

20 Kartografie

Samenvatting. De eerste paragraaf geeft een overzicht van de kartografie. Kaarten kan men naar inhoud en doel indelen in topografische en thematische kaarten. Naar schaal onderscheidt men groot-, midden- en kleinschalige kaarten. Naar de begrenzing van het afgebeelde gebied onderscheidt men eiland- en raamkaarten. Topografische kaarten hebben een algemene doelstelling en geven de zichtbare terreinvormen weer; een overzicht van de Nederlandse topografische kaarten wordt gegeven. Thematische kaarten zijn gericht op een specifiek doel, bijvoorbeeld technische kaarten, geologische kaarten, statistische kaarten. Bij de grafische vormgeving van kaarten spelen generalisatie en symbolen een grote rol. Verder komen aan de orde de hoogte voorstelling en de belettering. Methoden van kaartreproductie zijn: fotografie, lichtdruk en droogkopie voor kleine aantallen, en voornamelijk offsetdruk voor grote oplagen, ook in kleurendruk.

De tweede paragraaf geeft een korte behandeling van het tekenen van groot-schalige technische kaarten met eenvoudige middelen, bijvoorbeeld het karteren van eigen metingen. De constructie van een ruitennet is belangrijk, als afbeelding van het coördinatenstelsel en als middel ter controle van rek of krimp van de kaart. Aan de orde komt de kartering van detailmetingen o.a. tachymetrische, en het tekenen van hoogtelijnen. Tot slot volgen enige opmerkingen over afwerking van de kaart en over reproductie, met de gevolgen van vergroting en verkleining.

De derde paragraaf geeft een globaal overzicht van de automatisering van kartografische werkzaamheden voor zover die van direct belang is voor de landmeetkunde. Besproken worden het digitaliseren van kaarten, tekenautomaten (plotters), grafische interactieve systemen en digitale kaarten.

20.1. Overzicht van de kartografie

De kartografie omvat de wetenschappelijke en technische activiteiten die betrekking hebben op kaarten en hun vervaardiging. Onder *kaart* wordt hier verstaan een afbeelding van de aarde of een deel daarvan op een plat vlak. Ook het maken van globes, reliëfmodellen, sterren- en maankaarten wordt tot de kartografie gerekend. Het doel van een kaart is het geven van visuele informatie; naast vorm en ligging kunnen de meest uiteenlopende gegevens betreffende een gebied op een kaart overzichtelijk worden weergegeven. De kartografie houdt zich bezig met alle aspecten van de kaartvervaardiging, van het bijeenbrengen en bewerken van de in beeld te brengen gegevens en de grafische vormgeving tot en met het drukken van de kaart. Het uitvoeren van metingen om de vorm van gebieden en de onderlinge ligging van plaatsen te bepalen behoort tot de geodesie en de fotogrammetrie.

Wij laten in deze paragraaf de kaartprojecties buiten beschouwing omdat in hoofdstuk 1 het een en ander daarover is vermeld.

Indeling van kaarten

Naar *inhoud en doel* kan men kaarten indelen in twee brede categorieën:

- *Topografische kaarten* geven de zichtbare terreinvormen en de aanwezige details, zoals wegen, waterlopen, bebouwing en begroeiing weer, ook wel onzichtbare, zoals grenzen van rijk of provincie. Ze zijn bruikbaar voor algemene doeleinden. De meetkundige zuiverheid is van belang, d.w.z. men moet er betrouwbaar afstanden en richtingen aan kunnen ontleen (waarbij uiteraard de precisie beperkt wordt door o.a. de schaal van de kaart).
- *Thematische kaarten* zijn bestemd voor een beperkt doel. Ze bevatten informatie over bepaalde zaken of verschijnselen die in relatie staan met de plaats op het aardoppervlak. Details die niet in verband staan met het doel worden weggelaten of vereenvoudigd en weinig opvallend weergegeven. De meetkundige zuiverheid is hierbij soms zeer belangrijk, soms van weinig belang.

Naar *schaal* is de volgende indeling wel in gebruik:

- *Grootschalig*: 1 : 10.000 en groter. Deze kaarten worden vaak *plans* genoemd. De schaal 1 : 10.000 is de kleinste schaal waarop wegen, gebouwen enz. zonder ingrijpende vervormingen duidelijk kunnen worden afgebeeld.
- *Middenschalgig*: 1 : 10.000 tot 1 : 250.000. In deze categorie vallen de meeste topografische kaarten.
- *Kleinschalig*: kleiner dan 1 : 250.000. Hieronder vallen o.a. overzichtskaarten en atlas-kaarten.

De indeling naar schalen is niet wezenlijk, en de gegeven grenzen zijn niet absoluut.

Op elke kaart moet de schaal worden vermeld, liefst met een schaalstok, zodat bij verkleining van de kaart (bijvoorbeeld als hij als illustratie bij een rapport wordt gebruikt) de aanduiding juist blijft. In Engelssprekende landen treft men kaarten aan waarop bijvoorbeeld een *inch* overeenkomt met een *mile* (one inch map) en dus het schaalgetal geen ronde waarde heeft.

Naar de begrenzing van het afgebeelde gebied onderscheidt men:

- *Eilandkaarten*, waarbij de figuratie door natuurlijke of administratieve grenzen wordt omsloten, bijvoorbeeld een kaart van een kadastrale sectie.
- *Raamkaarten*, waarbij het betrokken gebied op een aantal aaneensluitende bladen wordt afgebeeld, zoals bij de topografische kaarten van een land. De figuratie wordt begrensd door een rechthoekig kader.

Topografische kaarten

Het uitgeven van topografische kaarten is overal onderwerp van staatszorg. De meeste ontwikkelde landen kennen sinds ongeveer het midden van de negentiende eeuw een algemeen topografisch kaartwerk dat in vele bladen het gehele land overdekt. Het werk is vrijwel overal oorspronkelijk voor militaire doeleinden opgezet; de militaire doelstelling is nog altijd zeer belangrijk en topografische diensten zijn veelal nog steeds militaire of semi-militaire instellingen. In *Nederland* worden de volgende topografische kaarten

uitgegeven door de Topografische Dienst te Emmen:

1 : 10.000 in grijsdruk. Hierop zijn vrijwel geen plaatsnamen vermeld. De kaart is vooral bedoeld als ondergrond (werkkaart) voor ontwerpen en planologisch gebruik. Aanvulling en verdere afwerking is bewust aan de gebruiker overgelaten.

1 : 25.000 in kleurendruk en in grijsdruk.

1 : 50.000 in kleurendruk en in grijsdruk.

1 : 100.000 in kleurendruk (verkleining van de 1 : 50.000)

De genoemde kaarten berusten op fotogrammetrische opnamen en zijn in de stereografische projectie getekend. Tenslotte wordt nog vermeld de overzichtskaart op schaal 1 : 250.000, verkrijgbaar in kleurendruk en in grijsdruk, getekend in de U.T.M.-projectie.

