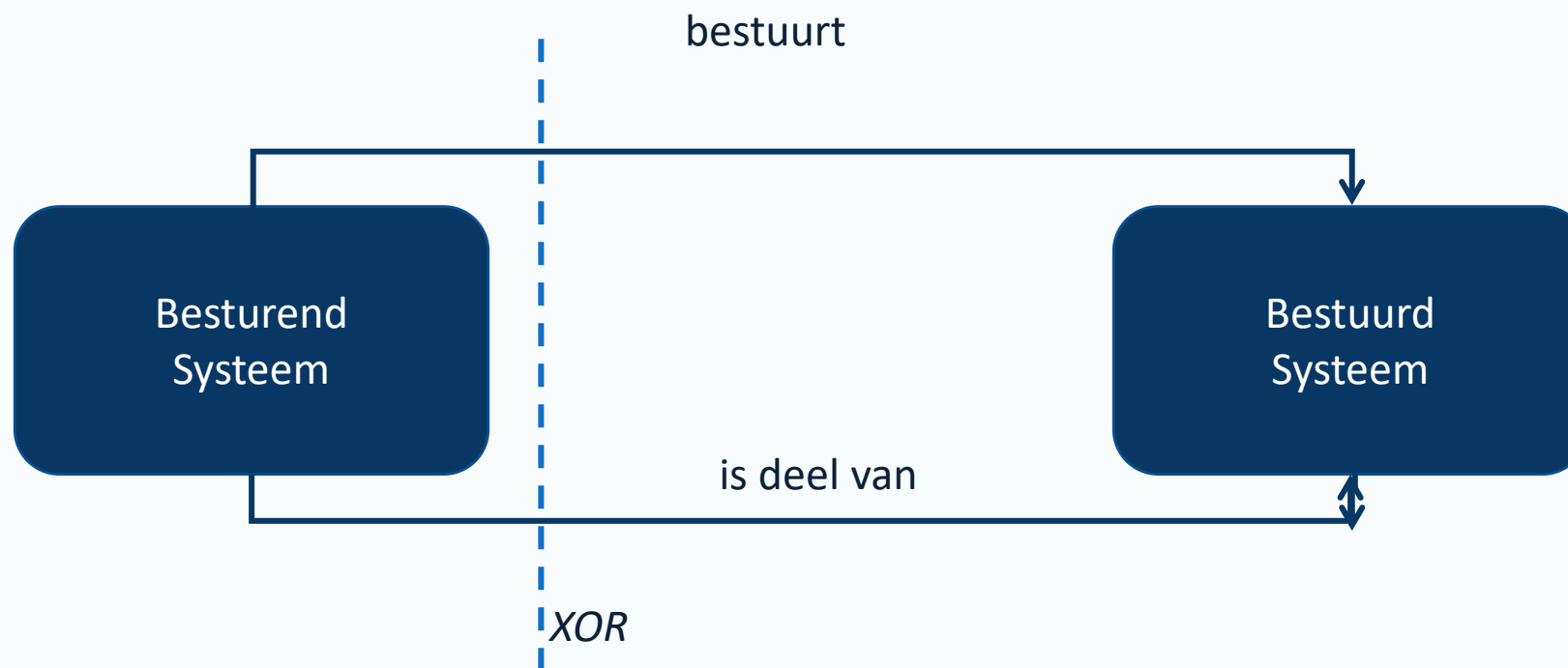


Homeostase



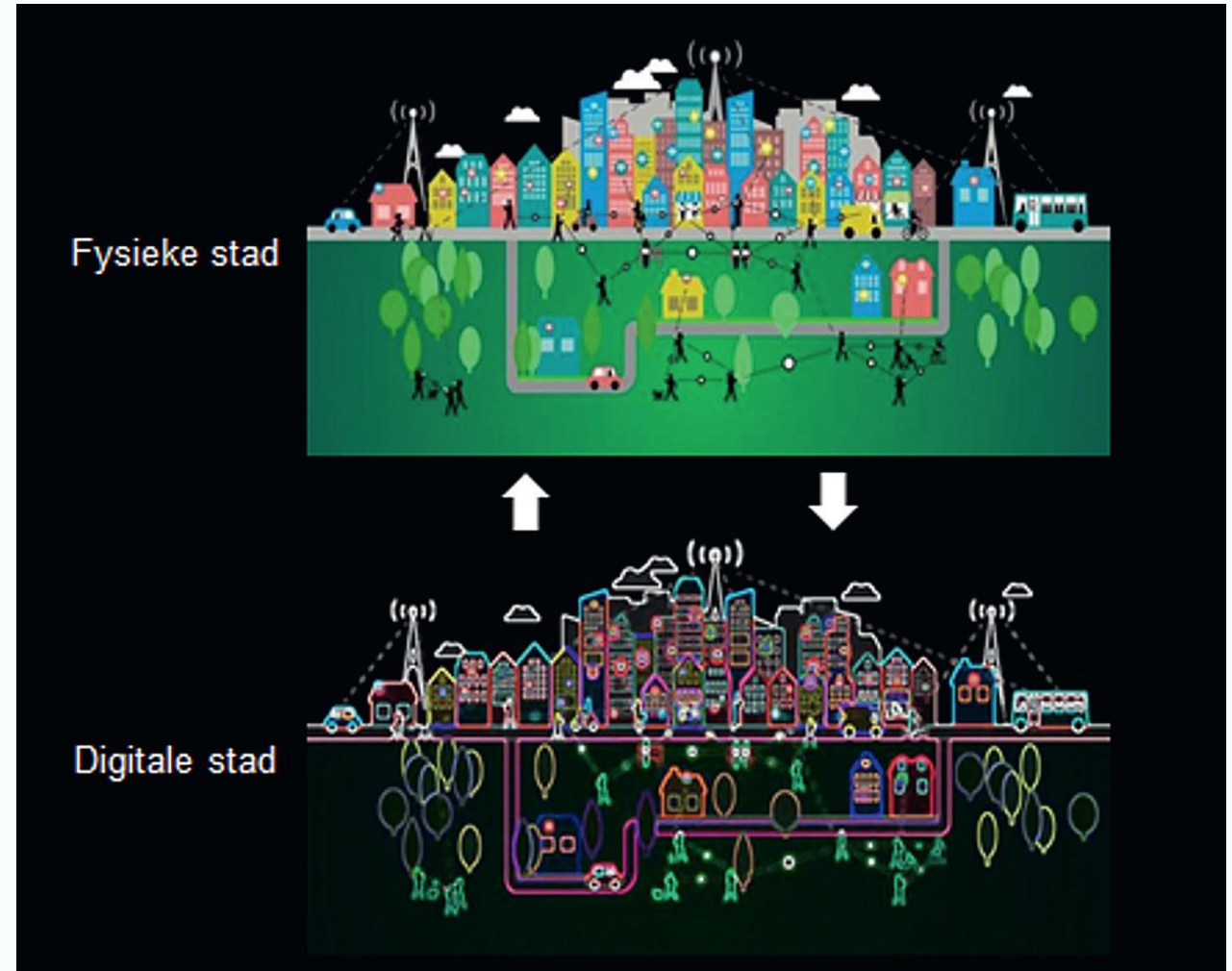


Herhaalde besturing





Een DT is *integraal*





2. Datalogische eisen aan digital twins



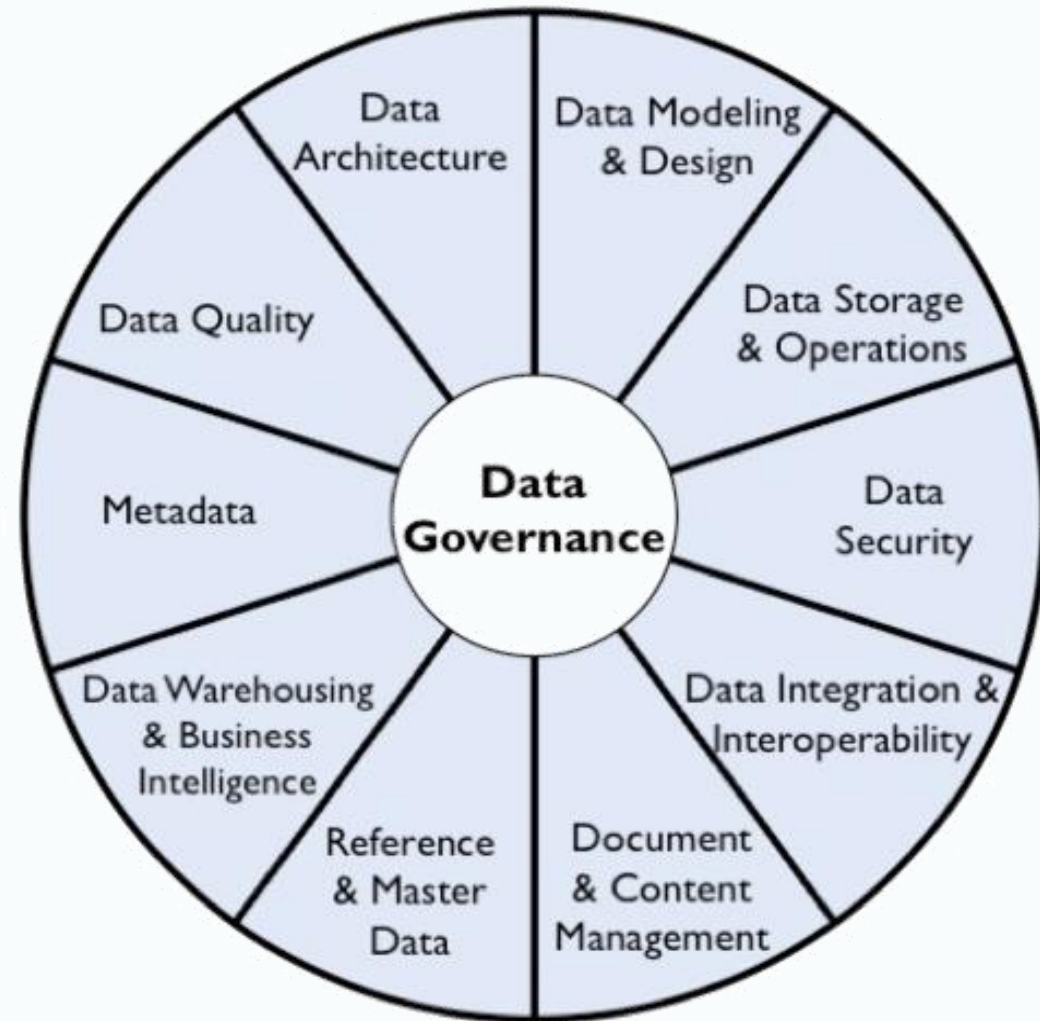
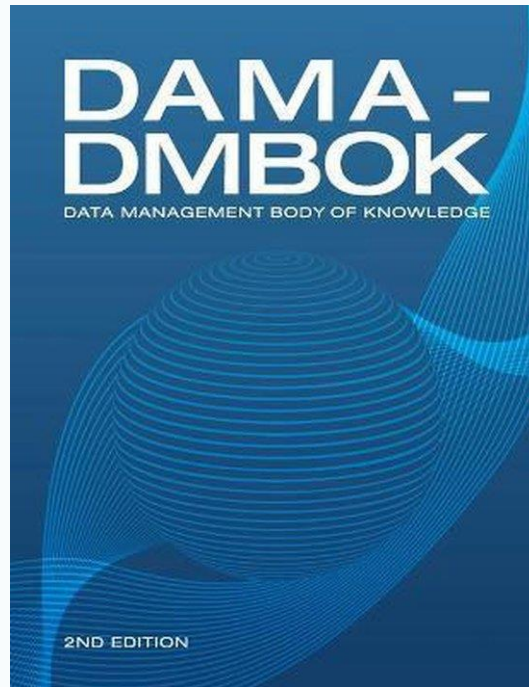
Datalogie (gegevenskunde)

(zoals het zou kunnen/ moeten bestaan)

- Wetenschappelijke basis voor ontwikkeling, beheer en gebruik van gegevens en gegevensverzamelingen.
- Onderwerpen:
 - grondslagen (logica, verzamelingenleer, linguïstiek en meer)
 - technologie: databases, webtechnologie, algoritmen
 - gegevensmodellering
 - bouw en beheer van gegevenssystemen
 - gegevensmanagement, gegevenskwaliteit, organisatie
 - data-analyse
 - AI, neurale netwerken, enz.
 - gegevensrecht, beveiliging, ethiek
 - domeingerichte gegevenskunde, bijv. ruimtelijke gegevenskunde



DAMA Wheel



Copyright© 2017 DAMA International



Digital Twin: functies

- Ontwerp
- Prototyping
- Visualisatie/ VR/ AR
- Simulatie
- Registratie
- Analyse
- Monitoring
- Evaluatie
- Testen
- Voorspellen
- Optimalisatie van processen
- Configuratie van producten
- Training
- Verkoop en marketing c.q. burgerparticipatie

