

Ontwikkelingen in het grondgebruik in Oost-Nederland en de West-Duitse
grensregio: tijdreeksen grondgebruik van 1850 tot 1990

**Ontwikkelingen in het grondgebruik in Oost-Nederland en de
West-Duitse grensregio: tijdreeksen grondgebruik van 1850 tot
1990**

**W.C. Knol
H. Kramer
G.J. van Dorland**

Alterra-rapport 822

Alterra, Wageningen, 2003

REFERAAT

Knol, W.C., H. Kramer & G.J. Dorland, 2003. *Ontwikkelingen in het grondgebruik in Oost-Nederland en de West-Duitse grensregio: tijdreeksen grondgebruik van 1850 tot 1990*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 822. 60 blz. 25 fig.; 12 tab.; 11 ref.

Voor de periode 1850-1990 zijn voor de regio Midden- en Oost-Nederland en het grensgebied van Duitsland tijdreeksen met historisch grondgebruik ontwikkeld. De gegevens hiervoor zijn ontleend aan landsdekkende topografische kaarten die vanaf 1850 zijn verschenen. Er zijn 5 tijdstappen onderscheiden: 1850, 1900, 1930, 1960 en 1990. De Nederlandse en Duitse kaarten zijn gescand en geometrisch gecorrigeerd naar het RD-stelsel. Met een semi-automatische classificatie zijn van de gescande kaarten de kleuren omgezet naar 10 klassen met grondgebruik. Voor Duitsland zijn voor de periode 1900 en 1930 alleen zwart-wit kaarten beschikbaar. Deze zijn grotendeels handmatig bewerkt. De volgende vormen van grondgebruik zijn onderscheiden: grasland, akker/kale grond, heide en hoogveen, loofbos, naaldbos, bebouwd gebied en wegen, water, rietmoeras, stuifduinen en zandplaten en overig. Het resultaat is een tijdserie van GIS bestanden met dominant grondgebruik op basis van 50 meter grids. Validatie laat zien dat de nauwkeurigheid van de bestanden circa 95-99% bedraagt. De tijdreeks voor dit gebied is onderdeel van de ontwikkeling van een reeks landsdekkende databestanden met Historisch Grondgebruik vanaf 1800 op basis van 50 meter grids.

Trefwoorden: historisch grondgebruik GIS Nederland referentie Duitsland tijdreeks cartografie

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 48,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 822. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2003 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Methode	13
2.1 Basismateriaal	13
2.1.1 Nederlandse kaarten	14
2.1.2 De Duitse kaarten	18
2.2 Voorbewerking	24
2.3 Classificatie	26
2.3.1 generieke classificatie	26
2.3.2 specifieke classificatie	27
2.4 Aggregatie	28
3 Resultaat	31
3.1 Grondgebruikklassen	31
3.2 Grondgebruik 1850-1990	36
3.3 Validatie	45
4 Discussie en aanbevelingen	51
4.1 Discussie	51
4.2 Aanbevelingen	53
Referenties	55
Bijlage	
1 Geselecteerde kaartbladen per tijdstap met jaren van verkenning	57

Woord vooraf

Landsdekkende ruimtelijke databestanden met grondgebruik zijn globaal vanaf 1985 beschikbaar. De productie hiervan heeft geleid tot een enorme ontwikkeling in de toepassing van Geografische Informatie Systemen (GIS). Voor de ruimtelijke planvorming en analyse van de leefomgeving zijn dergelijke databestanden onmisbaar. Ze geven aan hoe en waar de ruimtelijke ontwikkeling van Nederland heeft plaatsgevonden en welke kwaliteiten daarbij zijn ontstaan of verdwenen. Veel ruimtelijke simulatie- of voorspellingsmodellen zijn afhankelijk van de beschikbaarheid van GIS bestanden met grondgebruik.

Topografische kaarten van voor 1990 zijn een recent ontdekte bron om ‘nieuwe’ geodata in te winnen over de periode 1800-1990. Binnen Alterra wordt recent geïnvesteerd in ontwikkeling van deze nieuwe generatie historische databestanden onder de noemer HGN (Historisch Grondgebruik Nederland).

Deze rapportage beschrijft de ontwikkeling en kwaliteit van vijf databestanden voor de regio Midden- en Oost-Nederland en de West-Duitse grensstreek voor de periode 1850-1990.

Deze bestanden zijn ontwikkeld in opdracht van het Ruimtelijk Planbureau voor het Regiolab, wat een onderdeel is van een landsdekkend monitoringproject. In het Regiolab wordt voor een uitsnede van Nederland ontwerpend onderzoek gedaan, onder andere met behulp van deze historische bestanden.

Vanuit Alterra hebben Herman Gijsbertse en Theo Jacobs een bijdrage geleverd aan de realisatie van dit project.

Samenvatting

Voor het gebied Midden- en Oost-Nederland en de aansluitende West-Duitse grensregio is een tijdreeks met het historisch grondgebruik ontwikkeld. Deze tijdreeks beslaat de perioden 1850, 1900, 1930, 1960 en 1990. De basis hiervoor zijn de topografische kaarten 1:25.000 voor de perioden 1900 en 1930 en 1:50.000 voor 1850, 1960 en 1990. De bestanden zijn gebaseerd op een gridgrootte van 50 meter. De ontwikkelde tijdreeks 1850-1990 sluit inhoudelijk en technisch goed aan bij recent ontwikkelde databestanden op basis van satellietbeelden (LGN).

Als eerste stap in het classificatieproces zijn de verschillende projecties van de gescande Duitse en Nederlandse historische kaarten gegeorefereerd naar de stereografische projectie van het huidige Nederlandse RijksDriehoekstelsel (RD). Hierdoor worden kaarten onderling vergelijkbaar.

Met een semi-automatische classificatiemethode zijn 10 vormen van grondgebruik geclassificeerd: grasland, akker/kale grond, heide en hoogveen, loofbos, naaldbos, bebouwd gebied en wegen, water, stuifduinen/zandplaten en overig. Handmatig is daaraan toegevoegd de klasse rietmoeras. Voor het Duitse deel van het projectgebied zijn voor 1900 en 1930 alleen zwart-witkaarten beschikbaar. Deze zijn grotendeels handmatig gedigitaliseerd.

Voor alle tijdstappen is een validatie uitgevoerd door via een steekproef voor iedere klasse grondgebruik de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van het bestand te bepalen. De topografische kaarten uit die periode zijn daarvoor als referentie gebruikt. De nauwkeurigheid van de bestanden ligt tussen de 95 en 99%. Deze nauwkeurigheid verschilt per klasse en per tijdstap. Oudere kaarten zijn vaak wat onnauwkeuriger door slechtere kaartkleuren.

De periode 1850 tot 1990 kan voor deze regio worden gekarakteriseerd als een periode van zeer grote veranderingen. De tijdreeks weerspiegelt het proces van ontginning, bebossing, industrialisatie, landbouwhervormingen en de oprukkende verstedelijking. Rond 1850 hadden de rivieren nog grotendeels een natuurlijk karakter met eilanden en oobossen. Op de Veluwe kwamen uitgestrekte stuifduinen en heidevelden voor en de nattere gronden functioneerden veelal als overstromingsgebied voor beken en rivieren. Anderhalve eeuw later is dit beeld sterk gewijzigd. De verstedelijking is enorm opgerukt, ook op het platteland. De karakteristieke ordening van het grondgebruik die per regio verschilde is steeds uniformer geworden. De aard en snelheid van deze verandering is niet overal gelijk. Er zijn ook delen van het projectgebied niet of nauwelijks veranderd.

Het Duitse landschap is anders van aard dan het Nederlandse. De grootschaligheid van 1850 is ook nu nog terug te vinden. Heidevelden en moerassen zijn vrijwel geheel verdwenen. Oude loofbossen zijn grotendeels omgezet in naaldbos. De

verstedelijking is minder prominent aanwezig dan in Nederland. De landbouwgebieden kenmerken zich door grootschalige akkerbouw.

De bestanden kennen een aantal beperkingen. Dat zijn bijvoorbeeld de verschillen in jaar van verkenning of uitgave tussen de aangrenzende kaartbladen. Niet alle kaartbladen van een tijdstap werden immers in hetzelfde jaar verkend. Zo bestrijkt het bestand HGN-1900 globaal de periode 1895 tot 1910 en niet alleen het jaar 1900. Voor sommige gebieden is deze spreiding nog groter. Deze spreiding treedt ook op bij de modernste topografische kaarten en is onontkoombaar.