Zeer belangrijk is bij topografische kaarten de bijhouding. De Nederlandse topografische kaarten op de schalen 1 : 10.000, 1 : 25.000 en 1 : 50.000 worden om de tien jaar volledig vernieuwd met de laatste terreingegevens, sommige bladen om de vijf jaar. Het is duidelijk dat een kaart sneller zal verouderen naarmate hij meer gedetailleerd is. Hoewel het voor verschillende doeleinden nuttig zou lijken een gedetailleerde en algemeen bruikbare topografische kaart op bijvoorbeeld schaal 1 : 5000 van het gehele land te hebben, is de hoeveelheid werk die aan de vervaardiging en de bijhouding daarvan is verbonden zo groot dat een dergelijke grootschalige kaart voor het gehele land economisch niet verantwoord is. Grote steden hebben wel hun eigen kaartwerken op grote schaal. Verder is het Kadaster betrokken bij de vervaardiging van de zgn. *grootschalige basiskaart* van Nederland (G.B.K.N.), via het Landelijk Samenwerkingsverband GBKN. De G.B.K.N. is een raamkaart met een zodanige topografische inhoud dat deze de basis kan zijn voor diverse werkzaamheden waarbij de gebruikers de kaart zelf aanvullen met de door hen gewenste gegevens. De productie geschiedt volgens projecten naar gebleken behoefte; gemeenten en particuliere bedrijven werken hieraan mee. Bij gerealiseerde projecten is de schaal 1 : 1000, incidenteel echter 1 : 500.

De van overheidswege gemaakte topografische kaarten vormen meestal het basismateriaal waarvan vele andere kaarten op dezelfde of kleinere schaal worden afgeleid. Naast topografische kaarten levert de Topografische Dienst luchtfoto's, digitale bestanden, atlassen, een wegenkaart, fietsmappen, thematische kaarten, facsimile kaarten en namenregisters.

Thematische kaarten

Wij rekenen onder de thematische kaarten de *technische kaarten*, zoals navigatiekaarten voor zee- en luchtvaart, kadastrale kaarten, grootschalige kaarten voor het ontwerpen van technische projecten, beheerskaarten van bedrijven enz. Soms worden deze als aparte groep naast de topografische kaarten en thematische kaarten beschouwd. De meetkundige zuiverheid is hierbij van groot belang. Belangrijke thematische kaartwerken in Nederland zijn:

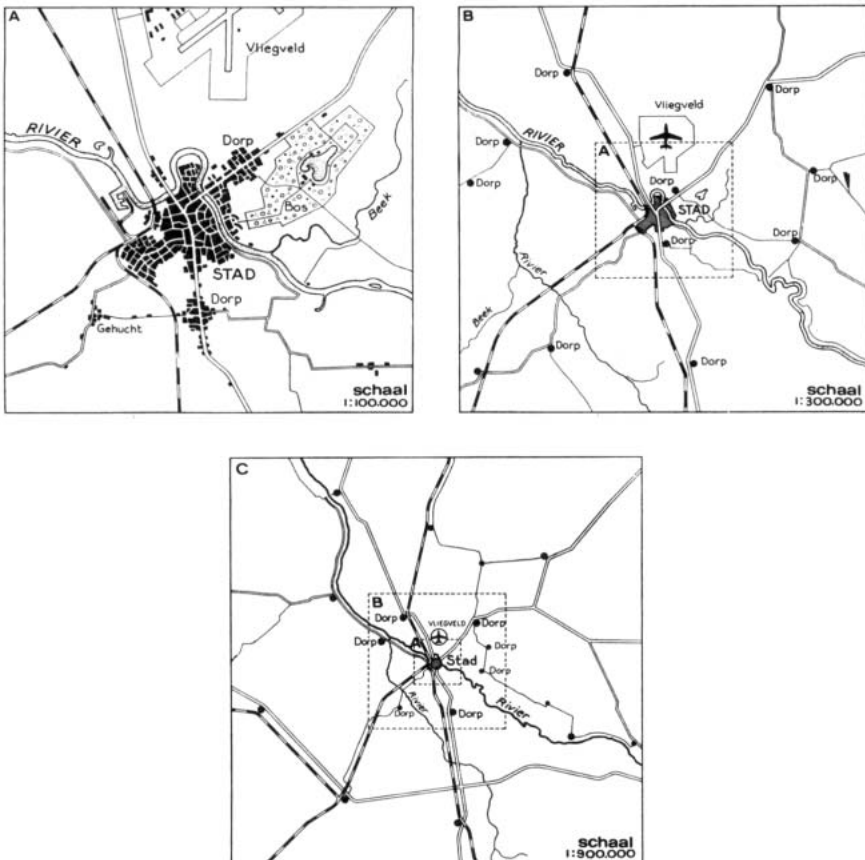
De Atlas van Nederland	Geologische kaarten
Bodemkaarten	Waterstaatskaarten
Zeekaarten	Hoogtekaarten (1 : 10.000)
Kadastrale plans	Rivierenkaarten (1 : 10.000)

Autokaarten, toeristische kaarten en stadsplattegronden worden veelal door particuliere bedrijven uitgegeven. In atlassen kan men vele soorten thematische kaarten vinden, o.a.

statistische kaarten. Bij deze laatste categorie gaat het vaak om een globaal overzicht, de meetkundige zuiverheid is meestal niet van groot belang.

Generalisatie en symbolen

Naarmate de schaal van de kaart kleiner is, is het bezwaarlijker alle details in de juiste vorm op schaal weer te geven. De kartograaf is daardoor gedwongen tot *generalisatie*, dat is vereenvoudiging van de vormen. Een kronkelige waterkant wordt als gladde lijn afgebeeld, onbelangrijke straten in een stad of bochten in een weg worden weggelaten enz. Nauw verwant hiermee is het gebruik van *signatures*. Vele belangrijke details zouden op de kaart haast onzichtbaar klein zijn als ze op schaal werden afgebeeld. Zo zou een 5 m brede weg op een topografische kaart met een schaal 1 : 50.000 slechts als een lijntje van 0,1 mm dikte worden getekend als de kartograaf niet een duidelijk zichtbare dubbele lijn als signatuur gebruikte. De breedte van dit symbool maakt weer dat boerderijen langs de weg, bijvoorbeeld voorgesteld als kleine zwarte blokjes, onmogelijk strikt op hun juiste plaats kunnen worden afgebeeld. De kunst van de kartograaf ligt voor een groot deel in het weglaten of vervormen van het onbelangrijke zonder het karakteristieke te schaden, en in de keuze van duidelijke en goed aansprekende symbolen. Vele



Figuur 20.1. Generalisatie in beeld.