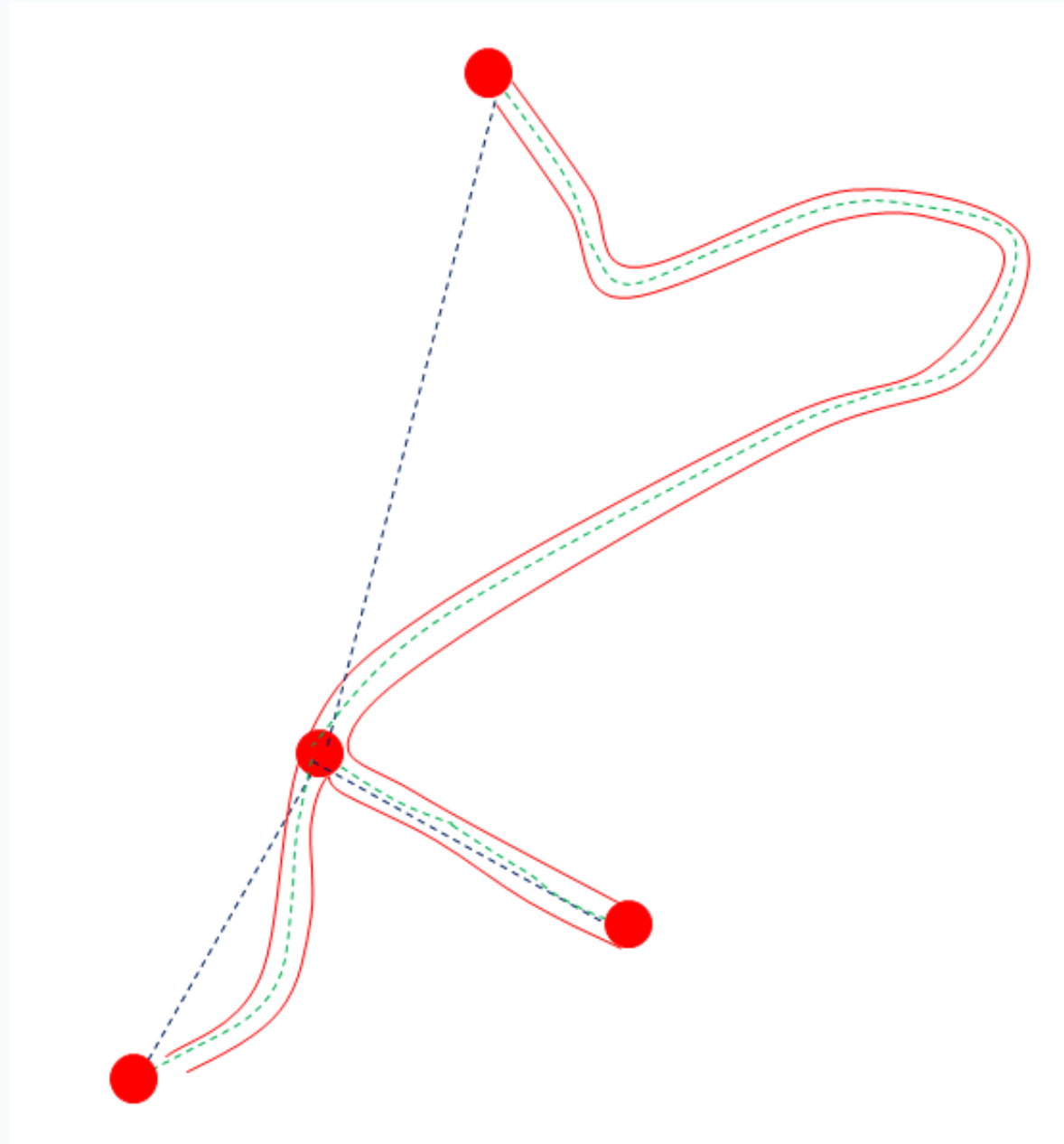


De 9 kwaliteitsdimensies van NORA

Kwaliteitsdimensie	Definitie
Juistheid	De mate waarin gegevens de echte waarde goed weergeven.
Compleetheid	De mate waarin gegevens aanwezig zijn.
Validiteit	De mate waarin gegevens voldoen aan de verwachte structuur en opslagvorm.
Consistentie	De mate waarin gegevens vrij van tegenspraak zijn en samenhang vertonen met andere gegevens.
Actualiteit	De mate waarin gegevens recent genoeg zijn.
Precisie	De mate waarin gegevens exact of onderscheidend genoeg zijn.
Plausibiliteit	De mate waarin gegevens worden beschouwd als waar en geloofwaardig door gebruikers.
Traceerbaarheid	De mate waarin de totstandkoming en het gebruik van gegevens zijn vastgelegd.
Begrijpelijkheid	De mate waarin gegevens eenvoudig gelezen en geïnterpreteerd kunnen worden door gebruikers.

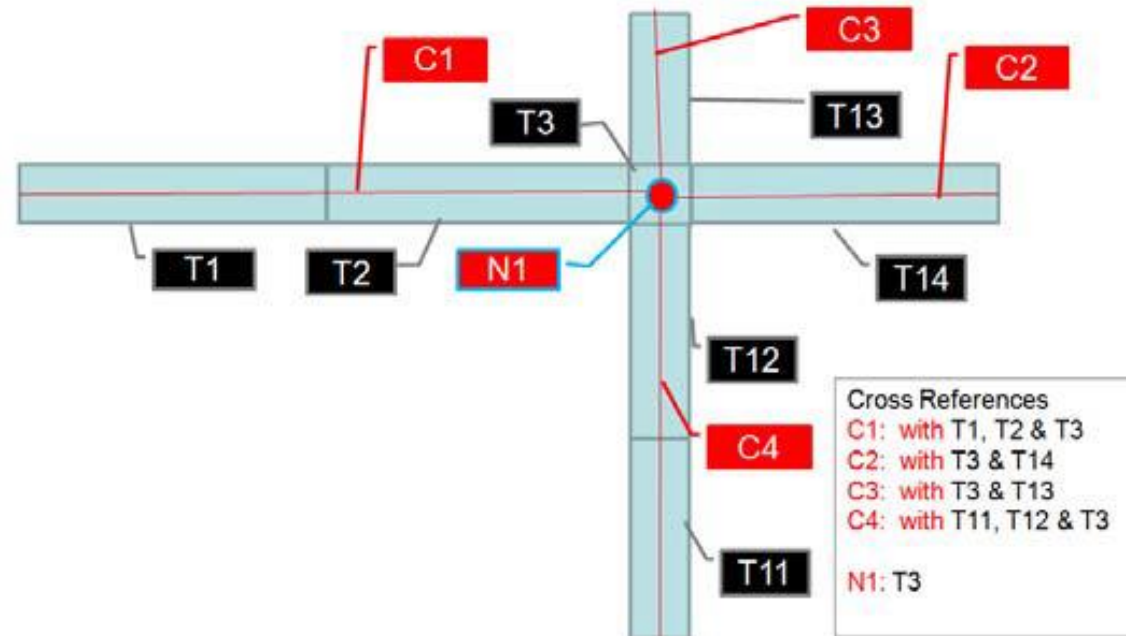


Alternative transport network Representations (INSPIRE)