De belangrijkste beperkingen van de bestanden doen zich voor bij toepassingen op perceelsniveau. Ook zijn de kaarten producten van hun tijd en een vereenvoudiging van de werkelijkheid gezien door de bril van de cartograaf.

Aanbevolen wordt om ook voor andere regio's tijdreeksen te ontwikkelen, de klassen uit te breiden en de toepassingsmogelijkheden verder te verkennen. Een belangrijke aanbeveling is om de methode van classificatie sterk te verbeteren en te zoeken naar betere mogelijkheden om grensoverschrijdende databestanden te ontwikkelen.

De historische tijdreeksen zijn bruikbaar voor uiteenlopende beleidsterreinen en onderzoeksthema's. Ze zijn toepasbaar voor het bepalen van referenties, monitoring van ruimtelijke dynamiek en validatie van voorspellingsmodellen. Bovenal zijn ze inspirerend en sterken ze het historisch besef.

1 Inleiding

Recent wordt bij Alterra een nieuwe generatie ruimtelijke databestanden ontwikkeld onder de noemer Historisch Grondgebruik Nederland (HGN). Deze GIS-bestanden zijn gebaseerd op informatie uit topografische kaarten uit de periode 1800 tot 1990, soms aangevuld met additionele kennis. Beoogd wordt voor Nederland een onderling vergelijkbare, langjarige tijdreeks van het grondgebruik op te bouwen. Deze is toepasbaar voor analyse van langjarige ruimtelijke ontwikkelingen, validatie van voorspellingsmodellen en opstellen en beoordelen van referenties. De behoefte daaraan blijkt ondermeer uit diverse studies waar historische referentie een rol spelen (Dirkx, 2001; Smits, 2002a; Smits, 2002b; RIVM, 2003).

Het eerste landsdekkende bestand in de HGN-reeks is het grondgebruik rond 1900 (Knol, et al., 2003a). Het heeft een detail van 50 meter grids. Voor de perioden 1850, 1930, 1960, 1970, 1980 en 1990 zijn bestanden met grondgebruik in ontwikkeling.

De historische tijdreeksen sluiten qua methodiek en inhoud goed aan bij de bestanden van het Landelijk Grondgebruik Nederland (LGN). Dit zijn landelijke grondgebruikbestanden die vanaf 1986 op basis van satellietopnamen worden samengesteld (Thunnissen et al., 1992).

Vanuit het Ruimtelijk Planbureau is aan Alterra gevraagd voor de regio Midden- en Oost-Nederland en het aangrenzende deel van Duitsland een tijdreeks met grondgebruikbestanden te leveren. Het betreft de perioden 1850, 1900, 1930, 1960 en 1990. In dit rapport wordt de productie en nauwkeurigheid van deze bestanden beschreven. Het projectgebied is weergegeven in figuur 1.1.



Figuur 1.1 Ligging van het Regiogebed met het Nederlandse (grijs) en Duitse deel (donkergrijs)

De eerste betrouwbare landsdekkende ruimtelijke databestanden met grondgebruik stammen uit de tachtiger jaren (1980-1990). De bodemstatistiek van het CBS (CBS, 1993) en de Landelijke Kartering Nederland (Bolsius, 1994) zijn daarvan de meest bekende. Het eerste CBS bestand (1:50.000) betreft het jaar 1989 en geeft voor 33 klassen een mix weer van het grondgebruik en de bestemming (ruimtegebruiksvorm). Het LKN bestand is een vrij grof bestand waarin per km² percentages grondgebruik zijn aangegeven. Dit bestand is gebaseerd op uiteenlopende provinciale bronnen. Van recentere datum zijn de LGN-bestanden (Landelijk Grondgebruik Nederland). Hiervoor is het grondgebruik geclassificeerd op basis van satellietbeelden. De resolutie hiervan bedraagt 25 meter. Ze zijn beschikbaar vanaf 1986 tot 2000 in een vierjarige cyclus. Deze bestanden bevatten vooral veel gewasinformatie.

Uit de periode voor 1980 zijn alleen algemene statistieken beschikbaar met arealen grondgebruik per gemeente of provincie (CBS). Ze zijn globaal beschikbaar vanaf 1900. Het zijn geen expliciet ruimtelijke bestanden en de onderscheiden klassen zijn vrij globaal en vooral economisch gedefinieerd. Deze bestanden zijn niet bruikbaar voor gedetailleerde analyses in een GIS omgeving.

GIS bestanden (tijdreeksen) met vergelijkbaar grondgebruik zijn buiten de statistische data niet beschikbaar. Een eerste ruimtelijk expliciete tijdreeks met grondgebruik is ontwikkeld voor Terschelling (Hazeu, 2002) en daarna opgeschaald voor de provincie Noord-Holland (Knol, 2003b).

In hoofdstuk 2 wordt beschreven op welke wijze de databestanden met grondgebruik zijn ontwikkeld en welke bronnen hiervoor zijn gebruikt. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten weer van de classificatie en een beschrijving van de onderscheiden klassen voor de verschillende tijdstappen. Ook wordt de nauwkeurigheid van deze bestanden beschreven. In hoofdstuk 4 worden de mogelijkheden en beperkingen voor verdere toepassing genoemd en aanbevelingen gedaan voor toepassing, ontwikkeling en uitbreiding van de klassen.

2 Methode

2.1 Basismateriaal

Als basis voor het ontwikkelen van GIS-bestanden met historisch grondgebruik zijn historische topografische kaarten gebruikt. In tabel 2.1 en de figuren 2.1 tot en met 2.10 is aangegeven welk kaartmateriaal er gebruikt is.

Tabel 2.1. De verschillende kaartbronnen voor het projectgebied Regiolab.

Periode	Nederland	Duitsland
1850	TMK 1:50.000 kleur	Preussische Altaufnahme 1:25.000 kleur
1900	Bonnekaart 1:25.000 kleur	Preussische Neu-aufnahme 1:25.000 zwart-wit
1930	Bonnekaart 1:25.000 kleur	Preussische Neu-aufnahme 1:25.000 zwart-wit
1960	Topografisch kaart 1:50.000 kleur	Topografisch kaart 1:50.000 kleur
1990	Topografisch kaart 1:50.000 kleur	Topografisch kaart 1:50.000 kleur

Hoewel de kaarten qua tijdvak goed bij elkaar aansluiten, is dat qua legenda niet altijd het geval. In tabel 2.2 zijn per kaartserie de belangrijkste kaartlegenda's weergegeven die bruikbaar zijn om vlakdekkend het grondgebruik te classificeren. Legenda's gebaseerd op symbolen zijn minder bruikbaar bij de classificatie dan kleurenlegenda's. Voor alle kaartedities geldt dat ze een cartografisch product van hun tijd zijn en onderling grote verschillen vertonen in kleurgebruik, cartografische weergave, detail en kleurkwaliteit. De belangrijkste toepassing van topografische kaarten was een militaire.

Kenmerkend voor de kaarten is dat lijnvormige elementen als wegen, waterlopen of houtwallen vaak worden overgedimensioneerd. Dat geldt vooral voor de 1:50.000 kaarten. Ook bebouwing binnen en buiten het stedelijk gebied kan in opvolgende kaartseries meer of minder thematisch zijn opgenomen. Verder is er nog de 'ruis' van het overige grondgebruik zoals kassen, tuinen, braakliggend terrein, kleinschalige tuinbouw, erf, boomteelt, militair terrein of bloembollen. Meestal worden ze toegedeeld aan bebouwd gebied of akker/kale grond. Op sommige kaarten is hierin voorzien doordat een categorie overig grondgebruik wordt onderscheiden.

Bij het ontwikkelen van een tijdreeks grondgebruik vanaf 1850 is het de kunst om verschillen tussen kaarten onder dezelfde noemer te brengen. Hierdoor ontstaat er een vergelijkbare tijdreeks grondgebruik tussen gebieden en tijdstappen. Voor het gebied van het Regiolab is qua methodiek aangesloten bij de landelijke methodiek van het Historisch Grondgebruik Nederland (Knol et al., 2003a). Hierdoor sluiten delen van Nederland goed op elkaar aan.

