

# **Procedure vervaardiging 3D-Visualisaties op basis van geo-informatie**

**VR Kennisborging**

**Definitief  
uitgave versie 2.0  
13-10-03**

# **Procedure vervaardiging 3D-Visualisaties op basis van geo-informatie**

VR Kennisborging

13-10-03

**Auteurs:**

**Pieter Bresters**

**René Hartmann**

**Jaap Boelens**

**Rapportnummer : AGI-GAR-2003-41**

---

## Inhoudsopgave

---

<b>Inhoudsopgave</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1 Aanleiding	5
1.2 Wat is een 3D-Visualisatie op basis van geo-informatie?	5
1.3 Leeswijzer	6
<b>2 Algemene stappen</b>	<b>7</b>
2.1 Inleiding	7
2.2 Informatieoverdrachtbehoefte	7
2.3 Selectie gebied	7
2.4 Keuze geografisch materiaal	8
2.4.1 Hoogte	8
2.4.2 Beeldmateriaal	11
2.4.3 CAD- ontwerp	13
2.4.4 Pilot gebruik diverse (geo)data	14
2.5 Geometrische correctie	14
2.6 Orthocorrectie	14
2.7 Vervaardigen 3D-model in computer	14
<b>3 Optionele verfraaiingen</b>	<b>16</b>
3.1 Radiometrische correcties	16
3.2 Opschonen hoogtemodel	16
3.3 Weerseffecten	16
3.4 Bewegende objecten	16
3.5 Geluid	17
<b>4 Presentatiemethoden</b>	<b>18</b>
4.1 Foto-inpassing	18
4.2 Still	18
4.3 Animatie	18
4.4 Interactief model	18
4.5 Maquette	19
4.6 3D brillen	20
4.7 Cave	21
4.8 Internet	21
<b>5 Benodigde mensen en middelen</b>	<b>22</b>
5.1 Software	22
5.2 Hardware	22
5.3 Ervaring	22
<b>6 Kostenraming</b>	<b>24</b>
6.1 Kosten uitvoering project	24
6.2 Investeringskosten bij zelf uitvoeren	25
<b>7 Marktbenadering</b>	<b>26</b>
<b>8 Afkortingen / verklarende woordenlijst</b>	<b>27</b>



---

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Sinds de komst van de laseraltimetrie (ongeveer 1995) is bij de afdeling GeoAdvisering Remote Sensing en Fotogrammetrie (GAR) van voorheen de Meetkundige Dienst (MD) nu Adviesdienst Geo-informatie en ICT (AGI) geëxperimenteerd met het combineren van laseraltimetrie data met andere data om zodoende te komen tot driedimensionale visualisaties van de werkelijkheid. Het is gebleken dat bij de regionale directies in toenemende mate behoefte is aan dit soort visualisaties, met name voor het visualiseren en communiceren van nieuwe ruimtelijke plannen.

Omdat de kennis toch redelijk geconcentreerd is bij één persoon van de afdeling GAR, is het nodig dat deze kennis vastgelegd wordt in een procedure. Daarnaast kan dit document gebruikt worden om de product-verantwoordelijken van AGI geo-informatieproducten bewust te maken van de mogelijkheden voor 3D-visualisatie met hun producten.

In samenwerking met de bouwdienst heeft de AGI het coördinatiecentrum V2R opgericht. V2R staat voor Visualisatie & Virtual Reality. Het doel van dit coördinatiecentrum is het uitwisselen van Virtual en Visual Reality-kennis tussen en naar de verschillende diensten die zich bezighouden met het inwinnen, vervaardigen en presenteren van hun data. Meer informatie hierover kan gevonden worden op de V2R intranetsite (<http://www.venwnet.minvenw.nl/v2r/>). Het schrijven van deze procedure past binnen de doelstelling van dit coördinatiecentrum.

## 1.2 Wat is een 3D-Visualisatie op basis van geo-informatie?

Een 3D-Geo visualisatie is een presentatie van een stuk van de aarde in drie dimensies. Hierbij kunnen verschillende geografische datasets gebruikt worden. De meerwaarde van 3D-Visualisaties is een verbeterde communicatie.



**Figuur 1: 3D-visualisatie van Valkenburg**

---

### 1.3 Leeswijzer

Deze procedure is allereerst bedoeld om kennis vast te leggen, maar kan ook prima gebruikt worden door projectleiders die een project willen uitvoeren waarbij een 3D-visualisatie op basis van geo-informatie gemaakt moet worden. Het geeft stapsgewijs aan hoe tot een 3D-visualisatie gekomen kan worden. In hoofdstuk twee worden de algemene stappen beschreven die nodig zijn om een 3D-model te bouwen. Dit model kan middels een aantal opties verfraaid worden. Hoofdstuk 3 zal een aantal optionele verfraaiingen beschrijven. Het 3D-model kan op verschillende manieren gepresenteerd worden zoals beschreven in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 gaat in op de benodigde mensen en middelen. Hoofdstuk 6 geeft een ruwe kostenraming voor het vervaardigen van 3D-visualisaties. Hoofdstuk 7 gaat in op de marktbenadering voor het vervaardigen van 3D-visualisaties.

---

## 2 Algemene stappen

### 2.1 Inleiding

De volgende stappen zijn nodig om tot een 3D-visualisatie te komen:

1. bepalen informatieoverdrachtbehoefte
2. selectie gebied
3. selectie geo-informatie
4. geometrische correctie
5. orthometrische correctie
6. vervaardigen 3D-model in computer
7. verfraaiingen aan het model
8. Presentatie van het 3D-model: de 3D visualisatie
9. evaluatie met klant

Stappen 1 t/m 6 worden in dit hoofdstuk besproken. De stappen daarna in aparte hoofdstukken.

### 2.2 Informatieoverdrachtbehoefte

3D-visualisaties zijn vooral bedoeld als communicatiemiddel. Er moet informatie overgedragen worden. Vastgesteld moet worden welke informatie overgedragen moet worden en vervolgens ook of een 3D-visualisatie daarvoor wel geschikt is.

Het vaststellen van de informatieoverdrachtbehoefte is de belangrijkste fase van het maken van 3D-visualisatie. Het zal in nauw overleg met de klant moeten plaatsvinden. Niet alleen in het begin en aan het einde, maar ook op meerdere momenten in het proces.

De informatieoverdrachtbehoefte is bepalend voor de vraag welke geo-informatie gebruikt moet worden en welke presentatietechniek het meest geschikt is. De lijst met vragen in paragraaf 2.4 kan als leidraad gebruikt worden bij het bepalen van de informatieoverdrachtbehoefte.