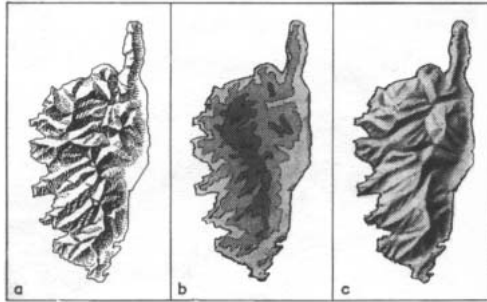
symbolen hebben een lange traditie, zoals het cirkeltje voor steden op geografische kaarten. Aparte vermelding verdient het gebruik van kleuren als symbolen voor de aanduiding van water en land, van grondsoorten, begroeiing, van diverse categorieën van wegen enz. Figuur 20.1, ontleend aan de Grote Winkler Prins Encyclopedie (7e druk), illustreert de toepassing van generalisatie.

Bij het kleiner worden van de schaal is iedere kaart ten opzichte van de voorgaande gegeneraliseerd (volgorde A-B-C). Generalisatie houdt in dat het onbelangrijke wordt weggelaten of vervormd, waarbij evenwel het karakteristieke van het weergegeven gebied herkenbaar moet blijven. De generalisatie omvat alle elementen die in een kaart zijn verwerkt en geldt dus voor lijnwerk, symbolen en schrift. De mogelijkheid de af te beelden gegevens te selecteren en een doeltreffende grafische presentatie te kiezen vormt een zeer belangrijk onderscheid tussen een kaart en een luchtfoto of fotokaart.

Hoogtevoorstelling

Over het algemeen gelden hoogtegegevens op een kaart ten opzichte van een niveauvlak dat ongeveer samenvalt met gemiddeld zeeniveau, zoals in Nederland het NAP. Dieptelijnen op zeekaarten gelden echter in de regel ten opzichte van het laagst mogelijke tij (laag laagwater springtij). Verschillende methoden zijn in gebruik om hoogte en reliëf van het terrein weer te geven. Markante punten, zoals bergtoppen, dragen vaak een *hoogtecijfer*, een meestal door rechtstreekse meting bepaald getal dat de hoogte aangeeft. Hoogtecijfers worden ook gebruikt voor vrijwel vlak en horizontaal terrein, zoals polders. Met hoogtecijfers alleen kan men geen duidelijke visuele indruk van de terreinvorm geven. Het meest gebruikte middel voor de hoogtevoorstelling zijn *hoogtelijnen*, verzamelingen van punten met gelijke hoogte. Door hun becijfering bieden ze de mogelijkheid van elk terreinpunt de hoogte door interpolatie te schatten; men kan uit hun verloop de richting en steilte van hellingen opmaken en daarmee de vorm van bergen en dalen. Kleine abrupte inzinkingen of verhogingen worden vaak weergegeven met kleine schrapjes, die boven aan de helling dikker zijn dan onder. Vroeger is op zwart-wit kaarten vaak een systematische schrapjestekening gebruikt waarbij de onderlinge afstand en de dikte der schrapjes afhankelijk was van de terreinhelling, waardoor in vele gevallen een duidelijk reliëfindruk ontstond, met name door invoering van een schaduw-effect. Tegenwoordig wordt bergterrein op topografische kaarten voorzien van hoogtelijnen maar bovendien vaak zeer plastisch weergegeven door het af te beelden alsof er een schuine kunstmatige belichting opvalt, meestal uit het noordwesten. Mede door geraffineerd gebruik van verschillende kleuren voor hoge en lage delen kan deze licht- en schaduwwerking een uitstekende indruk van het reliëf geven. Op geografische kaarten, waar de hoogtevoorstelling sterk gegeneraliseerd moet worden, past men in de regel *hoogtetinten* toe: al het land tussen 0 en 200 m wordt bijv. donkergroen gekleurd, alles tussen 200 en 400 m lichter groen enz. Figuur 20.2 geeft een afbeelding van het eiland Corsica, eveneens ontleend aan de Grote Winkler Prins Encyclopedie, met drie verschillende methoden van reliëfweergave

- a. door middel van schrapjes
- b. met hoogtetinten
- c. met reliëfschaduw.



Figuur 20.2. Voorbeelden van reliëfweergaven.

Belettering

De letters van de nodige plaatsnamen enz. vormen een vreemd element in een kaart omdat ze in wezen niet tot de afbeelding van het terrein behoren. Ze moeten duidelijk maar niet overheersend zijn, en de keuze van lettertypen en plaatsing der namen vergt dan ook grote zorg, smaak en vakkennis van de kartograaf. Een speciaal probleem vormt de juiste schrijfwijze van de aardrijkskundige namen.

Kaartreproductie

Soms heeft men aan één exemplaar van een kaart voldoende, waarvoor men het getekende origineel ofwel *manuscriptkaart* gebruikt. Meestal zijn er echter meer exemplaren nodig. Er zijn verschillende methoden om kaarten te produceren. De keuze is voornamelijk een kostenprobleem en hangt af van de aard van het origineel (o.a. zwart-wit of kleuren), van de kwaliteitseisen en van het aantal exemplaren dat moet worden gemaakt. Bij kleine aantallen (bijvoorbeeld tot enkele tientallen) gebruikt men voor zwart-wit reproductie:

- *Fotografische contactafdrukken*. Hiervoor moet het origineel een tekening op transparant materiaal zijn. Uiteraard kan elke kaart overigens met een speciale camera worden gefotografeerd en daarna gereproduceerd; de schaal kan daarbij gemakkelijk worden aangepast.
- *Lichtdruk (diazokopie)*. Deze methode wordt meestal gebruikt voor kaarten bij technische projecten. Het origineel moet in het algemeen transparant zijn. (Ook luchtfoto's kunnen zo worden gereproduceerd).
- *Droogkopie (xerografie)*. In verband met de beschikbare apparaten is deze methode alleen voor kleine formaten (bijvoorbeeld A4) bruikbaar. Als origineel dient een tekening op papier of op een transparant materiaal.

Bij grotere aantallen en bij kleurendruk past men drukprocédés toe, waarvoor fotografische en fotochemische tussenbewerkingen nodig zijn. Voor aantallen tot enkele honderden wordt wel gebruik gemaakt van *zeefdruk*. Het meest gebruikt wordt de *offsetdruk* waarmee o.a. topografische kaarten in oplagen van vele duizenden worden gemaakt. De originele tekening wordt daarbij veelal vervaardigd als gravure in een speciale laag aangebracht op een ondergrond van doorzichtig maatvast plastic of glas. Namen en opschriften worden gezamenlijk apart gezet en gedrukt op glasheldere film met behulp van een fotozetapparaat, en daarna uitgesneden en op de juiste plaats gemonteerd. De offsetdruk is zeer geschikt voor kleurendruk, waarbij voor elke kleur een (spiegelbeeldig) origineel moet worden gemaakt dat wordt overgebracht op een aluminiumplaat. Voor elke

kleur is een aparte gang door de drukpers nodig. Door toepassing van rasters met de hoofdkleuren geel, blauw, rood en zwart kunnen verschillende kleuren en tinten worden verkregen. Grote zorg moet eraan worden besteed dat de verschillende kleuren goed op elkaar passen, waarbij de noodzakelijke bevochtiging van de drukplaten een bron van moeilijkheden vormt omdat het vocht werking van het papier veroorzaakt.