De belangrijkste verschillen tussen de verschillende kaartbronnen zijn de kleurkwaliteit en de projectie. Voor een deel van de Duitse kaarten geldt dat ze als zwart-wit kaart zijn uitgevoerd en daardoor moeilijk automatisch te bewerken.

Tabel 2.2 Mate waarin en wijze waarop per kaartserie vlakvormig grondgebruik wordt onderscheiden (grijs = niet gebruikt; sym = aanduiding door symbolen; + of +/- = goede of matige kleuraanduiding op de kaart)

	Nederland					Duitsland				
	1850	1900	1930	1960	1990	1850	1900	1930	1960	1990
Grasland	+	+	+	+	+	+	sym	sym	+	+
Akker	+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Heide/hoogv.	+/-	+	+	+	+	+	sym	sym	+	+
Loofbos	+	+	+/-	sym	sym	+	sym	sym	sym	sym
Naaldbos	nvt	+	+/-	sym	sym	+	sym	sym	sym	sym
Bebouwd/weg	+/-	+	+	+	+	+	sym	sym	+	+
Water	+/-	+	+	+	+	+	sym	sym	+	+
Rietmoeras	+/-	+	+	+	+	+/-	sym	sym	+	+
duinen/zand	+/-	+	+	+	+	+	sym	sym	+	+
overig/tuin	+	+	+	nvt	nvt	+	+	+	nvt	nvt
Kwekerij/aanplant	sym	sym	sym	sym	sym	sym	sym	sym	sym	sym
Drassig	sym	sym	sym	sym	sym	sym	sym	sym	sym	sym
Boomgaard	sym	sym	sym	sym	sym	sym	sym	sym	sym	sym
Wijngaard						sym	sym	sym		
Mijnstort						sym	sym	sym		
Hopteelt						sym	sym	sym		

2.1.1 Nederlandse kaarten

TMK 1850

Voor 1850 is de gekleurde Topografische Militaire kaart 1:50.000 (TMK-1850) gebruikt (figuur 2.1). Dit is de eerste topografische kaart van Nederland. Er is zowel een uitgave in kleur als een zwart-wit steendruk die als facsimile wordt uitgegeven. De TMK 1850 is gebaseerd op de kadastrale kaarten uit 1832. Deze lokale kaarten zijn hiervoor ingepast in een landelijk coördinatenstelsel (Kraaijenhof projectie) en in het veld voorzien van topografie. Het grondgebruik is ingekleurd of soms ingetekend met symbolen. De kleur op de originelen zijn soms verbleekt. Heide, akker en stuifzand zijn op de kleurenkaart soms slecht van elkaar te onderscheiden.

Bonnekaarten

Tussen 1870 en 1935 is een reeks van topografische kaarten verschenen die als de Bonnekaarten te boek staan (figuur 2.2). Deze kaarten 1:25.000 zijn in kleur uitgevoerd en in de zogenaamde Bonneprojectie weergegeven. Ze bevatten bijzonder veel topografisch detail en hebben gemiddeld een vrij goede kleurenweergave. Van ieder kaartblad zijn meestal wel 3 tot 5 uitgaven verschenen. In veranderlijke gebieden zijn dit er meer en in weinig veranderlijke gebieden minder. Daarnaast zijn er ook geheime militaire uitgaven waarop militaire objecten zijn ingetekend.

Tussen de eerste en latere uitgaven bestaan een aantal verschillen. Zo is na 1930 geen kleuronderscheid meer gemaakt tussen loof- en naaldbos. Door verandering van cartografische technieken worden in de latere uitgaven de stedelijke objecten duidelijker afgebeeld, hoogtelijnen opgenomen en zijn topografische details beter te onderscheiden. Deze detaillering brengt met zich mee dat er een aantal veranderingen in het kaartbeeld optreden die niets te maken hebben met

veranderend grondgebruik. Dit doet zich het meest gelden in en rond het stedelijk gebied.

Moderne topografische kaarten

Voor de tijdvakken 1960 en 1990 zijn de moderne topografische kaarten 1:50.000 gebruikt (figuur 2.3). Deze zijn in de stereografische projectie weergegeven volgens het Rijksdriehoekstelsel (RD). Betrouwbare kaarten zijn er pas vanaf 1960. Tussen 1935 en 1960 zijn tal van nooduitgaven verschenen of gedeeltelijke herzieningen. Deze zijn vaak gebaseerd op de oude Bonnekaarten of op onvolledige verkenningen.

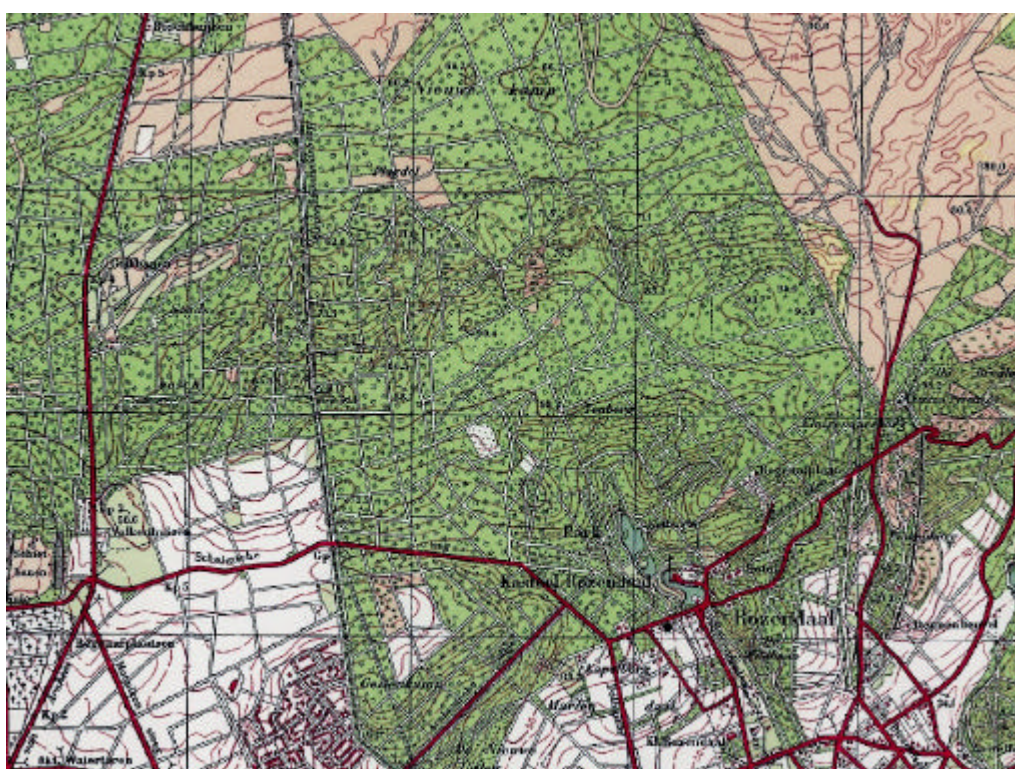
Tussen de eerste topografische kaarten rond 1960 en de latere rond 1990 bestaan grote cartografische verschillen. Zo worden rond 1960 in het stedelijk gebied nog veel afzonderlijke huizen gekarteerd. Deze zijn later meestal als grote rode vlakken aangegeven waardoor het lijkt alsof er meer bebouwing is. In het buitengebied zijn rond 1960 bijgebouwen vaak met een zwarte kleur afgebeeld. In latere edities zijn ze rood of niet altijd gekarteerd. Verder zijn drassige graslanden in 1990 nauwelijks meer onderscheiden en zijn delen van waterlopen in 1960 met een blauwe kleur aangegeven en in 1990 met een zwarte kleur. Omdat kleuronderscheid de basis is voor het classificatieproces, kan dit van invloed zijn.