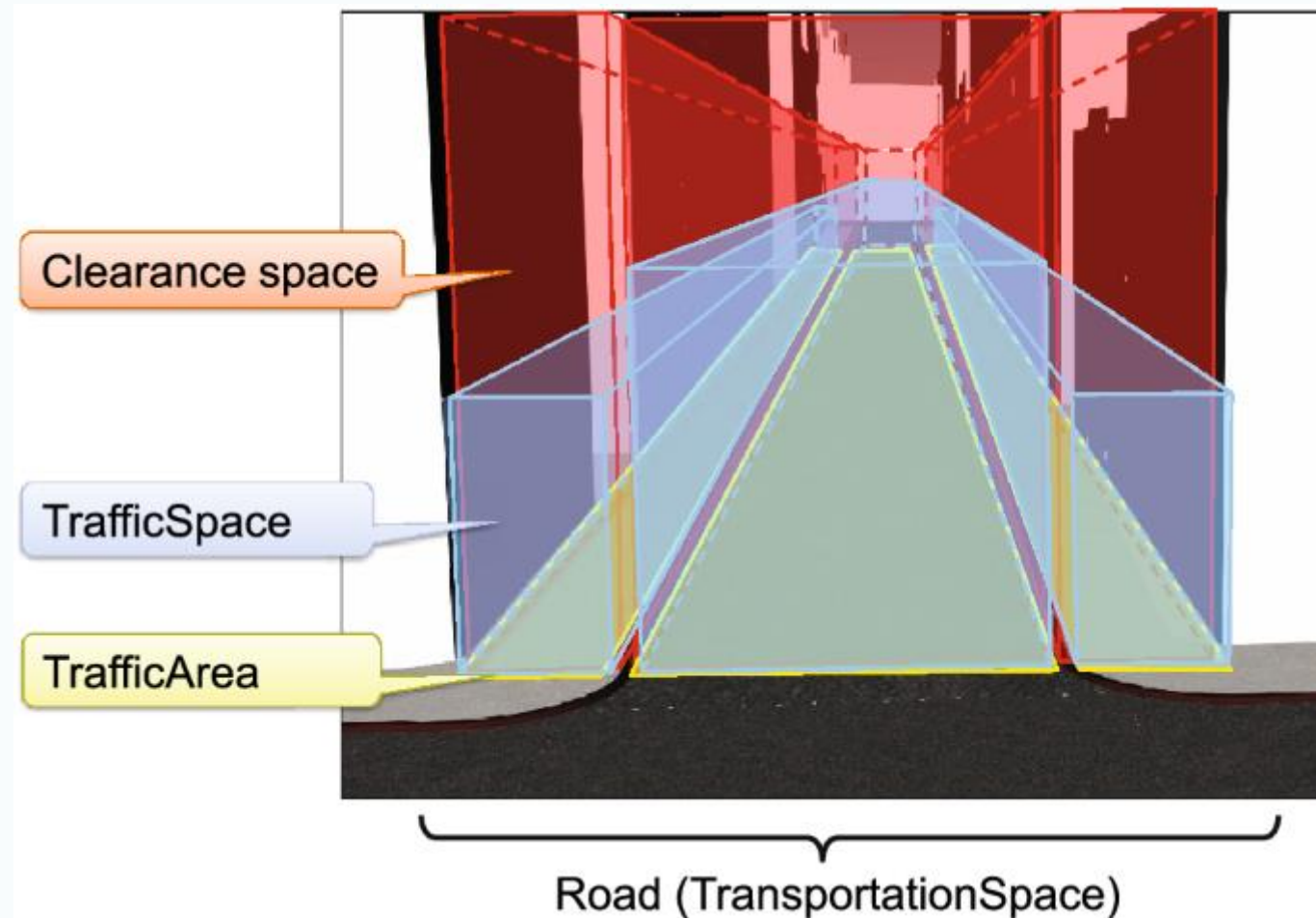


Linking centrelines and topographic (area) representations – roads example.