20.2. Kaarttekenen

Kartografisch tekenen is een specialisme dat de kennis van veel grafische technieken en uitdrukkingsmiddelen vereist, gepaard aan vaardigheden die alleen in de praktijk kunnen worden verworven. Als zodanig valt het buiten het bestek van dit boek. Ook het gebruik van coördinatografen en tekenautomaten dat bij de kaartvervaardiging veel voorkomt moet hier buiten beschouwing worden gelaten. De bedoeling van deze paragraaf is slechts, enige elementaire zaken aan de orde te stellen die verbonden zijn aan het tekenen van grootschalige technische kaarten; met name is gedacht aan het met eenvoudige middelen vervaardigen van een kaart op grond van eigen metingen.

Bij het tekenen van een kaart is de nauwkeurigheid belangrijker dan bij de meeste andere technische tekeningen omdat op een kaart meestal geen maten vermeld worden: men verkrijgt numerieke gegevens door meting op de kaart. Een ander verschil met bijvoorbeeld technische ontwerptekeningen is dat vele lijnen op een kaart grillig verlopen. Tekeningmachines, zoals voor bijvoorbeeld bouwkundige of werktuigbouwkundige tekeningen worden gebruikt vinden daarom geen toepassing bij kartografisch tekenwerk. Men werkt het gemakkelijkst op een grote tafel, eventueel met een kleine helling.

De *schaal* van de te maken kaart zal in de regel zijn vastgesteld voordat de desbetreffende metingen zijn verricht. In § 17.1 is al opgemerkt dat de precisie waarmee men afstanden op een kaart kan meten, kan worden gekarakteriseerd met een standaardafwijking van ca. 0,15 mm. Bij een kaart op schaal 1 : S is dus de precisie van een uitgetaste afstand $0,15 \times S$ mm. De metingen in het terrein zullen vaak nauwkeuriger zijn dan op grond van deze relatie voor de kaart nodig zou zijn. Hiervoor heeft men goede redenen: ten eerste wil men een goede controle op grove fouten hebben, en ten tweede worden meetcijfers in vele gevallen rechtstreeks gebruikt zonder tussenkomst van de kaart. Bij de keuze van de schaal van de kaart speelt ook de *idealisatienauwkeurigheid* van terreindetails een rol: een grenssteen wordt geïdealiseerd tot 'punt', een sloot tot 'rechte lijn'. Het is voor wat betreft de nauwkeurigheid van de kaart niet zinvol om onnauwkeurige metingen, in een terrein met alleen ruwe en onbepaalde terreindetails, op een grote schaal af te beelden. Het komt echter vaak voor dat men een onnauwkeurige terreinopname toch op grote schaal karteert, nl. om voldoende ruimte te hebben om een ontwerptekening op de kaart te maken, of om ruimte te hebben voor kwalitatieve aantekeningen, bijvoorbeeld betreffende de geologische gesteldheid of archeologische vondsten.

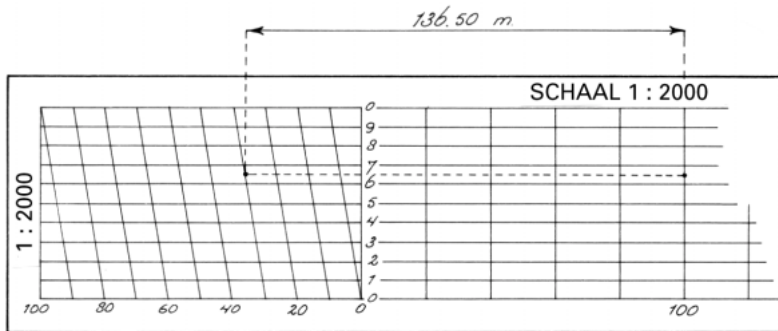
Bij een gegeven terrein bepaalt de schaal van de kaart mede het bladformaat. Omdat het een voordeel is, een kaart op één blad te hebben zonder veel ongebruikte ruimte, wijkt men vaak af van de genormaliseerde papierformaten. Op het tekenen van een kaart voor reproductie op een andere schaal wordt later teruggekomen.

Voor technische kaarten zoals wij hier op het oog hebben wordt vaak het origineel in pot-

lood op papier getekend. Dit origineel wordt op een transparant materiaal in inkt gekopieerd; door deze werkwijze kan men eventueel door verschillende ploegen gemaakte deelkaarten tot een geheel verenigen. Van de afgewerkte transparante kopie worden lichtdrukken gemaakt voor het gebruik.

Materialen

Als *tekeningdrager* kan men papier, al dan niet met aluminium gewapend, of diverse transparante folies gebruiken. De maatvastheid is van groot belang, van de plastic tekendragers zijn polyesterfolies in dit opzicht het geschiktst. Ongewapend papier kan enkele procenten krimpen of rekken onder invloed van vocht en temperatuur; vaak is er een verschil tussen de verandering in de lengterichting en die in de dwarsrichting. De tekeningdrager wordt op zijn plaats gehouden met een soort kleefband die zonder beschadiging kan worden verwijderd, of met gewichtjes. Materiaal waarop in inkt wordt getekend moet bestand zijn tegen raderen met een radeermes, hetgeen altijd wordt gevolgd door goed naraderen met inktgummi om uitvloeien van nieuwe inktlijnen te voorkomen. Voor het uitzetten van maten gebruikt men een goed *schaallatje* of een *transversaalschaal* met *steekpasser*. Een transversaalschaal is een metalen plaat met ingegraveerde lijnen, zie figuur 20.3, waarin de punten van een steekpasser tot op 0,1 mm op de verlangde afstand kunnen worden ingesteld.



Figuur 20.3. Afbeelding van een transversaalschaal .

Verdere tekenbenodigdheden zijn:

- hard potlood (6H) met scherpe punt
- een stalen liniaal lang 1 m
- driehoeken
- een trekpen of tekenvulpenen voor diverse lijndikten. Voor polyester zijn niet alle inktsoorten geschikt. Er zijn speciale tekenvulpenen voor etsende inkten.
- een oreillonpasser is gewenst voor het aanduiden van bijvoorbeeld veelhoekspunten met zeer kleine cirkeltjes.