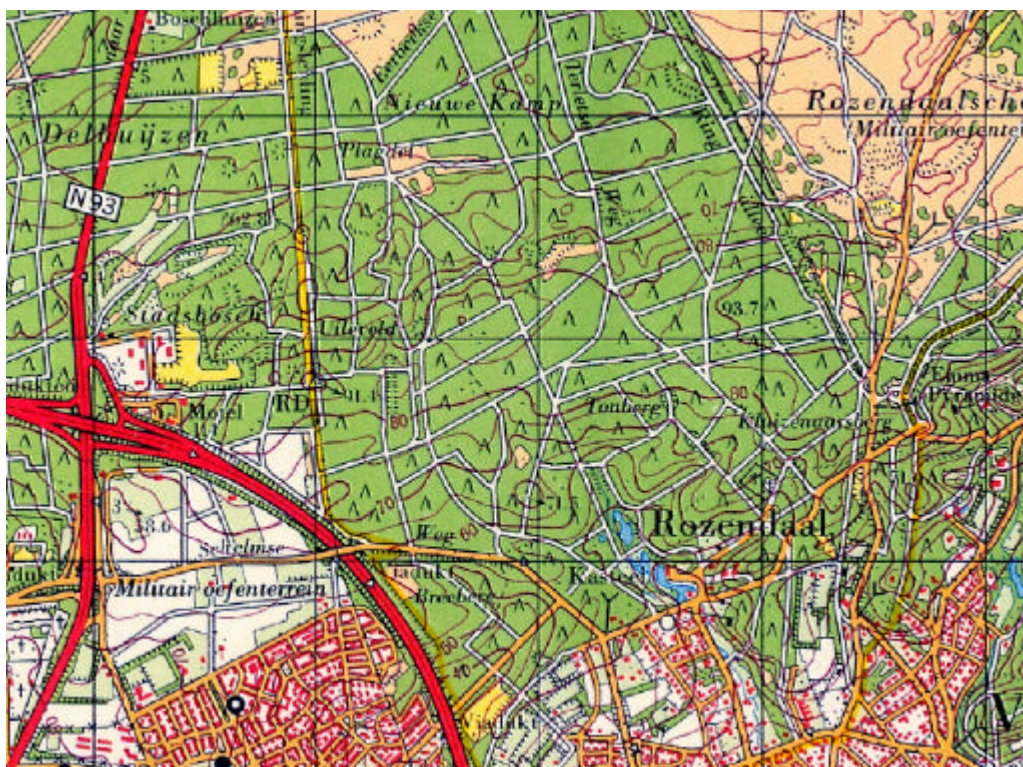
Figuur 2.1 Fragment van de Topografische Militaire Kaart uit 1850



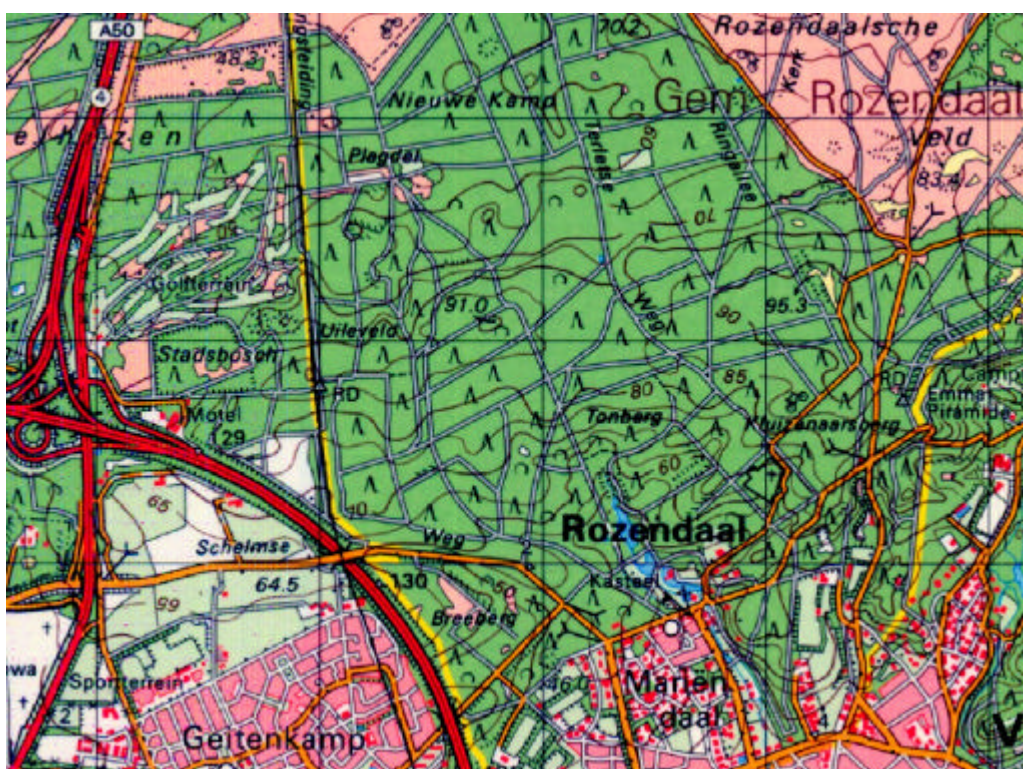
Figuur 2.2 Fragment van de Bonnekaart rond 1900



Figuur 2.3 Fragment van de Bonnekaart rond 1930



Figuur 2.4 Fragment van een moderne topografische kaart rond 1960



Figuur 2.5 Fragment van een moderne topografische kaart rond 1990

2.1.2 De Duitse kaarten

Preussische Kartenaufnahme Uhraufnahme 1850

Deze kaart is als facsimile kaart uitgegeven. Het is een kleurenkaart 1:25.000 die tussen 1836 en 1850 is verkend en beschikbaar is voor heel Nordrhein-Westfalen. Net zoals TMK 1850 uit Nederland houdt de kaart op bij de grens met Nederland. Deze grens verschilt op een aantal plekken enigszins met de huidige grens, maar omdat het tijdvak aansluit bij de TMK ontstaan er geen gaten. De kleuren op de kaart zijn goed herkenbaar. Soms worden kleuren ondersteund door symbolen.

De projectie is vermoedelijk de "Preußische Polyeder Projektion".

Preussische Kartenaufnahme 1900 en 1930 Neu-aufnahme

Deze kaarten zijn als zwart-witkaarten 1:25.000 uitgegeven. Ze zijn in de "Preußische Polyeder Projektion" weergegeven. Voor de meer recente Duitse topografische kaarten wordt de Gauß- Krüger- Projectie gebruikt (Cylinderprojectie). Ook voor deze periodes geldt dat de grens met Nederland niet altijd de huidige is. Dit probleem is op deze kaarten opgelost doordat het Nederlandse grondgebied is meegekarteerd op basis van de Bonnekaarten.

De kaarten bevatten veel topografisch detail. Het grondgebruik is daarbij aangegeven met symbolen en een enkele arcering. In tabel 2.2 zijn de relevante legenda-eenheden met grondgebruik aangegeven die uit de kaarten zijn af te leiden. Bij moeras, heide, laag- en hoogveen is er soms overlap tussen eenheden. Het is onduidelijk in hoeverre deze legenda's exact overeenstemmen met de legenda van de Nederlandse kaarten. Dat geldt vooral voor de laagvenen (Bruch, Moor) en de definities van loof-, gemengd en naaldbos.

Topografische kaarten 1960 en 1990

Voor deze tijdvakken is gebruik gemaakt van de moderne Nederlandse topografische kaarten 1:50.000. Deze kaarten beslaan ook precies dat deel van Duitsland dat binnen het projectgebied van het Regiolab ligt. Dat geldt niet voor de 1:25.000 kaarten, die veel geschikter zijn voor classificatie. Deze kaarten beslaan maar een beperkt deel van het Duitse grensgebied. Hiervoor zou een tijdrovende aanvulling noodzakelijk zijn geweest met Duitse zwart-wit kaarten. Het nadeel van de 1:50.000 kaarten is dat ze zijn gegeneraliseerd. De lijnvormige elementen zoals wegen en waterlopen zijn overgedimensioneerd.

Een voordeel van de Nederlandse kaarten 1:50.000 is dat ze ook voor het hele Duitse gebied bruikbaar zijn als georeferentie voor de oudere Duitse kaarten.