Er moet vastgesteld worden wie de doelgroep is. Dat is vooral bepalend voor de presentatiemethode en de mogelijke verfraaiingen. Zie daarvoor ook hoofdstukken 3 en 4.

### 2.3 Selectie gebied

De volgende stap is het exact bepalen binnen welke coördinaten het gebied valt. Meestal zal het om coördinaten in het Rijks- Driehoeksstelsel (RD) gaan. De gebiedskeuze wordt natuurlijk bepaald door de klant, maar het is aan te raden hierbij afgeronde coördinaten te kiezen. Deze kunnen m.b.v. GIS-pakketten als ArcView of ER-Viewer geprikt worden uit de digitale topografische kaarten of uit de Digitale Kleuren Luchtfoto Kaart (DKLN) die beiden gratis te verkrijgen zijn binnen Rijkswaterstaat. Indien aanwezig kunnen de coördinaten ook uit analoge atlassen geprikt worden.

Een handige tool hiervoor is ook op intranet te vinden op:

<http://sbwdweb07.bwd.rws.minvenw.nl/website/topografie/viewer.htm>

---

## 2.4 Keuze geografisch materiaal

De keuze van het type geo-informatie kan bepaald worden door een aantal specifiekere vragen te beantwoorden:

1. Wordt het een interactieve of een passieve visualisatie?
2. Om welk gebied gaat het? (zie paragraaf 2.3) Wat is daar beschikbaar?
3. Is de 3<sup>e</sup> dimensie wel van belang? (hoogte)
4. Welke mate van detail is gewenst (schaal)
5. Hoe realistisch moet het er uitzien?
6. Hoe nauwkeurig moet het zijn?
7. Hoe actueel moet het zijn?
8. Wat mag het kosten?
9. Welke levertijd is gewenst?
10. Omvang dataset?

Deze fase is op te delen in 3 delen: hoogte, beeld en evt. een CAD-ontwerp. Bij de keuze van al het materiaal is het van belang te weten of het een interactieve of een passieve visualisatie moet worden. Bij een interactieve visualisatie kan de gebruiker zelf door het gebied navigeren. Hiervoor is het aan te bevelen voor het hele gebied, geografisch materiaal van dezelfde kwaliteit te kiezen. Voor een passieve visualisatie is het traject door het 3D-model vast. Er kan dan gekozen worden voor verschillende typen geografisch materiaal. Daar waar ver ingezoomd wordt is een hogere mate van detail gewenst en omgekeerd geldt hetzelfde.

### 2.4.1 Hoogte

Het te gebruiken materiaal is afhankelijk van de volgende factoren:

- schaal van de visualisatie
- beschikbare geld
- nauwkeurigheid
- levertijd
- actualiteit
- filtering op bebouwing en vegetatie
- de hoeveelheid hoogteverschil die aanwezig is in het terrein

Er kan binnen Nederland gekozen worden uit meerdere bestanden voor de benodigde hoogte-informatie:

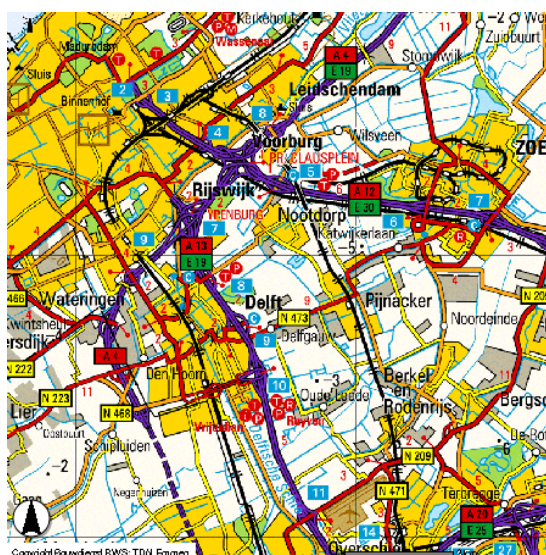
- Actueel Hoogtemodel Nederland (AHN)
- TophoogteMD
- extra uit te voeren laseraltimetrie vlucht
- Digitaal Topografisch Bestand (DTB) dat door de AGI gemaakt wordt van alle rijkswegen en rijkswaterwegen.
- wanneer geen geschikt hoogte bestand beschikbaar is kan ook gekozen worden voor een model op basis van de objecten in de topografische kaart. Elk objecttype krijgt dan een vaste hoogte.
- Diepte bestanden vervaardigd door middel van echolodgingen

#### *Schaal*

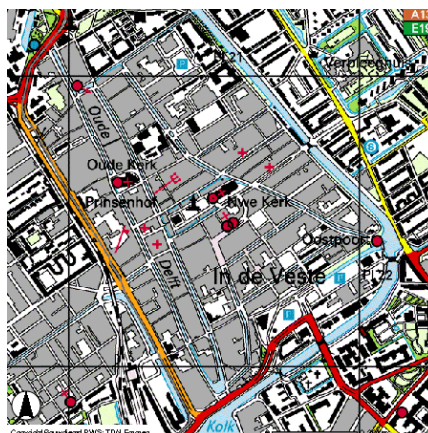
Men spreekt van een grote schaal als de waarde van de breuk groot is. Het schaalgetal is dan klein. Op een grootschalige afbeelding is veel detail te zien en deze bedekt een klein gebied.

Ter verduidelijking van het begrip schaal zijn in Figuur 2 en Figuur 3 dezelfde gebieden op een verschillende schaal afgebeeld.





Figuur 2: Top250 afgebeeld op schaal 1:250.000 (1 cm = 2,5 km)



Figuur 3 Top25 afgebeeld op schaal 1:25.000 (4 cm = 1 km)

Het AHN is geschikt voor visualisaties vanaf 1:5000 tot 1:50.000. De mate van geschiktheid is mede afhankelijk van de resolutie van het AHN. De minimale resolutie is 1 punt per 16 m<sup>2</sup>. Zijn er meer punten per m<sup>2</sup> gemeten, hetgeen voor sommige delen van het AHN het geval is dan kan de data ook voor grote schalen gebruikt worden. De geografische verdeling van de resolutie van het AHN kan gevonden worden op <http://www.geo-loket.nl/>.

Bij het gebruik van het AHN moet men zich afvragen of vegetatie en bebouwing wel of niet uit het bestand gefilterd moet worden. Het AHN kan geleverd worden als een puntenbestand, als een grid met 5 meter pixels en als een grid met 25 meter. Ook deze keuze is afhankelijk van de gewenste schaal.