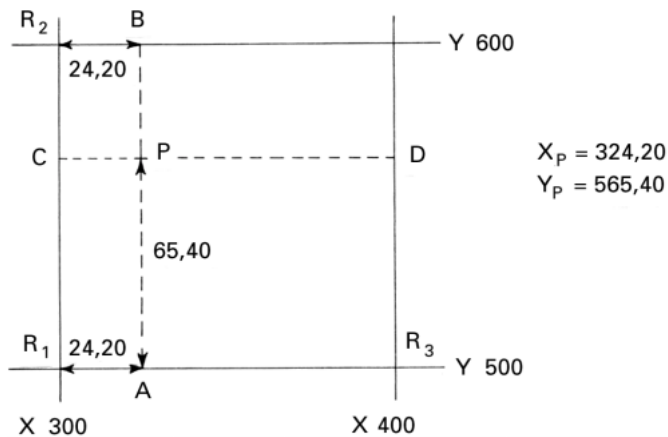
Ruitennet

Bij de opzet van een kaart wordt het blad voorzien van een *ruitennet*, d.w.z. twee onderling loodrechte stelsels lijnen die het blad verdelen in vierkanten ('ruiten') met zijden van 10 cm, soms 5 cm. Men noemt de lijnen *ruitlijnen* en hun snijpunten *ruitpunten*. Het ruitennet dient als afbeelding van het bij de landmeetkundige berekeningen gebruikte X, Y -

coördinatenstelsel, en daarmee als hulp middel om punten met bekende coördinaten te karteren. Daarnaast geeft het ruitennet de mogelijkheid eventuele rek of krimp van de kaart of van reproducties daarvan te bepalen. De gemakkelijkste manier om een ruitennet te maken is die met een *ruitennal*, dat is een metalen plaat met op de plaats van de ruitpunten zuiver geboorde gaatjes met een diameter van enkele mm. Door middel van een speciaal apparaatje (*piquoir*) kan het midden van dit gaatje als ruitpunt op de blanco tekeningdrager worden doorgeprikt.

Als men niet over een ruitennal beschikt kan men met een zuivere lange liniaal twee snijdende rechten ongeveer diagonaalsgewijs op het blad tekenen en vanuit hun snijpunt daarop zorgvuldig vier gelijke afstanden uitzetten. Men verkrijgt zo een rechthoek, die men kan controleren door na te gaan of de overstaande zijden precies gelijk zijn. Uitgaande van bijvoorbeeld het hoekpunt links onder kan men nu langs de zijden gelijke afstanden van 10 cm uitzetten. Elke ruitlijn wordt getrokken tussen de corresponderende punten op overstaande zijden van de rechthoek. De ruitlijnen worden langs de bladrand voorzien van de bijbehorende ronde coördinaatwaarden.

Voor het maken van een ruitennet vertrouwt men dus niet op de rechte hoek van een tekenhaak of een tekendriehoek. Figuur 20-4 illustreert het karteren van een punt P met bekende coördinaten met behulp van het ruitennet.



Figuur 20.4. Uitzetten uit een ruitennet .

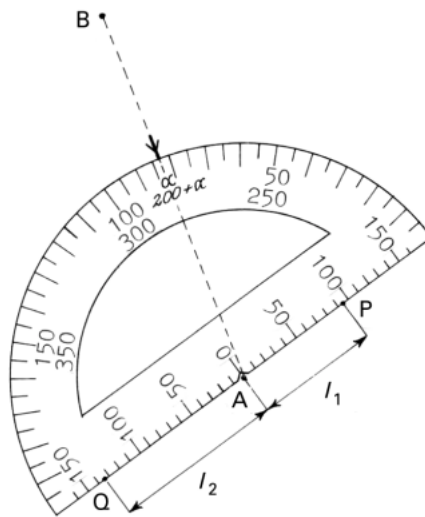
Men zet vanuit de ruitpunten R_1 en R_2 de afstand 24,20 m uit. De gevonden punten zijn A resp. B; op hun verbindingslijn zet men vanuit A 65,40 m uit. Nog beter is het, de Y-coördinaat evenals de X-coördinaat met twee maten vanuit R_1 en R_3 uit te zetten, en P te vinden als snijpunt van twee rechten. Bij het gebruik van een ruitennal gaan nl. de ruitlijnen niet altijd precies door de ruitpunten; deze kleine onnauwkeurigheden vermijdt men door altijd vanuit de gepriekte ruitpunten te werken. Vaak kent men uit de voorafgaande berekening de afstanden tussen de gekarteerde punten, bijvoorbeeld veelhoekspunten. Nameten van de afstanden op de kaart levert controle op vergissingen.

Kartering van detailmetingen

Bij de kartering van een detailmeting met *meetband en hoekprisma* is soms geen ruitennet nodig, nl. in het geval dat het om een klein zelfstandig opgemeten terrein gaat

waarbij geen berekening van coördinaten te pas komt. Het meetlijnnet wordt uit de meetcijfers geconstrueerd, waarbij het essentieel is dat alle bij de meting genomen overtallige gegevens ook bij de kaartering als controle worden gebruikt. Loodlijnen worden met tekendriehoeken geconstrueerd. Ook bij de kaartering van detailpunten worden alle gemeten controles (door eigen maten enz.) toegepast.

Voor wat betreft opnamen volgens de *poolcoördinatenmethode* zullen wij alleen de kaartering van de veldtachymetrie behandelen. Hierbij gaat aan de kaartering de berekening van de coördinaten en hoogten van de veelhoekspunten en detailpunten vooraf. De detailpunten worden gekarteerd met een *tachymetertransporteur*, dit is een halfcirkelvormige gradenboog met liniaal, gemaakt van metaal of plastic, zie figuur 20.5. Het middelpunt wordt met een naald op standplaats *A* geprikt vanwaar de te karteren detailpunten zijn opgenomen. De transporteur kan om dit punt draaien. *B* is het punt waarop de horizontale rand van de tachymeter is georiënteerd tijdens de opname (aflezing 0 gr.). Op de kaart wordt deze richting met een streepje aangegeven dat als index doet. De gradenboog is dubbel gecijferd; in de figuur is het detailpunt *P* uitgezet met de richting α en de afstand l_1 , het punt *Q* met de richting $200 + \alpha$ en de afstand l_2 . Men markeert uitgezette punten met een stip van het potlood en schrijft er de hoogte bij, daarbij de stip als decimaalteken gebruikend.



Figuur 20.5. Een tachymetertransporteur .