Figuur 2.6 Preussische Uraufnahme (1850)



Figuur 2.7 Preussische Neuaufnahme 1900



Figuur 2.8 Preussische Neuaufnahme 1930



Figuur 2.9 Topografische kaart 1960, Duitsland



Figuur 2.10 Topografische kaart 1990, Duitsland

Jaar van verkenning en uitgave

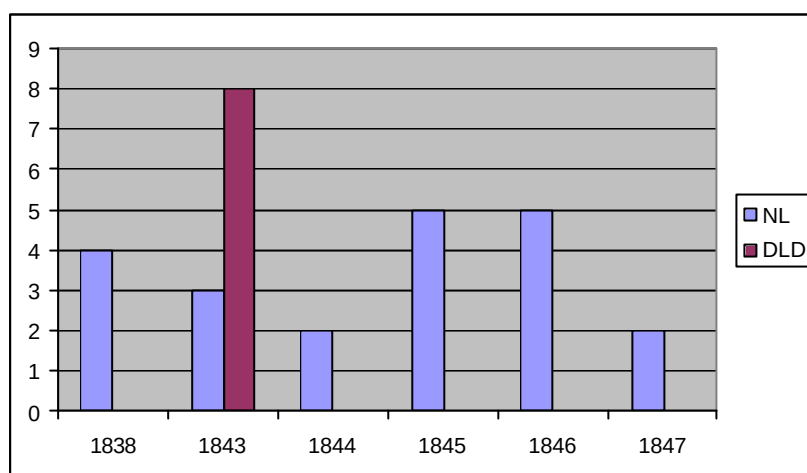
Voor alle tijdstappen geldt dat geprobeerd is zoveel mogelijk het jaar van verkenning bepalend te laten zijn voor de selectie van kaartbladen. Het jaar van verkenning en uitgifte liggen in gebieden die weinig zijn veranderd soms ver uit elkaar. Voor dynamische of veranderlijke gebieden liggen ze kort bij elkaar.

Voor de TMK-1850 is dit niet relevant omdat er slechts één uitgave bestaat. Dat geldt ook voor de Preussische Uhraufnahme 1:25.000 (UR). Van de TMK 1850 is niet van ieder kaartblad het jaar van verkenning bekend.

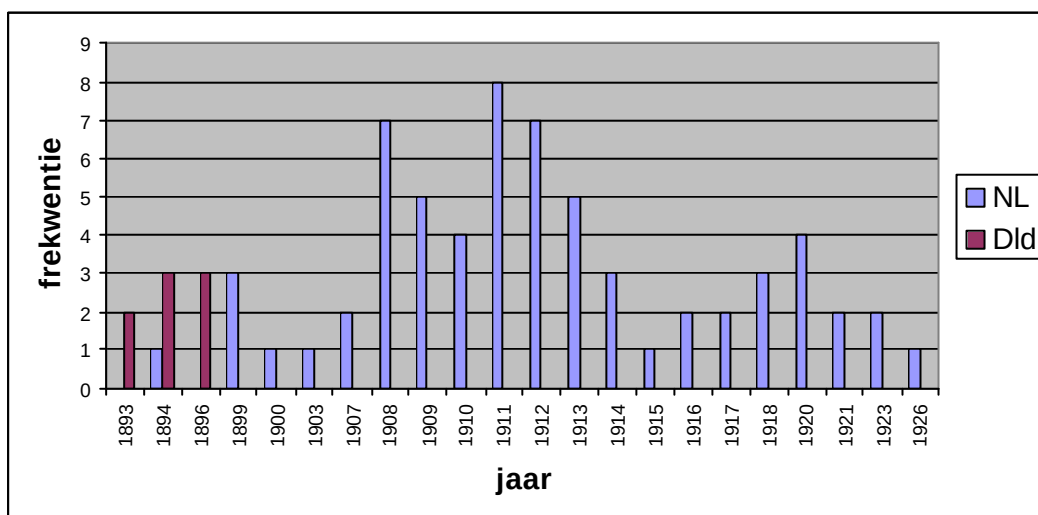
Van de Bonnekaarten zijn een groot aantal uitgaven verschenen. Deze verschillen sterk in jaar van verkenning. Niet alle uitgaven zijn gebaseerd op nieuwe terreinverkenningen. Soms gaat het om ongewijzigde herdrukken, gedeeltelijke herzieningen of geheime militaire uitgaven. Voor de Bonnekaarten zijn steeds de jaren van uitgifte genomen die zo dicht mogelijk rond 1900 of 1930 liggen. Helaas was het door de aard van het aangeleverde basismateriaal niet mogelijk om systematisch het jaar van verkenning te achterhalen. Hierdoor is het jaar van uitgifte gebruikt. Voor de moderne topografische kaarten is het jaar van verkenning gebruikt. Van de Duitse kaarten zijn de jaren van verkenning gebruikt.

Omdat binnen een tijdstap (bijvoorbeeld 1990) niet alle kaartbladen in hetzelfde jaar zijn verkend of uitgegeven is er dus steeds sprake van een tijdvak of periode. Wanneer er sprake was van een gelijkwaardige keus, bijvoorbeeld 1988 en 1992, is er gekozen voor het kaartblad dat het meest aansloot bij de omringende kaartbladen

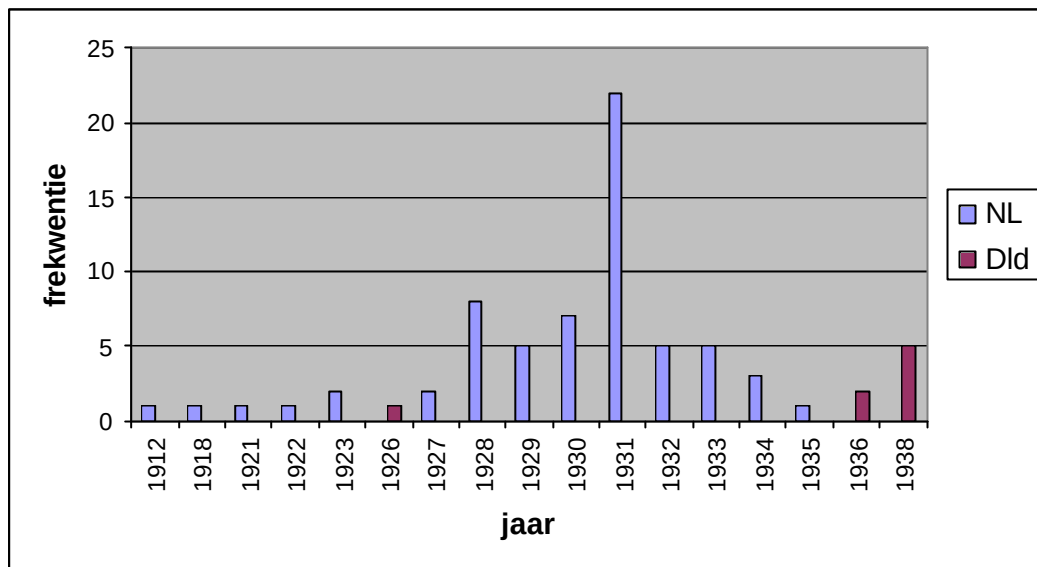
voor het tijdvak 1990. In figuur 2.11a tot en met 2.11e is de spreiding van de jaren van verkenning en uitgifte weergegeven voor de verschillende tijdstappen. In bijlage I is dit nog eens ruimtelijk weergegeven. Hiermee kan bij toepassing van de bestanden ook de betrouwbaarheid worden achterhaald. De kaartbladindeling en nummering zijn in de loop der jaren een aantal keren gewijzigd. De TMK, Bonnebladen en recente kaarten kennen een eigen bladindeling die soms ook nog tussentijds is uitgebreid of veranderd.



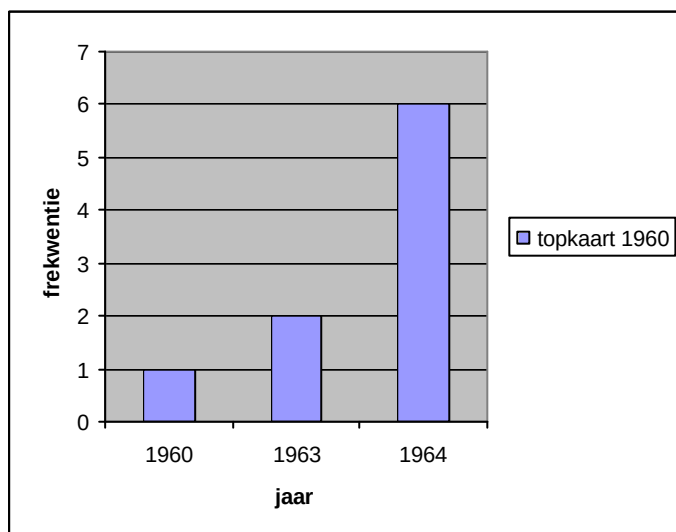
Figuur 2.11a. Aantal kaartbladen met jaar van verkenning voor de tijdstep 1850 (n=21) voor Nederland en Duitsland (n=8).