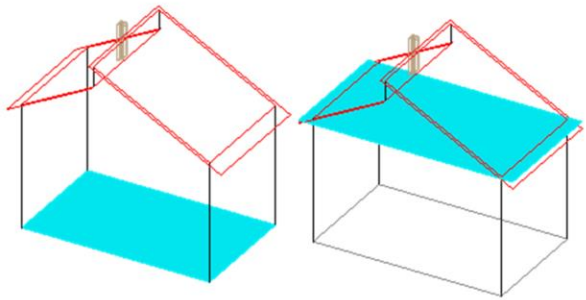
CityGML 3.0



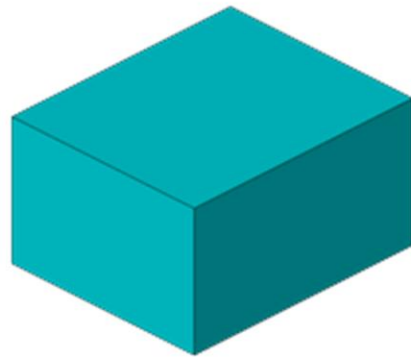


Level of Detail in CityGML 3.0

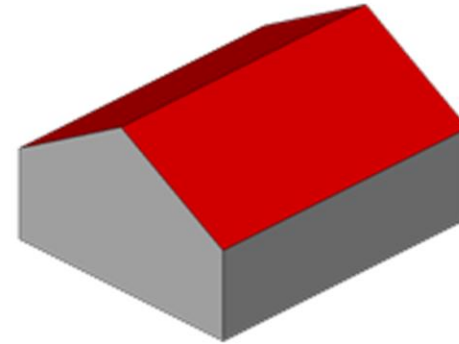
LOD0



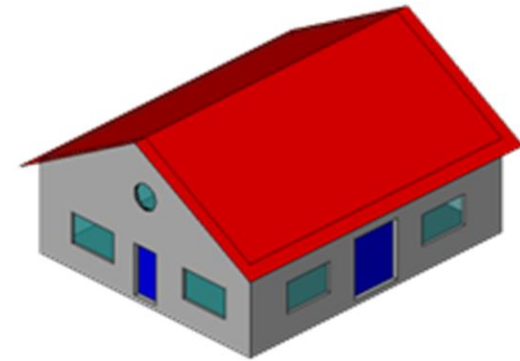
LOD1

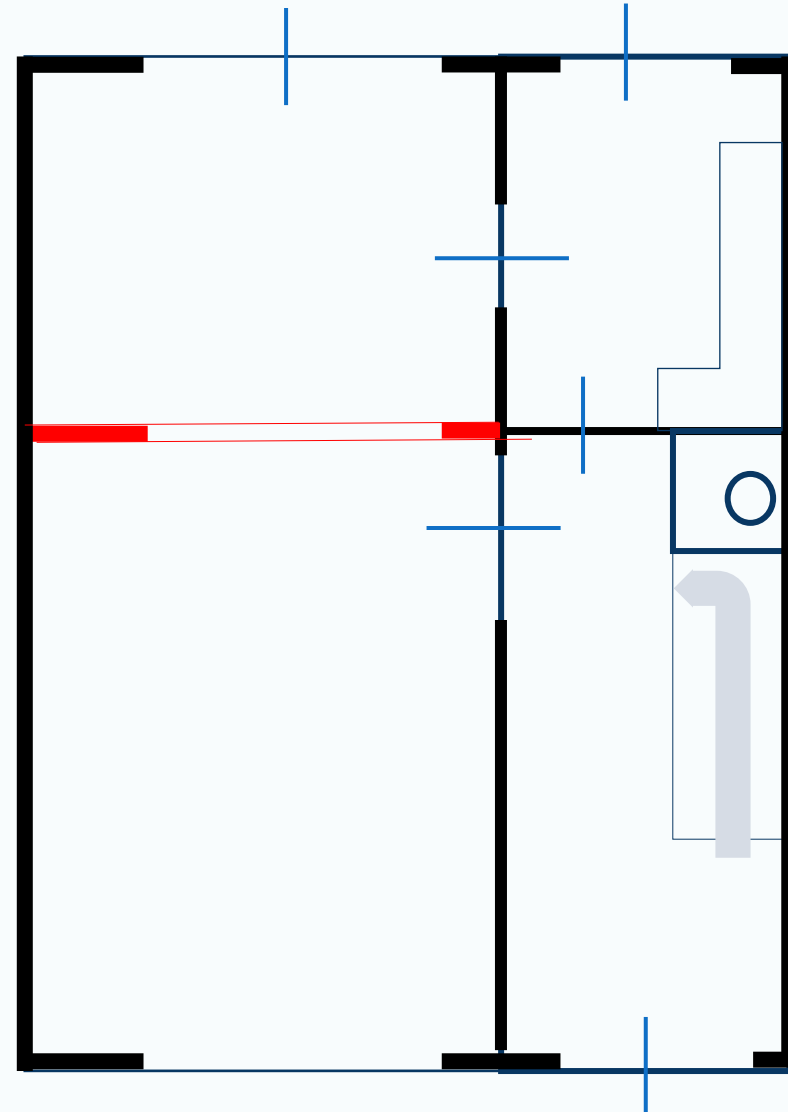


LOD2



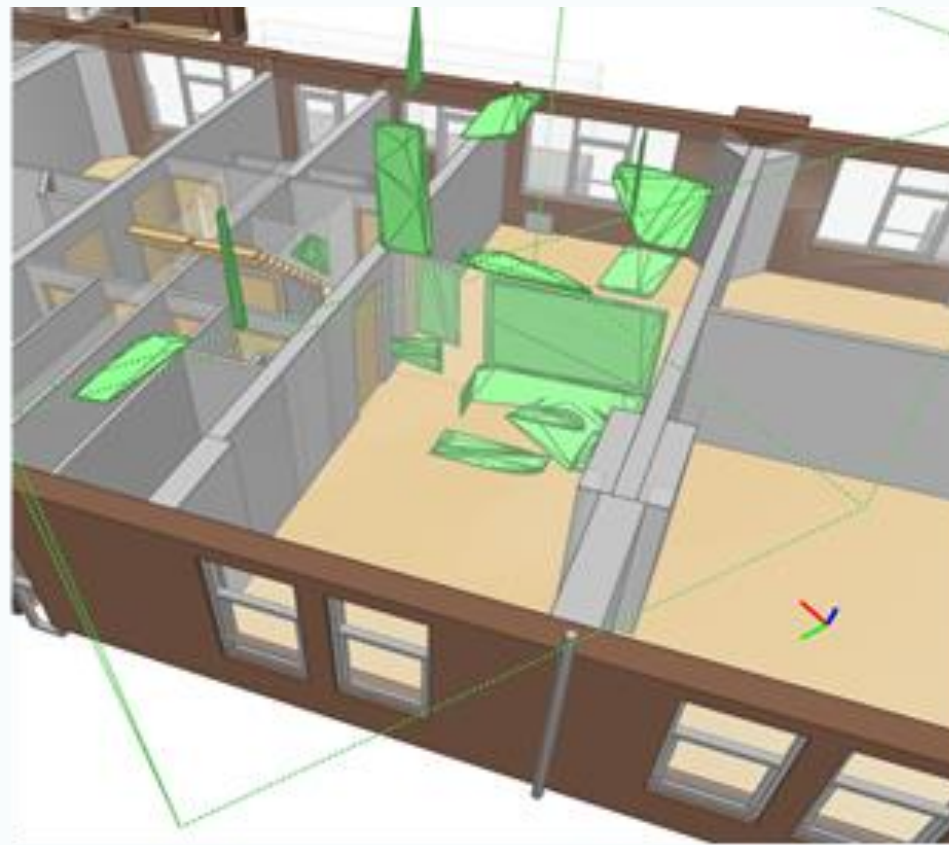
LOD3







Vergelijking as designed – as built in BIM mbv LiDAR



bron: T3D/CGI 2021

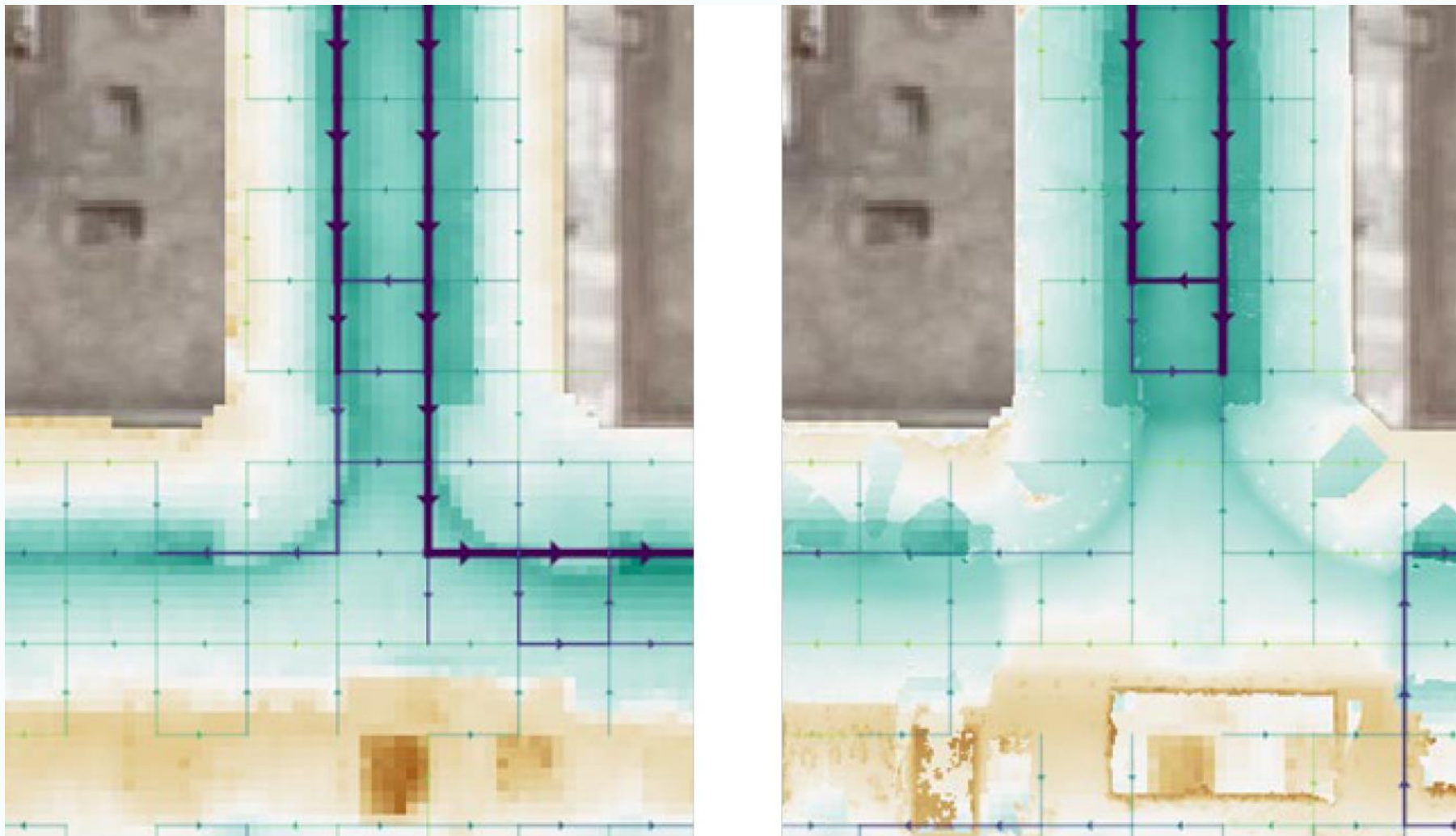


Geometrische validiteit





Watermanagement zonder en met verkeersdrempel



bron: T3D/
Nelen en Schuurmans,
2021



natgeotv.com



Ruimtelijke dekking



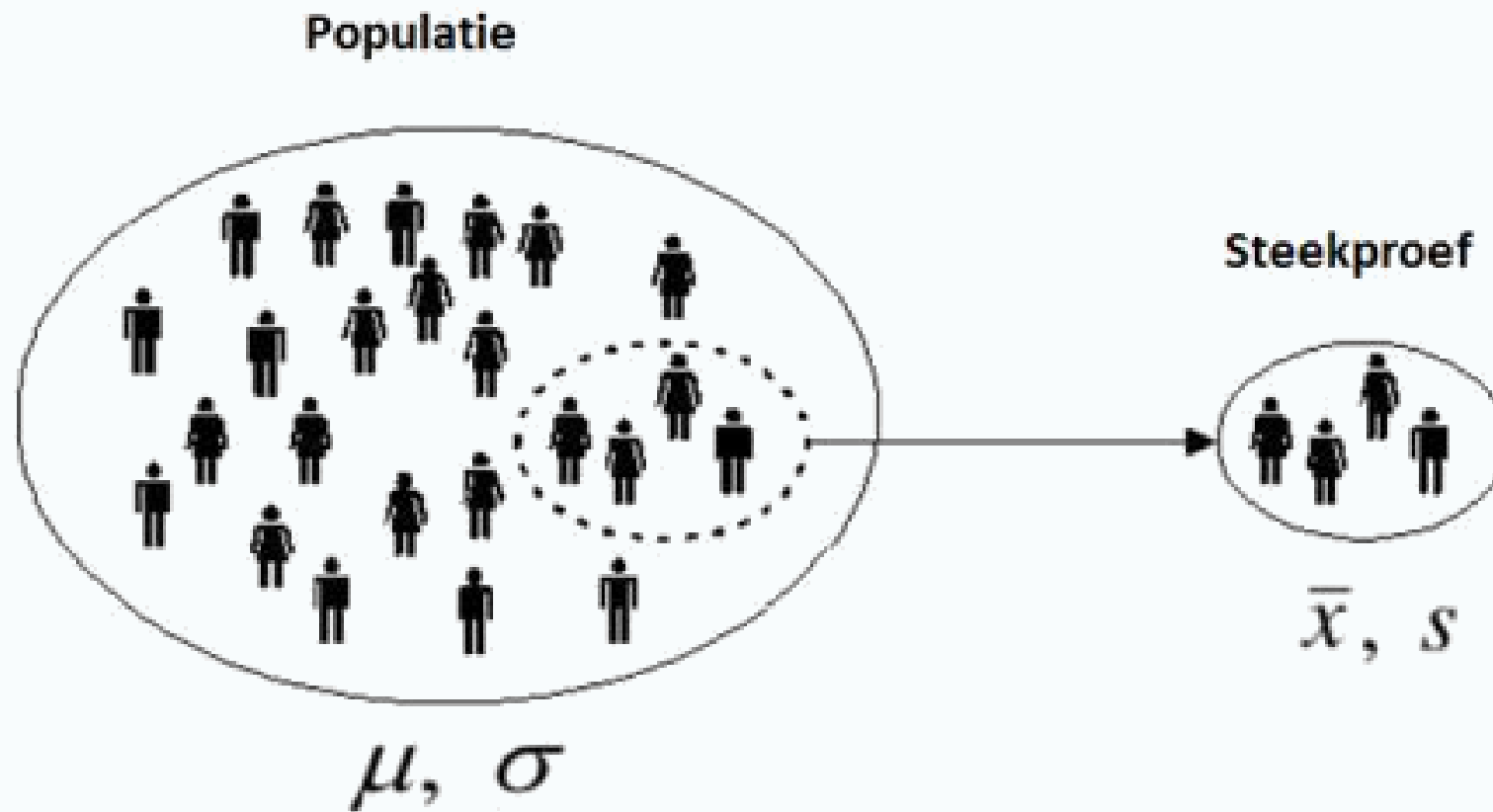


Voorbeeld m.b.t. (on-)volledigheid





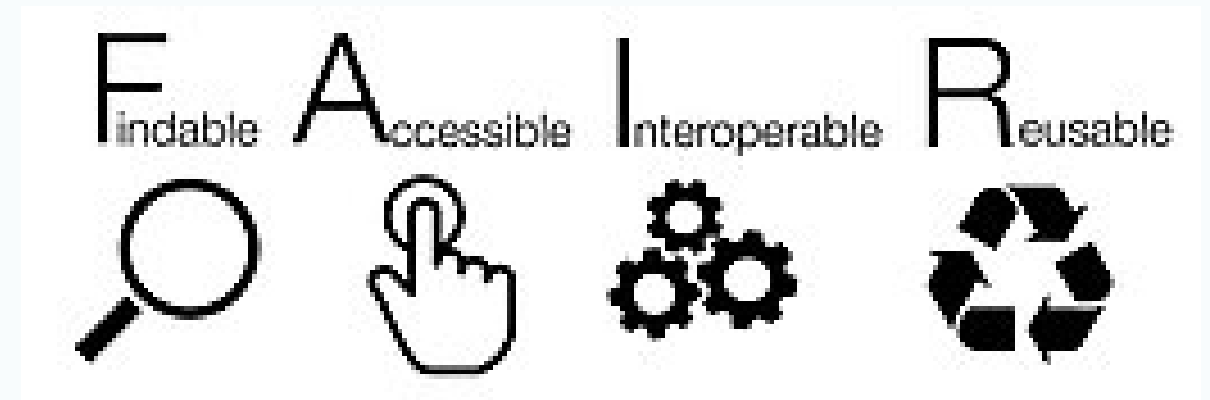
Representativiteit





GO FAIR

- richtlijnen voor de manier van beschrijven, opslag en publicatie van wetenschappelijke data; ook breder toegepast;
- community (GO FAIR Initiative); FAIRification workgroups
- FAIR principles:
 - **F**indable - vindbaar
 - **A**ccessible - toegankelijk
 - **I**nteroperable - uitwisselbaar
 - **R**eusable - herbruikbaar
- uitgewerkt in 15 principes







4 lagen metamodel (OMG)

Metaniveau	Omschrijving	Elementen
M3	MOF, verzameling van constructies voor definiëren van metamodellen	MOF klasse, MOF attribuut, MOF Associatie, MOF operatie, etc.
M2	Metamodellen (UML, CWM, etc.), bestaande uit instanties van MOF constructies	UML klasse, UML associatie, UML attribuut, etc.
M1	Modellen, bestaande uit instanties van M2 metamodel constructies	Klasse "Order", klasse "Klant", attribuut "naam" etc.
M0	Objecten en data, de instanties van M1 model constructies	Order 43123, Artikel 8RB31, etc.