Voor een kleinschalige visualisatie van bijvoorbeeld een hele provincie (<1:50.000), kan ook gekozen worden voor het TophoogteMD bestand. Dit bestand bevat 1 hoogtepunt per ha. Er kan dan ook gekozen worden voor het resampelen van het AHN naar een lagere resolutie. Het voordeel is dan dat de data actueler t.o.v. TophoogteMD is en dat de bestanden minder groot zijn t.o.v. het originele AHN.

---

Voor grootschaligere visualisaties ( $>1:5.000$ ) kan gekozen worden voor het laten uitvoeren van een speciale laseraltimetrievlucht van bijvoorbeeld meerdere metingen per m<sup>2</sup> zoals dat mogelijk is met het FLI-map systeem.

Een andere optie voor grootschalige visualisaties is het gebruiken van het Digitale Topografische Bestand (DTB). Dat is een 3-dimensionaal vector bestand dat fotogrammetrisch is ingemeten met een horizontale precisie van 6 cm en een verticale precisie van 10 cm.

Gebruik van het DTB alleen de shapefiles "beb\_lin" en "vlak1\_reg" voor het hoogtemodel. Maak in het pakket ArcScene hiervan vervolgens een TIN (Triangular Irregular Network) en converteer dat naar een grid en daarna naar een IMG file voor de verwerking in Erdas Imagine Virtual GIS.

Voor nog grotere schalen ( $>1:500$ ) kan ook gedacht worden aan terrestrische lasers of terrestrische fotogrammetrie voor het vervaardigen van 3D modellen.

Wanneer er weinig hoogte verschil is en de schaal klein ( $<1:50000$ ), kan men overwegen om helemaal geen hoogte informatie te gebruiken, omdat het dan in de visualisaties toch niet zichtbaar is.

#### *Geld*

TophoogteMD en het AHN zijn voor Rijkswaterstaat toepassingen gratis te gebruiken. Voor extra laseraltimetrievluchten zal ook flink extra betaald moeten worden. Voor meer informatie hierover wordt verwezen naar de afdeling TGF-D-AHN.

#### *Nauwkeurigheid en Actualiteit*

Gegevens over de nauwkeurigheid en actualiteit van de hoogte van het AHN en het TophoogteMD bestand zijn te vinden op <http://www.geo-loket.nl/>.

Indien deze nauwkeurigheden niet voldoende zijn kan er voor gekozen worden om terrestrisch hoogte te meten. Met GPS is een nauwkeurigheid van ongeveer 1 cm te halen. Met waterpassen is een nog hogere precisie te halen, maar de kosten zijn dan ook veel hoger.

#### *Levertijd*

De levertijd speelt alleen een rol indien een nieuwe meting uitgevoerd dient te worden. Dan moet rekening gehouden worden met enkele maanden.

#### *Filtering*

In het standaard AHN is gefilterd op bebouwing buiten de bebouwde kom en op vegetatie. In principe is het maaiveld de hoogte die het bestand geeft. Voor visualisaties is dit vaak ongewenst, omdat men wel de gebouwen en vegetatie wil zien. Men kan dus het beste het ongefilterde AHN opvragen. Deze heeft het Geoloket niet standaard klaar liggen en vergt dus een langere levertijd. Er wordt wel nagedacht over het standaard beschikbaar stellen van de ongefilterde data.

#### *Hoogteverschillen*

Deze factor is sterk gerelateerd aan de factor schaal. Wanneer er een kleinschalige visualisatie gemaakt wordt ( $<1:50000$ ) van een gebied met weinig hoogte verschil is het zinloos om een hoogtebestand te gebruiken. Overigens is het gebruikelijk de hoogte in een andere schaal af te beelden dan de horizontale schaal. De hoogte wordt vaak overdreven om het 3d effect te versterken.

---

Wanneer er weinig hoogteverschillen zijn en er geen geschikt hoogtebestand beschikbaar is, kan er voor gekozen te worden een hoogtemodel te genereren op basis van de objecten in de topografische kaart. De schaal van de visualisatie moet dan in de orde liggen van de topografische kaart.

#### 2.4.2 Beeldmateriaal

Het te gebruiken beeldmateriaal is afhankelijk van de volgende factoren:

- schaal van de visualisatie
- actualiteit
- kosten
- nauwkeurigheid
- levertijd
- gewenste radiometrie
- omvang dataset

Het beeldmateriaal dat gekozen wordt kan opgedeeld worden in drie groepen:

- satellietbeelden
- opnames vanuit de lucht zoals luchtfoto's
- kaartmateriaal

Het gaat te ver om hier een overzicht te geven van alle beschikbare satellieten. Zie hiervoor eventueel <http://www.npoc.nl/> of <http://www.minvenw.nl/remotesensing/>.

Binnen V&W zijn meerdere luchtfotoproducten gratis beschikbaar. Dat zijn o.a. de Digitale Kleuren Luchtfotokaart Nederland (DKLN) en de orthofoto's die gemaakt zijn van de foto's die gebruikt zijn bij de productie van het Digitale Topografische Bestand (DTB) van de AGI. Let bij het gebruik van deze orthofoto's er op of er geen fouten in zitten. Er wil nog wel eens iets fout gaan in het proces voor de vervaardiging van de orthofoto's zoals dat verkeerde weggedeelten aan elkaar geknoopt worden.

Daarnaast zijn er veel (vaak ook recente opnames) van bijvoorbeeld de rivieren beschikbaar op schaal 1:25.000. Het loont de moeite eens te kijken in het fotoarchief van de afdeling TGF van de AGI. Het Geoloket is op het moment van verschijnen van dit document aan het kijken of en hoe zij dit kunnen ontsluiten.

Voor Kaartmateriaal zijn de kaartproducten van de Topografische Dienst geschikt voor visualisaties van 1:250.000 tot 1:5.000. Voor grotere schalen zou het DTB gebruikt kunnen worden. Al dit kaartmateriaal is voor V&W gratis digitaal verkrijgbaar bij het Geoloket.

Luchtfoto's en satellietbeelden hebben het voordeel dat ze beeldvormender zijn dan kaartmateriaal en meer informatie bevatten. Kaartmateriaal kan in sommige gevallen een iets rustiger beeld geven.

Hierna zal voor een aantal factoren zoals hiervoor genoemd, aangegeven worden hoe de afweging tussen luchtfoto's of satellietbeelden gemaakt kan worden.