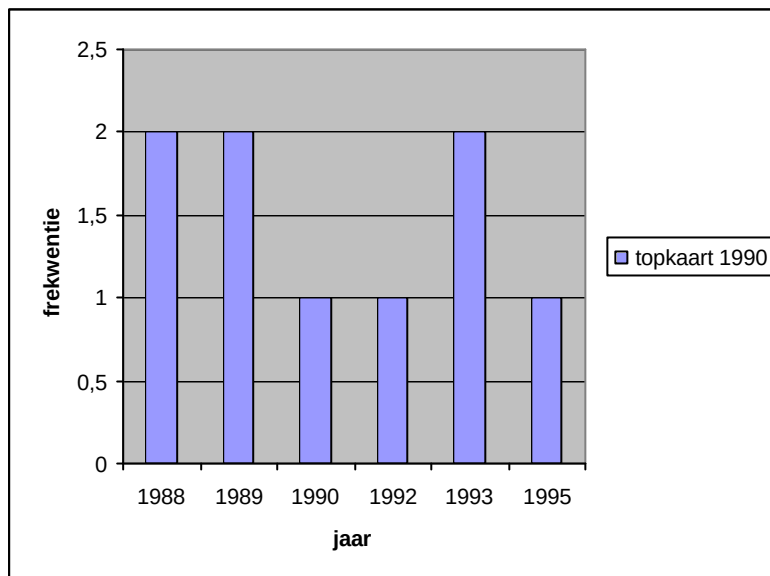
Figuur 2.11b. Verdeling van kaartbladen naar jaar van uitgifte voor de tijdstep 1900 voor het Nederlandse (n=75) en Duitse gebied (n=8)



Figuur 2.11c. Verdeling van kaartbladen naar jaar van uitgave voor de tijdstap 1930 voor het Nederlandse (n=78) en Duitse gebied (n=8)



Figuur 2.11d. Verdeling van kaartbladen naar jaar van verkenning voor de tijdstap 1960 (n=9)



Figuur 2.11e. Verdeling van kaartbladen naar jaar van verkenning voor de tijdstap 1990 (n=9)

2.2 Voorbewerking

De kaartbladen zijn gescand op 300 dpi met 24 bit RGB kleurdiepte. Dit houdt in dat per pixel in de deelkleuren rood (R), groen (G) en blauw (B) de reflectie op een schaal tussen 0 en 255 opgeslagen wordt. Witte vlakken in de scan krijgen bijvoorbeeld de RGB waarde 255,255,255; zwart wordt RGB = 0,0,0; rood wordt RGB = 255,0,0. Alle kleuren in de scan worden op deze manier opgeslagen.

De scans zijn vervolgens georeferereerd naar het RijksDriehoekstelsel (RD-stelsel). Hiervoor is het programma Erdas/Imaging 8.4 gebruikt. De geometrische correctie is uitgevoerd volgens de rubbersheeting methode. Hierbij worden de vier hoekpunten van het kaartblad aangewezen en worden de bijbehorende RD coördinaten opgegeven. Het programma rekent vervolgens de scan om naar een bestand met geocoördinaten. Het resultaat hiervan zijn scans met een pixelgrootte van 2.5 meter voor de 1:25.000 kaarten en 5 meter voor de 1:50.000 kaarten. Voor de rubbersheeting methode is gekozen omdat hiermee ook de invloed van de werking van het papier gecorrigeerd wordt. Het kaartblad wordt hiermee exact naar de rechthoek gecorrigeerd die door de vier opgegeven hoekpunten beschreven wordt. Aangrenzende kaartbladen sluiten op deze manier op de hoekpunten altijd goed aan. Wel kan het voorkomen dat topografische elementen tussen kaartbladen niet goed aansluiten. De oorzaak hiervan kan liggen in verschillen in werking van de papieren kaartbladen maar ook in versieverschillen tussen de kaarten of onnauwkeurigheden in de kartering. Andere methoden voor georeferentie zijn bijzonder tijdrovend en leveren lang niet altijd een beter resultaat op.

Voor de TMK-1850 is een aangepaste methodiek toegepast. Voor deze kaartbladen waren geen hoekpunten beschikbaar. Om deze kaartbladen te kunnen corrigeren is eerst een fictief coördinatenstelsel van kaartbladgrenzen op basis van de bladindeling opgezet. De afmeting voor ieder kaartblad is op 20 km horizontaal bij 12,5 km verticaal gesteld. Vervolgens is ieder kaartblad met de bijbehorende fictieve hoekpunten geometrisch gecorrigeerd. Hierbij is weer gebruikt gemaakt van de rubbersheeting methode zodat alle kaartbladen dezelfde grootte krijgen en aangrenzende kaartbladen op hun hoekpunten goed aansluiten. Van alle kaartbladen van het projectgebied is in het fictieve stelsel een mozaïek gemaakt. Hierop zijn paspunten aangewezen (veelal topografische element als bruggen, kruisingen e.d.). Daarbij is gebruik gemaakt van de reeds in het RD stelsel georeferende Bonnekaarten van 1900 omdat op de huidige kaarten veel van deze punten zijn verdwenen of verplaatst. Op basis van deze paspunten in de Bonnekaarten is het geheel naar het RD stelsel omgezet. Het voordeel van deze methode is dat niet voor ieder kaartblad afzonderlijk paspunten opgezocht moeten worden. Vaak is het niet mogelijk om op afzonderlijke bladen voldoende betrouwbare paspunten te vinden voor een goede geometrische correctie; er is al te veel veranderd in het landschap. Voor een groter gebied lukt dit meestal wel.

De Bonnekaarten zijn in de Bonneprojectie weergegeven. De RD-coördinaten van de hoekpunten van de Bonnebladen zijn ontleend aan gegevens van de topografische dienst. De moderne topografische kaarten van 1960 en 1990 liggen al in het RD stelsel, waardoor er betrekkelijk weinig vervorming optreedt. Deze wordt vooral nog bepaald door rek en krimp van het papier. De afwijkingen na geometrische correctie liggen voor de Bonnekaarten rond de twintig meter t.o.v. de RD-coördinaten vergeleken met het top10-vectorbestand. Oudere edities vertonen grotere afwijkingen, die zelfs verschillen binnen een kaartblad. De TMK-1850 kan afwijkingen opleveren die soms oplopen tot 70 meter. De geometrische correctie is niet gevalideerd.

De Duitse kaarten van 1850-1930 zijn ook met behulp van een fictief stelsel naar het RD stelsel georeferend. De kaarten van 1930 zijn op basis van hun hoekpunten in een fictief stelsel onderling gerefereerd en aan elkaar geplakt. Vervolgens zijn hierop paspunten aangewezen en zijn op de Nederlandse topografische kaart van 1960 bijbehorende paspunten in het RD stelsel opgezocht. Hiermee is de Duitse kaart naar het RD stelsel omgezet.

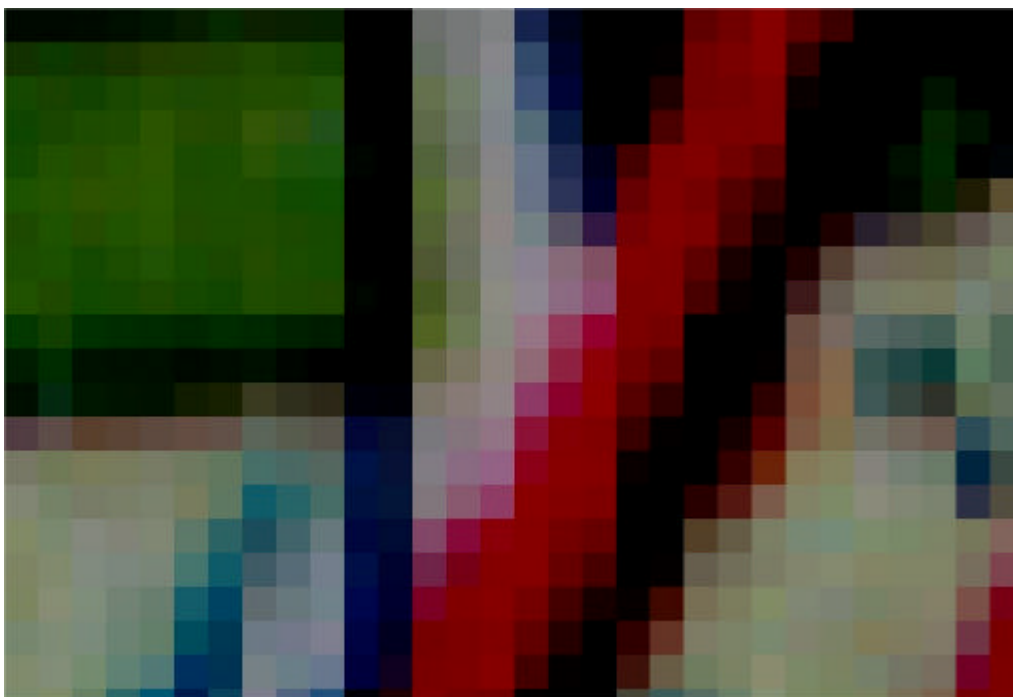
Dezelfde methode is ook toegepast op de kaarten van 1900 en 1850 waarbij achtereenvolgens de paspunten in het RD stelsel uit de georeferende kaarten van 1930 of 1900 afkomstig zijn. Hierbij is ook gebruik gemaakt van de locatie van grenspalen die op alle drie jaargangen goed aangegeven staan.