De 9 kwaliteitsdimensies van NORA

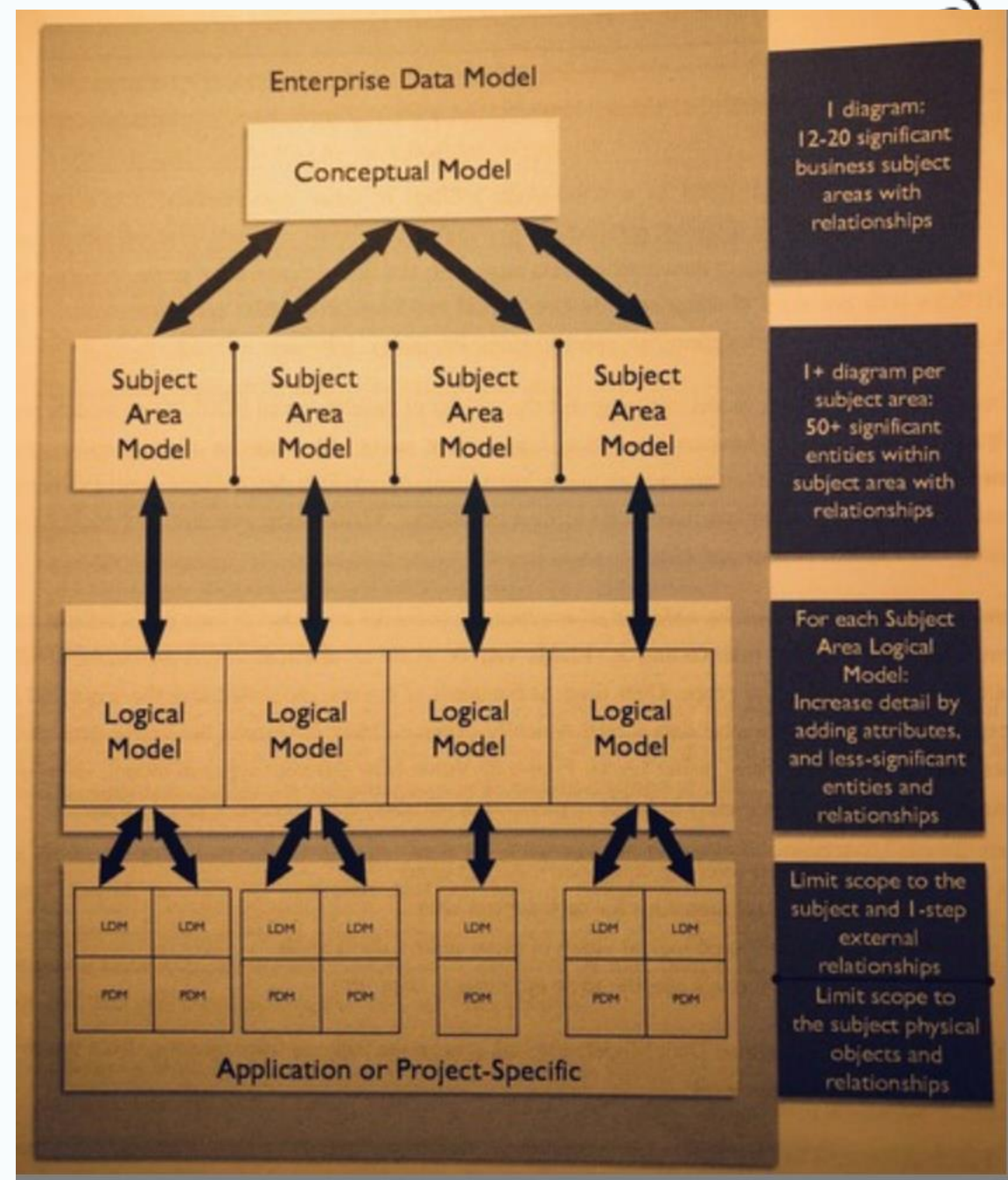
Kwaliteitsdimensie	Definitie
Juistheid	De mate waarin gegevens de echte waarde goed weergeven.
Compleetheid	De mate waarin gegevens aanwezig zijn.
Validiteit	De mate waarin gegevens voldoen aan de verwachte structuur en opslagvorm.
Consistentie	De mate waarin gegevens vrij van tegenspraak zijn en samenhang vertonen met andere gegevens.
Actualiteit	De mate waarin gegevens recent genoeg zijn.
Precisie	De mate waarin gegevens exact of onderscheidend genoeg zijn.
Plausibiliteit	De mate waarin gegevens worden beschouwd als waar en geloofwaardig door gebruikers.
Traceerbaarheid	De mate waarin de totstandkoming en het gebruik van gegevens zijn vastgelegd.
Begrijpelijkheid	De mate waarin gegevens eenvoudig gelezen en geïnterpreteerd kunnen worden door gebruikers.