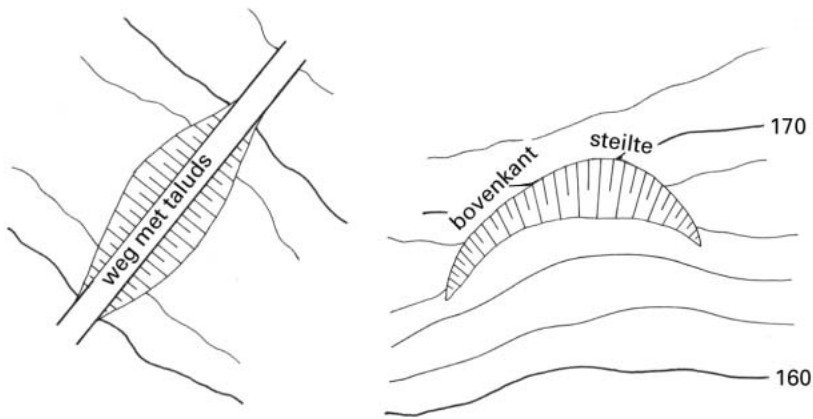
Hoogtelijnen

Op een kaart van vrijwel vlak en horizontaal terrein zal men geen hoogtelijnen tekenen omdat de ligging daarvan zeer onzeker is. Is informatie over het reliëf gewenst dan geeft men in dat geval hoogtecijfers aan, met name op punten die het hoogst of het laagst zijn t.o.v. hun directe omgeving.

Als men hoogtelijnen toepast zal hun interval in de regel, evenals de schaal van de kaart, bepaald zijn vóór de terreinopname. De keuze is afhankelijk van het doel van de kaart, de steilte van de voorkomende hellingen en van de kaartschaal. Stel men heeft bijvoorbeeld de schaal 1 : 1000 en veel steile hellingen van 50 gon. Kiest men nu een hoogtelijnen-

interval van 1 m, dan zullen de hoogtelijnen 1 mm van elkaar liggen. Op de desbetreffende terreingedeelten zal de kaart geheel overdekt zijn met hoogtelijnen, die overigens alleen een juist beeld geven als er zeer veel detailpunten zijn genomen. Een grote dichtheid van hoogtelijnen kan soms een goede visuele indruk van het reliëf geven, maar voor de meeste doeleinden is het daaraan verbonden werk niet verantwoord. De keuze van het hoogtelijneninterval vereist dus een afweging van de nodige informatie, het gewenste kaartbeeld en de hoeveelheid terrein- en tekenwerk.

De hoogtelijnen worden door rechthoekige interpolatie tussen de hoogten van de gekarteerde detailpunten gevonden; de tachymetrische opname dient hierop te zijn gericht. Taluds en onbegaanbaar steile terreingedeelten worden niet van hoogtelijnen voorzien maar aangeduid met rechte streepjes in de richting van de grootste helling, zie figuur 20.6.



Figuur 20.6. Het aangeven van (steile) taluds .

In weinig geaccidenteerd terrein met een gering aantal hoogtelijnen kan men bij elke hoogtelijn op enkele plaatsen in de kaart de betrokken hoogte aangeven. In bergachtig terrein becijfert men alleen ronde waarden om de vijf of tien hoogtelijnen, zie figuur 20.6. De cijfers worden zo gezet dat ze rechtop worden gezien als men a.h.w. tegen de helling omhoog kijkt. Bijzondere terreinvormen die tussen twee hoogtelijnen vallen kunnen plaatselijk met een gestippelde hoogtelijn op het halve interval worden aangegeven.

Afwerking

Over bij het afwerken en inkten van de kaart te gebruiken lijndikten, signaturesn en lettertypen kan men zich het best in de praktijk oriënteren, voorts kan worden verwezen naar de Normbladen NEN 449 en NEN 3256, zie de literatuuropgave.

Zoals bij technische tekeningen wordt de kaart voorzien van een kader met legenda, projectnummer of titel, naam van het terrein, vervaardiger, datum van opname, kaartering en eventuele revisies. Veelal is het van belang een noordpijl, eventueel het magnetische noorden, op de kaart te zetten. In ieder geval wordt vermeld hoe het coördinatenstelsel en het referentiepeil van de hoogte is gedefinieerd. Het kan nuttig zijn bovendien op de kaart een lijstje van coördinaten en hoogten van de vaste punten te vermelden.

Namen, nummers enz. worden bij voorkeur evenwijdig aan de onderkant van het blad

geplaatst, behalve de bovengenoemde becijfering van de hoogtelijnen en namen van straten en waterlopen. De belettering bepaalt voor een groot deel het aanzien van de kaart, en dient vóór alles duidelijk te zijn. Wie niet goed letters kan tekenen kan zijn toevlucht nemen tot lettermallen. Er is ook een grote keus aan z.g. afwrijffletters die op transparante vellen te koop zijn. Volgens hetzelfde systeem zijn allerlei symbolen en rasters verkrijgbaar.

Reproductie

Zoals reeds werd opgemerkt worden technische kaarten veelal door lichtdruk gekopieerd, en er moet nog eens worden gewaarschuwd tegen de maatafwijkingen die hiervan het gevolg kunnen zijn. Over het algemeen moet ook worden gewaarschuwd tegen het vergroten van een kaart: alle lijndikten en alle onnauwkeurigheden worden mee vergroot! Voor verkleining geldt het omgekeerde. Kleine kaarten die men bijvoorbeeld als bijlage bij een rapport wil voegen kan men het beste op een twee à drie keer zo groot formaat tekenen en dan het resultaat fotografisch laten verkleinen. Het tekenwerk moet dan wel voor deze verkleining geschikt zijn: men vermijde dunne lijnen, dichte detaillering en kleine letters die bij verkleining ‘dicht lopen’, of eenvoudig door hun kleinheid onleesbaar worden.

20.3. Automatisering in de kartografie

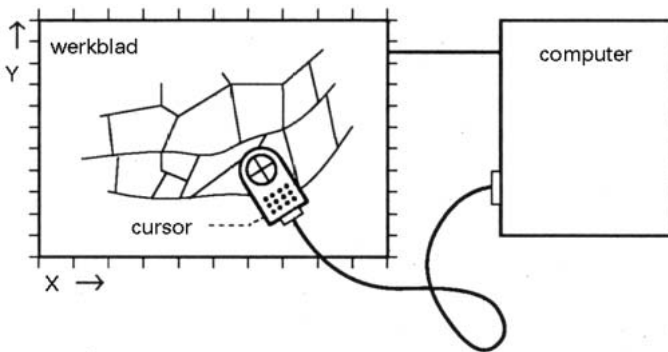
In de praktijk zijn veel kartografische werkzaamheden geautomatiseerd. Dit betreft zowel tekenwerk als het behandelen van de grote hoeveelheden thematische informatie die op een kaart kunnen worden voorgesteld. Wij beperken ons hier tot enige zaken met betrekking tot de weergave van meetkundige informatie. Een kaart bevat meetkundige informatie in analoge vorm. In het geheugen van een computer kan zulke informatie alleen worden opgeslagen in digitale vorm, d.w.z. in de vorm van coördinaten, uiteraard aangevuld met gecodeerde gegevens betreffende de identificatie van punten, te trekken verbindinglijnen enz. In het geval van de kaartering van landmeetkundige of fotogrammetrische opnamen volgen de coördinaten uit de berekening na het meetproces. Ze worden daarbij rechtstreeks uit de berekening of via een informatiedrager ingevoerd. Het is echter ook mogelijk een bestaande kaart geheel of gedeeltelijk in een geheugen op te slaan door de kaart te *digitaliseren* d.w.z. op een geautomatiseerde wijze coördinaten op de kaart te meten en te registreren. Wij zullen in het navolgende enkele aspecten van de geautomatiseerde operaties en de gebruikte apparatuur kort behandelen en daarbij de gebruikelijke Engelse terminologie bezigen.