2.3 Classificatie

De TMK-1850, de Bonnekaarten en de moderne topografische kaarten zijn drie typen bronbestanden die op basis van hun cartografische weergave een eigen methode van classificatie vereisen en een eigen nauwkeurigheid hebben.

2.3.1 generieke classificatie

Als eerste stap in het classificatieproces worden de klassen gedefinieerd op basis van onderscheidbare kaartkleuren. De kaart geldt daarbij als de werkelijkheid (figuur 2.5). Er wordt zo min mogelijk visueel geïnterpreteerd omdat hierdoor de bestanden minder reproduceerbaar zijn. Voor het omzetten van de scans naar een geclassificeerd bestand is de *supervised classification* methode uit het programma Erdas/Imagine 8.4 gebruikt. Deze *supervised classification* methode houdt in dat op de scan per klasse relevante pixels aangewezen worden. Op basis van de RGB kleurwaarde van de aangewezen pixel zoekt het programma naar buurpixels met overeenkomstige kleurwaarden. Op deze manier wordt een profiel voor een specifieke klasse opgesteld. Het profiel bevat een statistische beschrijving van de RGB kleurwaarden voor deze specifieke klasse. Vervolgens worden alle pixels vergeleken met het profiel volgens de *box classifier* methode. Valt een RGB waarde van een pixel binnen het profiel van de klasse dan wordt deze aan de klasse toegekend. Door voor alle gewenste klassen een profiel op te stellen wordt het kaartblad geclassificeerd. Wel blijft er een restklasse 'niet-geclassificeerd' over. Dat zijn de pixels die aan geen enkel profiel voldoen. Voorbeelden daarvan zijn cartografische elementen als tekst, arceringen en het coördinatengrid. Deze klassen verdwijnen tijdens de volgende stap, de aggregatie. Een probleem bij het toepassen van deze methode ontstaat wanneer niet alle legenda's op de kaart een eigen kleur hebben. Dat is bij de moderne topografische kaart bijvoorbeeld het geval bij akkers en wegen in het stedelijk gebied. Deze hebben beiden een witte kleur en worden daarom als akkers/kale grond geclassificeerd.



Figuur 2.5 Deel van een scan met pixels van 2.5 meter en hun RGB kleuren. Iedere kleurenpixel wordt toegeëld aan een klasse met grondgebruik.

2.3.2 specifieke classificatie

TMK-1850

De TMK-1850 bestaat uit kaartbladen die handmatig zijn ingekleurd. Door de ouderdom hebben ze een wat bruinige kleur en vertonen ook kleurvlekken. Sommige legenda's zoals akker, heide en stuifzand zijn soms moeilijk van elkaar te onderscheiden. Ze hebben witte tot lichtgrijze of zwakroze kleuren. Voor deze klassen is veel handmatig gedigitaliseerd. Bij twijfelgevallen zijn percelering, landschappelijke context en reliëfaanduidingen daarbij vaak behulpzaam geweest. Zo zijn zeer grote percelen op zandgronden vaak als heide geclassificeerd, uitgezonderd vlak rond de dorpen. Als indicatie en hulpbestand is soms gebruik gemaakt van de recentere Bonnekaarten rond 1900 waarop het kleuronderscheid een veel beter uitsluitsel geeft. Daarvoor is als stelregel gehanteerd dat heide op de 1900 kaart meestal ook heide was in 1850. Ook is er verondersteld dat naaldbos in 1900 meestal niet werd aangeplant op akkers, maar vooral op heide. Dit soort "ontginningsregels" zijn niet altijd eenduidig.

Bonnekaarten 1900 en 1930

Voor de Bonnekaarten is alleen de klassen rietmoeras en overig handmatig gedigitaliseerd. Rietmoeras is niet onderscheidbaar door kleur maar door signatuur en de klasse overig is meestal sterk verweven met bebouwing.

Moderne topografische kaarten (1960 en 1990)

Deze kaarten laten zich relatief eenvoudig classificeren vanwege de eenduidige kleurendruk. Na de periode van de Bonnekaarten (rond 1935) vervaagt het onderscheid tussen loof- en naaldbos. Dit wordt niet meer door kleurverschillen (middel- of donkergroen) aangegeven, maar door signatuur (puntjes/bolletjes of een omgekeerde V). De begrenzing tussen loof- en naaldbos is daardoor alleen op basis van symbolen moeilijk te traceren. Daarom is besloten alleen de categorie bos onderscheiden.

Preussische Uhraufnahme (1850)

Deze kaarten zijn beperkt semi-automatisch geclassificeerd en voor grote delen aanvullend handmatig gedigitaliseerd. De kleuren waren vaak niet onderscheidend genoeg of werden 'verstoord' door symbolen op de kaart.

Preussische Neuaufnahme (1900-1930)

Deze kaarten zijn vrijwel geheel handmatig gevectoriseerd. Hierdoor zijn de geclassificeerde bestanden homogener van kleur dan de aangrenzende Bonnekaarten die wel semi-automatisch zijn geclassificeerd. Dit levert vooral verschillen op voor de klasse waar akker/kale grond een rol speelt. Onverharde wegen worden bij de semi-automatische classificatie vaak als akker/kale grond geclassificeerd.

2.4 Aggregatie

De procedure van het classificeren van gescande topografische kaarten gaat uit van een onvolledige basisclassificatie met een detail van 2.5 of 5 meter grids. Het onvolledige houdt in dat er veel niet-geclassificeerde pixels voorkomen. Dit zijn bijvoorbeeld de cartografische kaartelementen als tekst en arceringen maar, ook niet eenduidig te classificeren kleuren in de scan. Dergelijke vervuilingen verdwijnen grotendeels bij aggregatie. Bij aggregatie naar 50 meter grids blijken vrijwel alle niet-geclassificeerde pixels te zijn toegedeeld aan de dominante klasse grondgebruik. Ook is bij deze gridgrootte het effect van geometrische onnauwkeurigheid beperkt. Dit geldt vooral bij de TMK-1850 en de Bonnekaarten. Aggregatie naar 25 meter grids, de grootte die bij LGN wordt gebruikt, levert nog teveel niet-geclassificeerde grids op. Voor de oudere kaarten heeft aggregatie het voordeel dat onnauwkeurigheden in de geometrische correctie wegvallen. Dat is vooral van belang bij tijdreeksanalyses.

De procedure voor aggregatie is als volgt. Per 50 m gridcel wordt de *majority* klasse van de onderliggende 2.5 of 5 m gridcellen bepaald en toegekend aan de 50 m gridcel. Bij het bepalen van de *majority* wordt de klasse 0 (niet geclassificeerd) niet meegenomen. Op deze manier wordt de classificatie volledig gemaakt. Het effect van het gebruik van de *majority* regel laat zich goed illustreren in tabel 2.1. Hieruit blijkt dat de heterogeniteit van een klasse sterk kan variëren. Deze heterogeniteit per klasse wordt hier niet verder beschreven maar moet als schaalkenmerk worden beschouwd.

Tabel 2.1 Voorbeeld van het effect van de 'majority' regel bij aggregatie op de heterogeniteit van de klasse gras.

aandeel van de verschillende basispixels binnen een 50 m gridcel gras	gras	akker	heide	bebouwd
eindresultaat = gras	35%	20%	25%	20%
eindresultaat = gras	95%	0	0	5%
eindresultaat = gras	55%	0	0	45%

Deze heterogeniteit is niet overal op de kaart gelijk. Vooral in overgangsgebieden, bij lijnvormige elementen (water en wegen) en in stedelijk gebied treedt de grootste heterogeniteit op.