##### *Schaal*

Resolutie is de kleinste eenheid in het beeld. Het is gelijk aan de lengte van de zijde van de blokjes (pixels) die gezien werden wanneer heel ver ingezoomd wordt.

---

De resolutie bepaald de schaal tot waarop het beeldmateriaal goed af te beelden is. Globaal geldt dat de maximale presentatieschaal gelijk is aan:

$$1 : (5000 * \text{resolutie in meters})$$

Satellietbeelden zijn op het moment van het verschijnen van deze procedure beschikbaar vanaf een resolutie van 61 cm (Quickbird 2) en dus bruikbaar voor presentaties met een maximale schaal van 1:3000. Aan het minimum van de schaal zit eigenlijk geen begrenzing.

Voor een grotere schaal is men aangewezen op opnames vanuit een vliegtuig of een ander platform. Luchtfoto's zijn hier een voorbeeld van. Luchtfoto's kunnen vanaf een schaal van 1:42.000 tot 1:3.000 opgenomen worden. Dat is de fotoschaal en niet de presentatie schaal waarvoor ze geschikt zijn want die is afhankelijk van de resolutie waarmee ze gescand zijn (meestal 12 µm). In de praktijk komt dat met de hierboven genoemde formule neer op een schaal van maximaal  $1 : (5000 * 0.000012 * 3.000) = 1:180$ .

Door luchtfoto's met een lagere resolutie te scannen zijn ze ook op kleinere schalen goed te gebruiken. Ongeveer tot 1:50.000.

Voor een kleinere schaal moet te hoog gevlogen worden en is er te veel kans op verstoring door de atmosfeer. Voor een grotere schaal moet men te laag vliegen, hetgeen vaak niet toegestaan is.

Uit bovenstaande blijkt dat er een overlap is in het gebied van 1:50.000 tot 1:3.000, wanneer het gaat om de keuze tussen luchtfoto of satellietbeeld. Binnen deze schalen zijn er dus andere factoren die een rol spelen.

3D-visualisaties zijn te gebruiken in het planproces. Hieronder zijn een aantal fasen genoemd met daarbij de schaal waarop de visualisaties in die fase het beste afgebeeld kan worden.

- verkenningsfase :variërend van 1:50.000 tot 1:100.000
- startnotitiefase: verschillende schalen rond de 1:50.000
- trajectnota / MER-fase: Schetsontwerpen op de schaal 1:10.000.
- overige fase : Steeds meer detail tot op 1:1000

Gedurende het hele planproces tot en met de realisatie is er vaak een voorlichtingscentrum waar visualisaties goed gebruikt zouden kunnen worden om de communicatie met de burger te verbeteren.

#### *Actualiteit*

Als Actualiteit geen rol speelt zijn de beelden uit DKLN in veel gevallen een goede optie, omdat die gratis te verkrijgen is binnen V&W via het Geoloket. Is het wel van belang, dan zijn andere factoren bepalend.

#### *Kosten*

DKLN is voor V&W qua kosten de beste optie, omdat die reeds is aangeschaft. Voor de rest zijn de kosten aangegeven in Tabel 2. Alleen in het geval dat de gebiedsgrootte rond de 100 km<sup>2</sup> is zijn de kosten ongeveer gelijk. In de andere gevallen is luchtfotografie op dit moment nog goedkoper. In de toekomst wordt verwacht dat de kosten voor hoge resolutie satellietbeelden zullen dalen door toenemende concurrentie.

---

#### *Beschikbaarheid in archieven*

Als archiefbeelden actueel genoeg zijn en toch actueler dan DKLN, dan is het, het overwegen waard om deze beelden aan te schaffen. De kosten hiervan kunnen lager zijn dan die van een nieuwe fotovlucht voor kleinere oppervlakken. Voor grotere gebieden geldt het omgekeerde.

#### *Grootte en vorm van het gebied*

Is het smaller dan 11 km dan zou eerder voor IKONOS gekozen kunnen worden, omdat daarmee mozaïekproblemen voorkomen worden.

#### *Radiometrische resolutie*

256 grijswaarden voor gescande luchtfoto's als DKLN en 2048 grijswaarden voor IKONOS. Hierbij moet opgemerkt worden dat er scanners zijn die een hogere radiometrische resolutie aankunnen en dat IKONOS niet de volledige 2048 grijswaarden benut.

#### *Behoefte aan infrarood voor b.v. vegetatie*

Voor sommige toepassingen is onderscheid in vegetatie van belang en dan kan het infrarode kanaal van IKONOS goed van pas komen.

#### *Doorlooptijd*

De doorlooptijd van een levering van een satellietbeeld is na de opname meestal korter dan bij fotogrammetrische opnames. Daar moeten de foto's nog ontwikkeld en gescanned worden.

#### *Kans op verkrijgen gewenste opname*

De kans op het verkrijgen van een beeld in een gewenste periode is bij hoge resolutie satellietbeelden kleiner. IKONOS komt maar eens in de 3 dagen over. Door een toename van het aantal hoge resolutie satellieten wordt deze kans groter.

#### *Omvang dataset*

Houdt rekening met de omvang van de data. Wanneer bij een hardware configuratie als beschreven in 5.2 het aantal pixels in het beeldmateriaal groter wordt dan 75.000.000 worden de meeste bewerkingen te langzaam en kan beter gekozen worden voor opsplitsen in meerdere gebieden of een lagere resolutie.

### **2.4.3 CAD- ontwerp**

Met de hoogte informatie en het beeldmateriaal kan de bestaande situatie 3D gevisualiseerd worden. Men spreekt dan van **Visual Reality**. Voegt men een CAD- ontwerp toe dan kan er sprake van een niet bestaande, mogelijk toekomstige werkelijkheid. Dan spreekt men pas echt van **Virtual Reality**. Om beide termen te omvatten wordt er ook wel gesproken van V2R. Het is natuurlijk ook mogelijk CAD-tekeningen toe te voegen die wel de werkelijkheid representeren, zoals de tekening van een bestaande brug.

Probleem bij het implementeren van CAD ontwerpen in een 3D model gemaakt met een hoogte model en beeldmateriaal zoals eerder genoemd, is dat dit vaak uit CAD software afkomstig is en de 3D modellen van de bestaande situatie worden vaak in een 3D GIS omgeving gemaakt. Dit zijn verschillende werelden die nog niet goed op elkaar zijn afgestemd. Houd dus rekening met conversieproblemen. DXF/DWG is het meest gebruikte CAD

---

uitwisselformaat. Helaas bestaan hiervan vele versies, waardoor uitwisseling nog steeds niet altijd soepel verloopt.