Digitizers

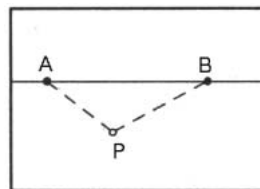
Digitaliseren gebeurt met een *digitizer*. Er zijn met de hand gestuurde digitizers en digitizers die geheel automatisch werken, zgn. *scanners*. Een met de hand gestuurde digitizer is schematisch voorgesteld in figuur 20.7.

De te digitaliseren kaart wordt op het werkblad bevestigd, waaronder zich een fijnmazig raster van gedrukte bedrading bevindt, dat het coördinatenstelsel van het instrument realiseert. De operateur kan het meetmerk van de *cursor* (loper) op een willekeurig punt

van de kaart zetten, waarna door een toets in te drukken een signaal naar het raster wordt gezonden en de coördinaten door de computer worden geregistreerd. Men kan ook continu een lijn volgen. Andere toetsen dienen voor toegevoegde gecodeerde informatie; deze informatie kan ook via een zgn. *menu* worden ingebracht. Een menu is een gedrukt schema van de beschikbare opdrachten, dat via een raster van gedrukte bedrading in verbinding staat met de computer. Men geeft de opdracht door de cursor op de gewenste code te plaatsen. De resolutie van de registratie, d.w.z. de kleinste te meten eenheid van de coördinaten, kan gaan tot 0,1 mm, afhankelijk van het type digitizer. Voor bepaalde soorten werk zijn er ook goedkopere digitizers die op andere principes berusten en voornamelijk voor kleinere kaarten of kaartgedeelten worden gebruikt.



Figuur 20.7. Schematische weergave van het digitaliseerproces .



Figuur 20.8. Het principe van een digitizer .

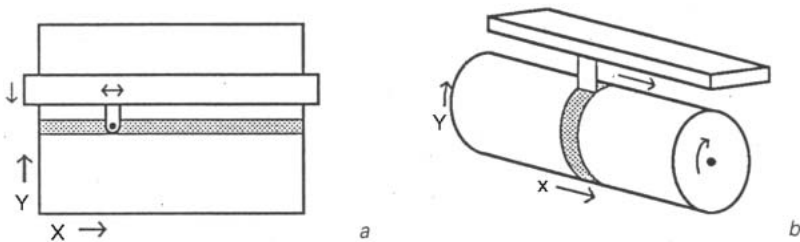
Figuur 20.8 geeft het principe van een digitizer die berust op het meten van de afstanden van het meetmerk tot twee vaste punten A en B, en wel door de looptijd van geluidsgolven te meten die vanuit A en B naar de cursor P worden gezonden. Met de bekende voortplantingssnelheid van het geluid volgen de genoemde afstanden, waaruit door de computer direct de coördinaten in het stelsel van het instrument worden berekend. Door o.a. de onzekerheid van de voortplantingssnelheid van het geluid is met dit type geen erg hoge nauwkeurigheid bereikbaar.

Voor nog een ander type, dat o.a. wordt gebruikt voor oppervlaktebepaling wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk . De door een digitizer geregistreerde coördinaten hebben betrekking op het stelsel van het instrument. Door het aanmeten van punten waarvan de RD-coördinaten bekend zijn, kunnen de coördinaten worden getransformeerd naar het RD-stelsel.

Scanners

Het digitaliseren van een kaart kan geheel automatisch geschieden met behulp van een *scanner*. ‘Scannen’ is het langs opeenvolgende lijnen (stroken) aftasten van een kaart. Een lichtgevoelige sensor wordt langs zo’n lijn over de kaart gevoerd en registreert de intensiteit van het door de kaart gereflecteerde licht. Deze intensiteit wordt digitaal geregistreerd tezamen met de plaats waar zij optreedt. Op deze wijze kan niet alleen het contrast tussen wit papier en een zwarte lijn worden opgenomen, ook tussenliggende grijswaarden kunnen worden geregistreerd. In figuur 20.9a is een scanner geschetst waarbij de kaart op een vlak werkblad is bevestigd.

De sensor loopt evenwijdig aan de X -as, de brug waarop hij is bevestigd beweegt zich in Y -richting. Figuur 20.9b. geeft schematisch een zgn. *drum scanner* weer, waarbij de kaart op een roterende trommel is gespannen. Bij elke omwenteling van de trommel wordt een strook opgenomen waarna de sensor langs een vaststaande brug naar de volgende strook wordt verplaatst.



Figuur 20.9. Voorbeelden van scanners .

Omdat bij scanners de sensor telkens maar een klein stukje van de kaart ‘ziet’ kunnen er moeilijkheden optreden, bijvoorbeeld bij het opnemen van onderbroken lijnen en snijpunten en bij het onderscheiden van belangrijke en onbelangrijke tekens op de kaart, zodat bewaking, controle en menselijk ingrijpen nodig blijven.

Plotters

Een *plotter* is een tekenautomaat, die de in het geheugen van een computer geregistreerde digitale informatie omzet in een getekende kaart (en eveneens signaturen en opschriften kan verzorgen). Er zijn zgn. *flatbed plotters* waarbij de tekeningdrager op een vlakke tekentafel ligt en de tekenkop in X - en Y -richting kan bewegen, zoals in figuur 20.9a. voor een scanner is geschetst, en *drum plotters* werkend analoog aan figuur 20.9b. De sturing van de tekenkop geschiedt door de computer voorzien van de passende programmatuur. De tekenkop draagt in de regel verschillende pennen, bijvoorbeeld voor diverse lijndikten. Hun gebruik is geprogrammeerd; ze kunnen door elektromagneten in werking worden gesteld of van de tekeningdrager worden gelicht. Er kunnen pennen met vloeibare inkt, ballpoints, viltpennen en ook graveerstiften worden gebruikt; ook zijn er flatbed plotters die met een lichtstraal op een lichtgevoelige laag kunnen tekenen.