3. Enkele implementatievereisten



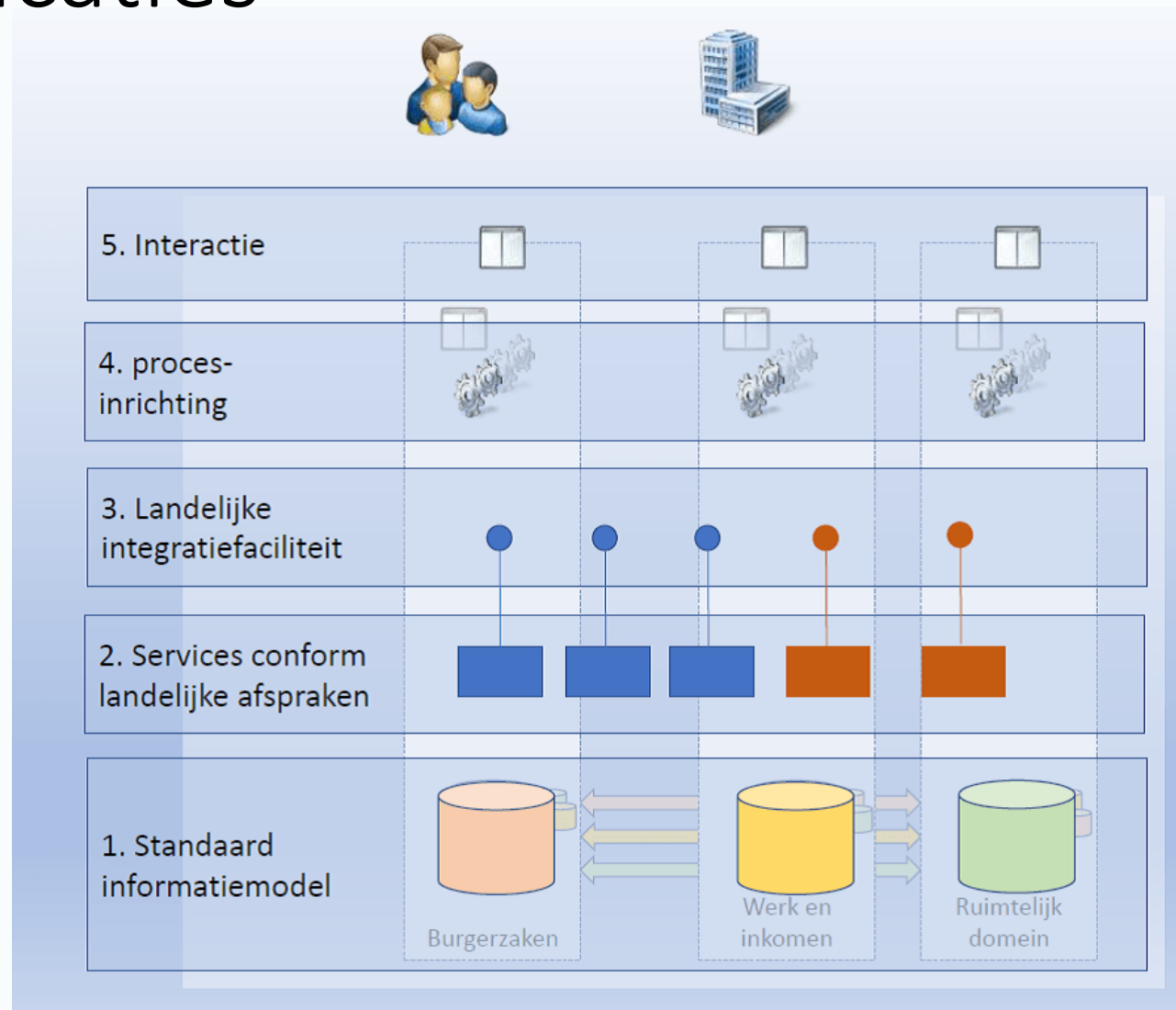
Enterprise Data Model





Scheid data van applicaties

*Voorbeeld:
Common ground
gemeenten*





Metadata repository

- Gegevenswoordenboek
- Gegevenscatalogus
- Ontologie

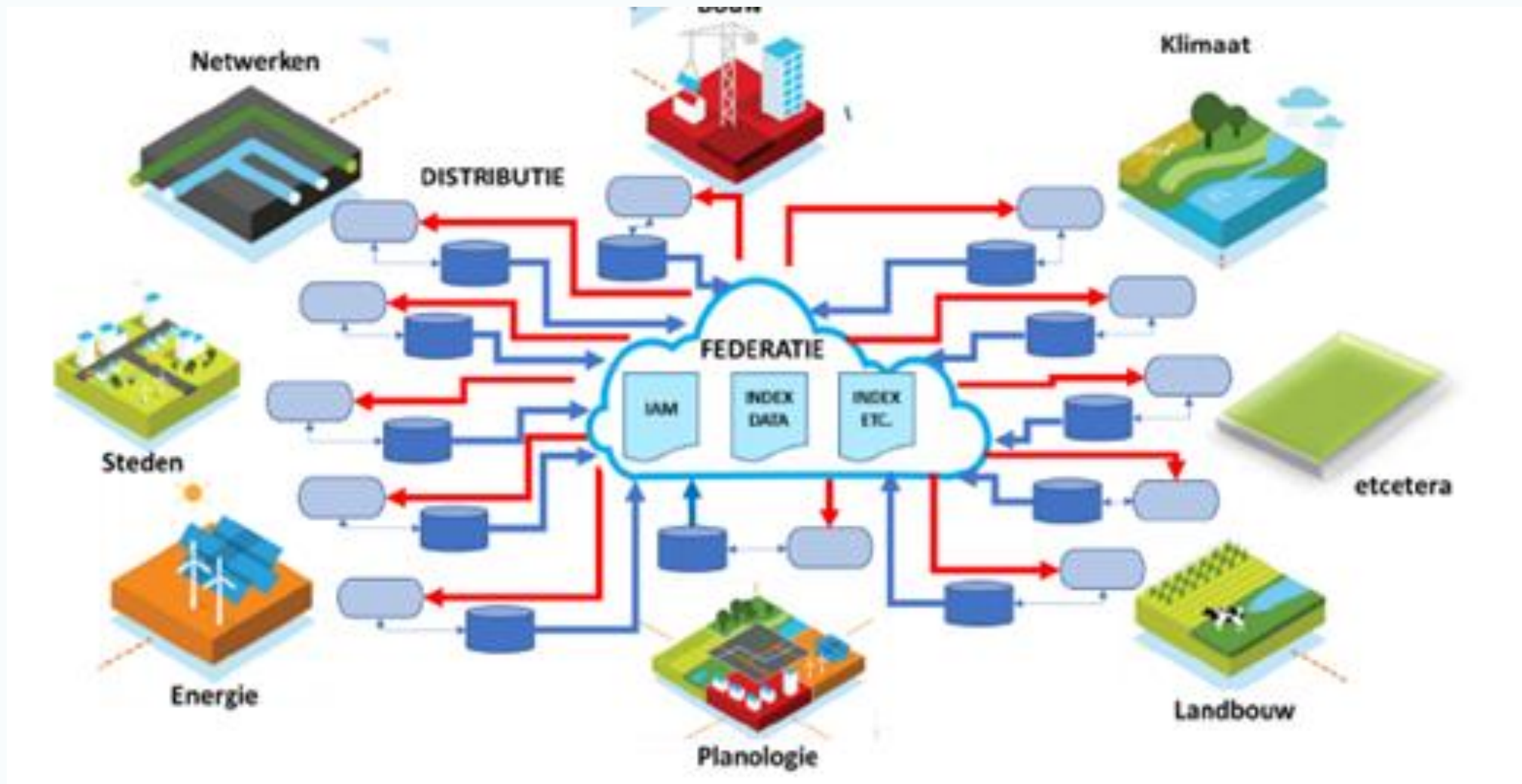


Regel de rechten

- Data-eigenaarschap
- POD (Personal Online Datastore)(ook hier: data scheiden van diensten)



Federatief stelsel/ stelselarchitectuur DTFL (Geonovum 2022)





4. Conclusies



Conclusies

1. Digital twin: oude wijn in nieuwe zakken? (productmodel en BIM revisited)
2. Essentiële eigenschappen:
 - Een digital twin is een **model**
 - Een digital twin is **dynamisch**
 - Een digital twin realiseert **terugkoppeling** (een 'closed loop')
 - Een digital twin is **integraal**
3. Een digital twin stelt hoge eisen aan datakwaliteit en datamodelkwaliteit
4. Een digital twin vergt een architectuur die uitgaat van scheiding van data van applicaties en een adequate regeling van datarechten.