Recent is ervaring opgedaan met het gebruiken van 3DS bestanden uit 3D Studio Max. Deze blijken ook in Erdas Virtual GIS in te lezen te zijn en in versie 9 van ArcScene.

Een ander probleem bij deze conversies is dat het coördinaten stelsel en de eenheden vaak niet goed op elkaar zijn afgesteld. In het geval het een klein ontwerp betreft kan er voor gekozen worden het over te tekenen in een softwarepakket waarmee de uitwisseling wel goed gaat.

#### **2.4.4 Pilot gebruik diverse (geo)data**

In 2001 heeft er bij de AGI een pilot plaatsgevonden waarbij diverse data als AHN, DKLN, Top10Vector, Top25Raster, Cyclorama's, Cad-bestanden en Geluidsbestanden zijn samengevoegd. Alle data was al voorradig en hoefde niet te worden ingewonnen. Het resultaat is een videofilm van de A10West bij Amsterdam.

#### **2.5 Geometrische correctie**

Over het algemeen zal alle data in het Rijks Driehoeks (RD) stelsel ingepast zijn of moeten worden. DKLN is hier al op ingepast, waarbij opgemerkt moet worden dat dit voor de opname van 2000 niet altijd even goed is gedaan. Een visuele controle hierop is aan te raden. Voor de opname van 2003 is dit beter, want nu is er een triangulatie uitgevoerd.

Satellietbeelden kunnen geometrisch gecorrigeerd gekocht worden, maar het kan ook zelfstandig uitgevoerd worden met beeldverwerkingssoftware als ERDAS.

#### **2.6 Orthocorrectie**

Een orthocorrectie is nodig voor zowel luchtfoto's als voor satellietbeelden, wanneer er in het terrein te grote hoogteverschillen aanwezig zijn. Het is een correctie voor horizontale fouten die ontstaan door hoogteverschillen in het terrein. Objecten die dicht bij de camera zijn komen groter in beeld. Om deze correctie te kunnen uitvoeren is het dus nodig dat men weet hoe groot de hoogte verschillen zijn. Met andere woorden: men heeft een hoogtemodel nodig zoals bijvoorbeeld het AHN. In het geval dat er minimaal 60% overlap in luchtfoto's zit kan de hoogte ook uit een stereomodel van deze foto's gehaald worden.

Aan de rand van een luchtfoto (15 cm camera) kan een hoogteverschil van 6 meter al een fout van 5 meter opleveren. De vraag of de orthocorrectie nodig is, is dus afhankelijk van de hoogteverschillen en de horizontale nauwkeurigheid die gewenst is.

#### **2.7 Vervaardigen 3D-model in computer**

In feite is dit niets anders dan de computer vertellen dat de datasets bij elkaar horen en samen dus een 3D-model vormen. Voorwaarde is alleen dat de data in een formaat opgeslagen is die door het gebruikte softwarepakket gelezen kunnen worden. Omdat er verschillende software pakketten zijn die dit kunnen gaat het te ver om aan te geven welke formaten gebruikt kunnen worden. Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van te gebruiken software.

---

Wanneer een CAD-model toegevoegd wordt aan een model moet rekening gehouden worden met de extra problemen zoals genoemd in hoofdstuk 2.4.3.

Wanneer het meerdere beelden betreft dient eerst nog een mozaïek gemaakt worden van deze beelden. Wanneer de modellen hierdoor te groot worden, zal er gewerkt moeten worden met meerdere 3D-modellen.

---

## 3 Optionele verfraaiingen

### 3.1 Radiometrische correcties

Bij radiometrische correcties moet gedacht worden aan het veranderen van de kleuren, de helderheid en het contrast. Dit kan gedaan worden om het beeld te verbeteren, maar is ook nodig indien mozaïeken van meerdere beelden gemaakt moeten worden. Bij luchtfoto's is dit eerder nodig dan bij satellieten, omdat satellieten over het algemeen een iets constantere radiometrie hebben.

### 3.2 Opschonen hoogtemodel

In het hoogtemodel kunnen storende factoren zitten. Zo zien bossen er over het algemeen meer uit als een veld met hoge indianententen dan als een bos. Hiervoor kan gecorrigeerd worden door m.b.v. het optische beeldmateriaal eerst de bossen er uit te selecteren op basis van een classificatie. Deze worden dan in het hoogtemodel gladgestreken, waarna vervolgens het bos een zelfde hoogte en textuur worden aangebracht, waardoor het veel meer op een bos lijkt. Dit is voor de visualisatie in Figuur 1 gedaan.

Een ander voorbeeld is dat gebouwen er uitzien alsof er grote doeken overheen gehangen zijn. Dit kan mooier gemaakt worden met een kaart als de Top10Vector.

Bruggen komen vaak niet goed in de modellen tot uiting. Dit kan verfraaid worden door een model van de bruggen na te bouwen in bijvoorbeeld 3D Studio Max. Het beeld van de brug moet dan uit het beeld verwijderd worden en het model van de brug komt er voor in de plaats.

Een ander voorbeeld van verfraaiing van het hoogtemodel is dat markante objecten in het beeld, die niet in het hoogte model zitten, zoals een boot, of een vrachtwagen worden toegevoegd aan het model.

### 3.3 Weerseffecten

De weerssituatie kan in veel VR softwarepakketten gevisualiseerd worden. Het is mogelijk om mist te creëren en om schaduweffecten te vergroten door een lagere zonnestand op te geven. Ook dit is in Figuur 1 gedaan. Daarnaast is het ook mogelijk om bewolking te creëren met de daarbij behorende veranderende lichtinval.

Op dit moment kunnen kan slagschaduw nog niet met Erdas en Truflite uitgevoerd worden, maar wel met Povray. Het nadeel van de berekening van slagschaduw is dat het heel erg vertragend werkt.

### 3.4 Bewegende objecten

Het is mogelijk om objecten in het model te laten bewegen. Zo kan een trein over een spoor rijden of een vliegtuig door de lucht. Men kan zelfs mensen door b.v. een nieuw winkelcentrum laten lopen.

Er is bijvoorbeeld een visualisatie gemaakt van het sluizencomplex te Eefde waarin de sluisdeuren open en dicht gaan, het water zakt en waar een boot doorheen vaart.



---

### 3.5 Geluid

Voor de A10 in Amsterdam is een simulatie gemaakt van het geluid van een weg voor en na het plaatsen van een geluidswal. Hierbij is wel van belang te realiseren dat de geluidsssterkte bij het afdraaien van de visualisatie meestal niet gelijk is aan de werkelijkheid.