Interactieve grafische systemen

Zowel bij het ontwerpen van kaarten als bij de bijhouding van bestaande kaarten heeft men te maken met correcties en andere wijzigingen en aanvullingen. Om dit te kunnen

doen met kaarten die zich in digitale vorm in het geheugen van een computer bevinden, zijn er *interactieve grafische systemen* ontwikkeld, bestaande uit een combinatie van computer, digitizer, beeldscherm en plotter, plus een omvangrijke en ingewikkelde programmatuur. De kaart kan hierbij op een beeldscherm worden afgebeeld, zowel geheel als in uitvergroete onderdelen. Met een verplaatsbaar lichtpunt of met een lichtpen kunnen te wijzigen onderdelen worden aangewezen; voor de aan te brengen wijzigingen worden opdrachten gegeven op een menu. In de regel werkt men met twee beeldschermen, een voor de kaart zoals hij is en een voor het aanbrengen van wijzigingen. Door het beeldscherm heeft men een grafisch beeld van de kaart, het digitale bestand dat de kaart representeert wordt zodoende gewijzigd zonder dat de kaart getekend en grafisch bijgewerkt hoeft te worden. Desgewenst kan in elk stadium de kaart worden getekend door de gekoppelde plotter die een zgn. *hard copy* levert, m.a.w. een op papier getekende kaart.

Digitale kaarten

De in het voorgaande beschreven mogelijkheden hebben ertoe geleid dat veel kaarten tegenwoordig in digitale vorm worden bewaard en bijgehouden. Het voordeel van gemakkelijke en snelle wijziging is duidelijk. Bovendien kan men een selectie van grafisch weer te geven informatie maken, en kan door een plotter de grafische kaart op een gewenste schaal worden getekend. Wel moet de kanttkening worden geplaatst dat bij het digitaliseren van een bestaande kaart verlies van nauwkeurigheid optreedt omdat er een meetproces wordt toegevoegd aan de keten van handelingen en bewerkingen die aan de bestaande kaart ten grondslag ligt. Of dit verlies aanvaardbaar is in verband met de toepassing moet apart worden bekeken. Verder komt het voor dat het streven naar digitalisering ertoe leidt dat men uitgaat van kaartmateriaal van verschillende herkomst en kwaliteit. Als er geen maatregelen voor kwaliteitsaanduiding worden getroffen is dit niet merkbaar in het gevormde digitale bestand, dat dan homogeen lijkt maar in feite sterk inhomogeen is en wellicht niet geschikt voor alle doelen waarvoor men het zou willen gebruiken.

Een speciaal soort digitale kaart is een *digitaal terreinmodel* of *digitaal hoogtemodel*, een bestand waarin de vorm van een terrein is vastgelegd door de *X,Y*-coördinaten en de hoogte van een groot aantal representatieve punten. Via speciale computerprogramma's kunnen hieruit hoogtelijnenkaarten en profielen worden afgeleid en inhoudsberekeningen voor grondverzet enz. worden uitgevoerd. Via transformaties kunnen ook perspectivische afbeeldingen van het terrein worden gemaakt. Dit kan o.a. worden gebruikt bij het ontwerpen van wegen om na te gaan hoe een automobilist de weg voor zich zal zien.

Literatuur

- R.W. ANSON (ed.), *Basic cartography for students and technicians*, 2 dln., Elsevier Science Publishers, London/New York, 1984/1988.
- J. BERTIN, *Semiology of graphics*, University of Wisconsin Press, Madison, 1983. Oorspronkelijke uitgave: *Semiologie graphique*, Gauthier Villars, 2e druk, Paris, 1974. Duitse uitgave: *Graphische Semiologie*, De Gruyter, Berlin, 1974.
- B.D. DENT, *Principles of thematic map design*, Addison-Wesley, 1985.

- E. IMHOF, *Thematische Kartographie*, Berlin, 1970 (Sammlung Göschen, Band 30/30a/30b en Band 1245/1245a/1245b).
- M.J. KRAAK, *Computer-assisted cartographical three-dimensional imaging techniques*, diss. Delft, DUP, 1988.
- M.J.P.M. LEMMENS, Digitale hoogtemodellen nader bekeken, *Geodesia* 1997 No. 10, blz. 431.
- F.J. ORMELING en M.J. KRAAK, *Kartografie, visualisatie van ruimtelijke gegevens*, DUP, Delft, 1990.
- T. SCHEELE, *De (cultuur)omslag van de Topografische Dienst van Nederland*, *Geodesia*, 1998 No. 5, blz. 223.
- NEN 449, *Technische tekeningen, aanduidingen van lengteprofielen, dwarsprofielen en hoogtelijnen in bestaande situaties*.
- NEN 3256, *Aanduidingen op kaarten en tekeningen van bestaande situaties op schaal 1 : 2500 en groter*.

Toets uw kennis

- Geef een karakterisering van topografische en van thematische kaarten, met voorbeelden.
- Wat zou u in Engeland verstaan onder een 'six inch map'? Wat is de schaal daarvan?
- De topografische kaart 1 : 50.000 van Nederland telt ongeveer 110 bladen $40 \times 50 \text{ cm}^2$. Hoeveel bladen van hetzelfde formaat zouden ongeveer nodig zijn voor een topografische kaart 1 : 5000 van het hele land? Neem een gebied rond uw woonplaats in gedachten waarvan de grootte correspondeert met zo'n blad 1 : 5000, en ga voor uzelf na welke veranderingen daar in het afgelopen jaar hebben plaatsgevonden die op zo'n grootschalige kaart zouden moeten worden bijgewerkt.
- Wat verstaat men in de kartografie onder generalisatie? Geef drie voorbeelden.
- Welke methoden van kaartreproductie komen in aanmerking bij kleine aantallen?
- Staat de schaal van een kaart in onverbrekelijk verband met de nauwkeurigheid? Motiveer uw antwoord.
- Geef kort maar duidelijk aan wat u verstaat onder de volgende termen. Licht uw antwoord toe met schetsen of voorbeelden.

eilandkaart	ruitenmal
grootschalige basiskaart	tachymetertransporteur
- Hoe zou u nauwkeurig een parallellogram construeren met zijden van 60 cm en 80 cm en scherpe hoeken van 79,28 gon en dit parallellogram verdelen in ruiten met zijden van 10 cm?
- Zet kort en duidelijk uiteen wat u verstaat onder de volgende termen, zo nodig met schetsen:

digitaliseren	flatbed plotter
cursor	digitaal terreinmodel
menu	interactief grafisch systeem
scanners	hard copy

10. Noem enkele voordelen van digitale kaarten. Welk risico is er verbonden aan het klakkeloos gebruik van de moderne technieken om tot een digitaal kaartenbestand te komen?