Een ander voorbeeld is dat er een gesproken tekst ter toelichting aan een visualisatie toegevoegd kan worden.

---

## 4 Presentatiemethoden

### 4.1 Foto-inpassing

Bij een foto-inpassing wordt het 3D-model ingepast in een foto. Het resultaat is twee dimensionaal. Er kan alleen een foto-inpassing gemaakt worden vanuit hetzelfde aanzicht als dat de foto is gemaakt.

### 4.2 Still

Een still is, zoals het woord al aangeeft, een stilstaand beeld of foto vanuit een 2D, 3D of VR model. Indien een foto is ingepast op een 3D-model kan het eenzelfde afbeelding opleveren als bij een foto-inpassing, alleen is het voordeel dat er nu afbeeldingen (stills) vanuit verschillende aanzichten gemaakt kunnen worden.

Figuur 1 is een voorbeeld van een still.

Een still is toepasbaar in allerlei communicatievormen, omdat er na vervaardiging geen speciale apparatuur meer nodig is. Men past ze toe bij afbeeldingen in beleidsnota's, posters, folders, krant of op het internet.

### 4.3 Animatie

Wanneer men een aantal still's achter elkaar laat uitrekenen en daarbij het waarnemingspunt, de camera, steeds een stukje opschuift en vervolgens de afzonderlijke beelden op film of video monteert, ontstaat de indruk van beweging. Dit noemen we een animatie. Vanaf zo'n 15 beelden of frames per seconde zien wij, door de traagheid van onze ogen, dit dan als een vloeiende beweging. Een optimale presentatie qua beweging vraagt 25 frames per seconde. Deze techniek past men bijvoorbeeld toe bij het weerpraatje. Voor het vertonen van animaties is apparatuur nodig. Voorbeelden zijn een videorecorder, DVD-speler, CD-i met televisie, of een computer. Animaties zijn o.a. toepasbaar bij informatiecentra, internetpresentaties of voorlichtingsbijeenkomsten.

Bij een animatie zijn ook speciale effecten mogelijk zoals geluid, en bewegende objecten (zie hoofdstuk 3)

### 4.4 Interactief model

Bij een interactief model is de gebruiker zelf in staat om door het model te bewegen. De gebruiker kan zelf zijn positie en kijkrichting bepalen. Hiervoor is een computer met speciale software nodig. Speciale hardware is ook gewenst (maar niet noodzakelijk) voor de sturing van de positie en kijkrichting. Hierbij kan gedacht worden aan een 3D-muis (space-mouse) of bijvoorbeeld een stuurknuppel zoals in een vliegtuig.

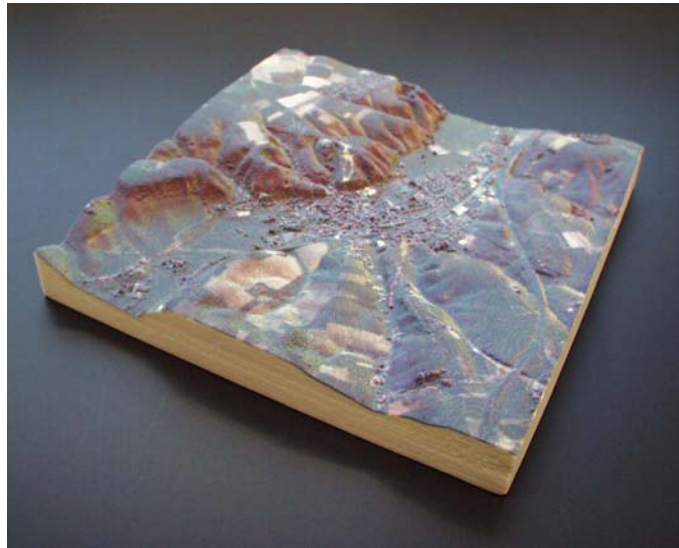
Vaak zijn de 6 vrijheidsgraden (positie X,Y en Z en kijkrichting Phi, Omega en Kappa) te moeilijk voor gebruikers. Het is daarom in veel gevallen goed de gebruiker daarin te beperken om de drempel voor het gebruik te verlagen. Wanneer de gebruiker een vaste positie heeft maar wel naar links en rechts kan rondkijken en eventueel kan in- en uitzoomen, spreekt men van een panorama. Het is bijvoorbeeld ook mogelijk om de kijkrichting te beperken tot links en rechts van een tracé en de positie te beperken tot vooruit en achteruit langs dat tracé.

---

Een ander interactief aspect kan zijn dat de gebruiker bepaalde informatie kan opvragen van objecten in het model.

#### 4.5 Maquette

In Figuur 4 is een maquette afgebeeld van Valkenburg. Deze is gemaakt met een 3D-printer volgens een techniek die mede is ontwikkeld door TNO-Industrie. Hiervoor is het AHN en een Ikonos satellietbeeld gebruikt. Tot nu toe is alleen uitgezocht hoe 2,5 dimensionale modellen geprint kunnen worden. 2,5 dimensionaal wil zeggen dat er maar 1 z coördinaat boven een x,y paar kan voorkomen. De 3D printer kan wel echt 3D data printen, maar dan moet het model in het zogenaamde STL formaat aangeleverd worden en daarvoor zou een conversie geschreven moeten worden.



**Figuur 4: Maquette Valkenburg**

---

#### 4.6 3D brillen



**Figuur 5: Anaglyf : bekijken met rood-blauwe bril voor 3D-effect**

De anaglyfenprocedure werkt op basis van kleurscheiding. Er zijn twee opnamen gemaakt van het 3D-model van een net iets afwijkende positie, vergelijkbaar met twee ogen. Het ene beeld bevat de afbeelding in rood en de andere in groen en blauw. Wanneer dit wordt waargenomen door een bril met een rood en een blauw glas, dan wordt het model stereo waargenomen.

Een vergelijkbaar effect kan men bereiken door te werken met twee gepolariseerde beelden die bekeken moeten worden met gelijk gepolariseerde brillen of door de beelden met een extra hoge frequentie om en om af te beelden, waarbij de brillenglazen ook om en om aan en uit gaan. Hiervoor zijn speciale grafische kaarten in de computers nodig. Deze laatste techniek wordt gebruikt voor digitale fotogrammetrische werkstations. Ook bij de TU Delft bij de nu opgeheven faculteit Geodesie is een ruimte ingericht waarbij gebruik gemaakt wordt van deze techniek en waarbij meerdere mensen tegelijk 3D naar een model kunnen kijken.

#### 4.7 Cave



**Figuur 6: Cave van SARA in Amsterdam**

De [CAVE](#) (Cave Automatic Virtual Environment) is een multi-user omgeving gebaseerd op VR-systeem van het SARA te Amsterdam. SARA Reken- en Netwerkdiensten is een expertisecentrum dat sinds 30 jaar diensten en producten levert op het gebied van high-performance computing, high-performance networking en infrastructuurdiensten. In de CAVE is de gebruiker omringd met stereoscopische computergegenereerde beelden aan vier zijden. Drie van deze beelden van 3 bij 3 meter worden van achteren geprojecteerd op schermen die de voor- en zijwanden van de CAVE vormen. Het vierde beeld wordt van bovenaf op de vloer geprojecteerd.

Zie ook: [http://www.sara.nl/products/products\\_08a\\_01\\_ned.html](http://www.sara.nl/products/products_08a_01_ned.html)

Het grote voordeel van de CAVE is dat met meerdere mensen tegelijk een 3D-model te bekijken is.

#### 4.8 Internet

Voor internet is speciaal een VR-file formaat ontwikkeld: VRML, dat vergelijkbaar is met HTML. Hiermee kan wanneer speciale plugins gedownload worden interactief bewogen worden door 3D modellen via Internet. Een snelle internetverbinding is vereist. Een nadeel is dat er verschillende versies van bestaan zodat het lang niet zeker is dat elke VRML in elk pakket te bekijken is.

Voor meer informatie zie <http://vrml.pagina.nl/>.

Een mooi voorbeeld waarbij het geografische informatie driedimensionaal getoond wordt via Internet is <http://www.terradesk.nl/> van het bedrijf OnSite (zie <http://www.on-site.nl>)

---

## 5 Benodigde mensen en middelen

### 5.1 Software

**Virtual GIS module van Erdas Imagine** is een pakket waarmee de 3D modellen samengesteld en interactief gevisualiseerd kunnen worden. In principe is hier de hele visualisatie productie op basis van geografische informatie mee te doen. Ook de geometrische en orthometrische correcties zijn hiermee uit te voeren. Voor sommige satellietssystemen zijn speciale upgrades/versies nodig voor de orthometrische correcties. Het pakket **SocetSet** dat gebruikt wordt bij TGF kan ook orthocorrecties uitvoeren op luchtfoto's. (Zie ook paragraaf 2.6)

Voor het definiëren van vogelvluchten is het pakket **Truflite** geschikt. Dit pakket heeft aan belang verloren, doordat in de module **Virtual GIS** van Erdas dit tegenwoordig ook goed kan. Voor verfraaiing (zie hoofdstuk 3) en het maken van een reeks van stills is het, helaas iets minder toegankelijke pakket **Povray** (freeware) toch heel geschikt. Dit pakket is vooral geschikt voor het maken van weerseffecten en het berekenen van slagschaduw.

**Adobe premiere** kan gebruikt worden om de uiteindelijke film (.AVI) te vervaardigen uit de losse stills die uit Erdas of Truflite komen. Dit kan ook met de Animation Shop van Paint Shop Pro, dat bij meeste AGI medewerkers geïnstalleerd is.

**Arview 3D Analyst** is ook geschikt voor het visualiseren van 3D geo-informatie, maar heeft minder functionaliteit dan de module Virtual GIS van Erdas. ESRI heeft de **ArcScene** extensie voor ArcGis 8.x gemaakt die vergelijkbaar is met de module Virtual GIS van Erdas.

**3D Studio Max** is vooral geschikt om 3D- modellen en ontwerpen in te maken en te visualiseren en sluit beter aan op de CAD wereld. De afdeling IBM van de AGI heeft hier veel ervaring mee.

### 5.2 Hardware

Om 3D software zoals hierboven genoemd goed te kunnen laten draaien is minimaal de volgende configuratie nodig:

- Minimaal 500 MB intern geheugen
- pentium 4
- 1 GHz
- 2\*40 GB Hardisk
- speciale grafische kaart met 3D versnelling (liefst G-force 4)
- 19 inch beeldscherm
- 3D muis

### 5.3 Ervaring

Voor de vervaardiging van 3D visualisaties is ervaring nodig met bovengenoemde software, maar ook is enig inzicht in de geometrische aspecten van luchtfoto's en satellietbeelden gewenst. Wanneer het animaties betreft is ook enige kennis van cinematografische wetten gewenst.

**Tabel 1** geeft een overzicht welke ervaring voor welke stap nodig is.

Binnen de afdeling GAR is deze kennis en ervaring aanwezig. Het gaat te ver om alle knoppen van de software in detail in deze procedure te beschrijven. Daarvoor is het beter om iemand eens een dag langs te laten komen bij de afdeling GAR. Voor 3D Studio Max wordt daarvoor verwezen naar de afdeling IBM. Er kunnen natuurlijk ook cursussen gevolgd worden bij de leveranciers van de software, maar dat zal vermoedelijk veel duurder zijn.

stap	naam stap	software	ervaring	minimaal niveau
1	bepalen informatieoverdracht-behoefte		Projectleider/ informatieanalist/ adviseur VR	HBO / WO
2	selectie gebied	Arcview / ArcGis Erdas Intetranet atlassen	Projectleider en technisch specialist GIS/RS	MBO
3	selectie geo-informatie		technisch specialist adviseur GIS/RS	HBO
4	geometrische correctie	Virtual GIS SoccetSet	technisch specialist GIS/RS	MBO
5	orthometrische correctie	Virtual GIS SoccetSet	technisch specialist GIS/RS	HBO
6	vervaardigen 3D-model in computer	Virtual GIS AV 3D Analyst ArcScene 3D Studio Max	technisch VR specialist	HBO
7	verfraaiingen aan het model	Erdas Virtual GIS Truflite Povray ArcScene 3D Studio Max	technisch VR specialist	HBO
8	Presentatie	Virtual GIS AV 3D Analyst ArcScene Mutimedia player 3D Studio Max Adobe premiere Paint Shop Pro (Animation Shop)	technisch VR specialist met kennis van cinematografische wetten in het geval van animaties	HBO
9	evaluatie met klant		projectleider	HBO / WO

**Tabel 1 : benodigde software en ervaring per stap**

Wanneer het traject wordt uitbesteed is een projectleider nodig die een globalere kennis van alle stappen heeft, maar wel voldoende om het eindproduct en eventuele tussenproducten te kunnen beoordelen.

## 6 Kostenraming

### 6.1 Kosten uitvoering project

stap	naam stap	uren tarief midden	uren tarief hoog	inkoop in €	Totaal kosten in €
1	bepalen informatieover- drachtbehoefte		40		4120
2	selectie gebied	8	8		1480
3	selectie geo- informatie	8	16	zeer variabel	2304
4	geometrische correctie	8	1		759
5	orthometrische correctie	16	2		1518
6	vervaardigen 3D- model in computer	8	1		759
	Toevoegen CAD model in 3D-model	24	3		2277
7.1	Radiometrische correcties	16	2		1518
7.2	Opschonen hoogtemodel	24	3		2277
7.3	Weerseffecten	16	2		1518
7.4	Bewegende objecten	24	3		2277
7.5	geluid	32	4	5000	8036
8.1	foto-inpassing	4	1		380
8.2	Still	8	1		759
8.3	Animatie	40	5		3795
8.4	Interactief model	24	24	10000	14440
8.5	Maquette	24	24	10000	14440
8.6	3D brillen	24	24	10000	14440
8.7	Cave	50	50	10000	19250
8.8	Internet	50	5	5	4620
9	evaluatie met klant		30		3090

**Tabel 2: Ruwe kosten raming 3D-visualisaties**

De kosten in Tabel 2 zijn geschat en niet getoetst aan de werkelijkheid, omdat in het verleden de bijhouding van de urenbesteding niet uitgesplitst is geweest op de activiteiten zoals nu benoemd. Daarnaast waren projecten in het verleden vaak behept met zoektijd.

Voor het schatten van de totale projectkosten moeten de kosten van de relevante stappen opgeteld worden.

In Tabel 2 is uitgegaan van een beperkt gebied (ca. 10\*10 km met 1m resolutie) waarbij het beeldmateriaal uit 1 beeld bestaat en er één hoogtemodel wordt gebruikt. Betreft het meer beelden, dan moet er nog een mozaïek



---

gemaakt worden. Ook zal de verwerking dan trager lopen, doordat de bestanden groter worden.

Aan Tabel 2 kunnen geen rechten ontleend worden.

## 6.2 Investeringskosten bij zelf uitvoeren

investering	kosten in €	Opmerking
ervaring opdoen 1 persoon	6000	In samenwerking met GAR en IBM
hardware	3000	PC en 3D muis
software		
Truflite	500	prijs uit 2000
Erdas + Virtual GIS	9030	ex BTW, prijs uit januari 2002
ArcGIS	10872	Aangenomen is dat ArcScene hierbij in zit, prijs uit augustus 2001 speciaal voor RWS
Povray	0	Freeware
3D Studio Max	4250	bron <a href="http://www.3dstudio.nl">http://www.3dstudio.nl</a>
ArView 3D analyst	3706	prijs uit augustus 2001 speciaal voor RWS

### Tabel 3 Investeringskosten bij zelf doen

De kosten in Tabel 3 zijn globale kosten die gemaakt zouden moeten worden wanneer de AGI zelf een beperkte productie omgeving zou willen inrichten voor het maken van 3D-visualisaties op basis van geo-informatie.

Het is niet nodig al de software direct aan te schaffen. Er zou ook begonnen kunnen worden met alleen Erdas Virtual GIS of alleen met ArcScene van uit ArcGIS. De ervaring binnen de AGI met ArcScene is onvoldoende om te kunnen verzekeren dat hiermee hetzelfde kan als met Erdas Virtual GIS.

---

## 7 Marktbenadering

Er zijn meerdere bedrijven op de markt die zich bezig houden met 3D-visualisaties. Op de V2R intranetsite (<http://www.venwnet.minvenw.nl/v2r/>) is een aantal van die bedrijven genoemd.

De genoemde bedrijven kunnen niet alle stappen uitvoeren zoals genoemd in hoofdstuk 2.

De stappen: 2, 3, 4 en 5 (selectie gebied, selectie geodata, geometrische correctie en orthometrische correctie) zullen door de AGI zelf of in nauw overleg met de AGI uitgevoerd moeten worden door bedrijven die gespecialiseerd zijn in geo-informatie.

De stappen 6, 7 en 8 (vervaardigen 3D-model, verfraaiingen en presentatie) kunnen het beste uitgevoerd worden door bedrijven die gespecialiseerd zijn in 3D visualisaties.

De stappen 1 en 9 (informatiebehoefte bepalen en evaluatie) zijn zaken die door de AGI zelf en de hoofdaannemer uitgevoerd zouden moeten worden. De hoofdaannemer kan in beide boven genoemde bedrijvengroepen vallen. Bij voorbaat moet gemeld worden dat de lijsten op de V2R site niet volledig zijn.

---

## 8 Afkortingen / verklarende woordenlijst

AGI	Adviesdienst Geo-informatie en ICT
AHN	Actueel Hoogtebestand Nederland ( <a href="http://www.geo-loket.nl/">http://www.geo-loket.nl/</a> )
CAD	Computer Aided/ Assisted Design
CAD- ontwerp	Met de computer gemaakt ontwerp
DKLN	Digitale Kleuren Luchtfotokaart Nederland
DTB	Digitaal Topografisch Bestand van alle rijks- wegen en vaarwegen. ( <a href="http://www.geo-loket.nl/">http://www.geo-loket.nl/</a> )
GIS	Geografisch Informatie Systeem
HRB	Hoge Resolutie Beeld
IKONOS	HRB satelliet met 1 meter grondresolutie
laseraltimetrie	Hoogtemeting o.b.v. de looptijd van laserstralen
ortho(metrische) correctie	Correctie voor schaalverschillen binnen een foto of satellietbeeld t.g.v. van hoogteverschillen in het terrein.
Resolutie	de kleinste eenheid in een rasterbeeld. Het is gelijk aan de lengte van de zijde van de blokjes (pixels) die gezien werden wanneer heel ver ingezoomd wordt.
RS	Remote Sensing
Schaal	Men spreekt van een grote schaal als de waarde van de breuk groot is. Het schaalgetal is dan klein. Op een grootschalige afbeelding is veel detail te zien en deze bedekt een klein gebied.
Top10vector	Topografisch vectorbestand van de Topografische Dienst gemaakt voor de afbeeldingsschaal 1:10.000
TophoogteMD	hoogtebestand van de topografische Dienst en de MD (nu AGI) met 1 hoogtepunt per ha.
V2R	Visualisatie & Virtual Reality