3 Resultaat

3.1 Grondgebruiksklassen

Bij de classificatie zijn de onderstaande klassen onderscheiden. Ze komen grotendeels overeen met de legenda van de kaarten maar vertonen ook variatie. In onderstaande beschrijving wordt de variatie per klasse en per kaartserie toegelicht en voorzien van een interpretatie.

Grasland (1)

Alle lichtgroene pixels op de topografische kaart zijn als grasland geclassificeerd. In vrijwel alle gevallen gaat het om agrarisch grasland (hooiland en weiland). Ook kwelders en moerassige graslandgebieden zijn als grasland geclassificeerd.

TMK-1850

Dit betreft vrijwel altijd agrarisch grasland en soms ook lage moerasachtige graslanden. De categorie grasland is op enkele kaartbladen door kleurverschillen soms lastig te onderscheiden van de klasse akker.

Preussische Uhraufnahme 1850

Op deze kaarten zijn graslanden goed te onderscheiden. Het gaat om hooi- en weilanden. Ook drassige en moerassige graslanden zijn als grasland aangegeven.

Bonnekaarten 1900 en 1930

De klasse omvat agrarisch grasland, natte laagten in heidevelden en lage moerasachtige vegetaties, bijvoorbeeld in de uiterwaarden.

Preussische Neuauflage 1900 en 1930

De graslanden zijn met symbolen aangegeven en goed te onderscheiden van andere vormen van grondgebruik. De klasse omvat alle typen graslanden. Boomgaarden zijn als overig geclassificeerd.

Top60 en Top90

In deze periode omvat de klasse grasland een brede scala aan grondgebruikstypen. Naast hooiland en weiland behoren ook boomgaarden, boomkwekerijen, brede bermen, gazons, sportvelden, begraafplaatsen, vliegvelden en opstanden van populier tot deze klasse.

Akker en kale grond (2)

Alle witte pixels zijn als akker of als kale (cultuur)grond geclassificeerd. Meestal betreft het bouwland, maar het kan ook gaan om onverharde wegen in bos- of heidegebieden.

TMK-1850

Akker/kale grond is hier lastig te onderscheiden van heide en stuifzand. De klasse akker is verder wel een homogene agrarische klasse en omvat granen, hakvruchten en mogelijk soms ook braakliggende akkers.

Preussische Uhraufnahme 1850

Een groot deel van het Duitse gebied bestaat uit bouwland. Het is niet duidelijk of er ook andere agrarische klassen onder deze categorie vallen zoals tuinbouw. Ook alle wegen binnen akkergebieden zijn toegerekend aan deze klasse.

Bonnekaarten 1900 en 1930

Voorals akkers. Onverharde wegen in het buitengebied zijn ook als akker/kale grond geclassificeerd. Binnen het stedelijk gebied zijn ook relatief grote delen als akker/kale grond geclassificeerd. Dit betreft ondermeer erven, tuinen, wegen en andere stedelijke gebruiksruimten.

Preussische Neuaufnahme 1900 en 1930

De klasse omvat hier akkers en veel wegen.

Top60 en Top90

Deze klasse omvat voor deze periode een breed spectrum aan grondgebruikvormen. Naast akkers behoren tot deze klasse ook grootschalige tuinbouw, kassen, braakliggende terreinen voor woningbouw of industrie, opspuitterreinen, braakliggende terreinen en depots. Brede onverharde wegen in bossen op de heide zijn ook wit op de kaart en worden daardoor ook soms als akker/kale grond geclassificeerd. Binnen stedelijk gebied komt ook relatief veel wit voor in de vorm van wegen, parkeerterreinen en ander niet bebouwd gebied. De fijnere karterings- en druktechniek in 1990 leidt er toe dat er binnen het stedelijk gebied iets meer kale grond en minder bebouwing optreedt dan in 1960.

Heide en hoogveen (3)

De als paars of roze-rood weergegeven pixels zijn als heide/hoogveen geclassificeerd. Hieronder vallen alle successiestadia van de heide. Hoogveen komt in het gebied niet in karteerbare eenheid voor. Tot deze klasse behoren ook vergraste heideterreinen, heide met beperkte opslag van bomen, geplagde heideterreinen en overgangen naar stuifzanden.

TMK-1850

De heidegebieden maakten in deze periode onderdeel uit van het landbouwsysteem. Ze bestonden vermoedelijk uit complexen van geplagde en lage, weinig vergraste heide met nauwelijks opslag van bomen, soms afgewisseld met zandverstuivingen.

Preussische Uhraufnahme 1850

Deze klasse is veelomvattender dan in Nederland. Ook moerassige delen van heide en laagvenen zijn waarschijnlijk als heide weergegeven. Aanwijzingen hiervoor zijn namen als 'Bruch' en 'Veen' die soms in heidegebieden voorkomen. Ook is de grens soms een abrupte scheiding tussen heide aan de Duitse kant en moeras aan de Nederlandse kant.

Bonnekaarten 1900 en 1930

De heide omvat in deze tijd weinig vergraste heide. Rond 1930 begon de heide al vaker te begroeien met opslag van bomen omdat de heidevelden geen wezenlijk onderdeel meer uitmaakten van het landbouwsysteem en niet meer werden geplagd. De moerassige delen van natte heideterreinen, vaak rond vennen, zijn op de kaarten lichtgroen weergegeven en daarom (ten onrechte) als grasland geclassificeerd.

Preussische Neuaufnahme 1900 en 1930

De klasse heide is soms lastig te onderscheiden van moeras. Veel minder vaak dan in de Nederlandse situatie wordt de opslag van bomen op heide gekarteerd.

Top60 en Top90

De heidevelden zijn al deels aan het vergrassen en herbergen ook meer opslag van bomen. Natte en drassige heide rond vennen wordt nu wel als heide op de kaart weergegeven.

Loofbos (4)

Hieronder vallen struwelen, loofbos, hakhout, grienden en spontane opslag van bos op heide. Ze zijn op de Bonnekaarten als middelgroene kleur op de kaart weergegeven. Op de TMK-1850 zijn het grijze kleuren. Op de moderne topografische kaarten is het onderscheid in kleur vervallen. Het onderscheid loof- en naaldbos wordt alleen door middel van signatuur weergegeven. Brede houtwallen, singels en kleine bosjes zijn soms opgenomen. Moerasbossen vallen ook onder bos als er niet teveel water voorkomt.

TMK-1850

Er wordt op de TMK 1850 geen onderscheid gemaakt tussen loof- en naaldbos. Uit jongere kaartbeelden (1900) blijkt dat vrijwel alle bossen uit loofbos bestond. Vrijwel alle loofbos is in gebruik en beheer als hakhout. Alleen rond de grote buitenplaatsen en landgoederen komt substantieel opgaand bos voor.

Preussische Uhraufnahme 1850

De bossen zijn eenduidig aangegeven. Er is geen duidelijk onderscheid waarneembaar tussen loof- en naaldbos.

Bonnekaarten 1900 en 1930

Door ontginning van woeste gronden wordt in deze periode veel (naald)bos aangeplant of loofbos omgezet in naaldbos. Verder wordt er minder hakhout gebruikt door alternatieve energiebronnen. Hierdoor krijgen de bestaande bossen een meer opgaand karakter.

Preussische Neuauflage 1900 en 1930

Het is onduidelijk of de ontwikkeling van de loofbossen overeenstemt met die in Nederland. Langs de rivieren komt loofbos voor in de vorm van ooibossen.

Top60 en Top90

Het onderscheid tussen loof- en naaldbos is wat minder nauwkeurig omdat niet op kleur is geclassificeerd maar de signatuur bepalend is geweest voor de klasse loofbos. Hakhout komt in deze periode vrijwel niet meer voor. Vrijwel altijd gaat het om oudere opgaande loofbossen. In deze periode ontstaat er ook een groter areaal aan parken en recreatiebos te ontstaan, zowel in als buiten de stad (landgoederen).

Naaldbos (5)

De donkergroene kleur is geclassificeerd als naaldhout. Het gaat meestal om grove den. Voor de latere kaartbladen is het verschil loof- en naaldbos alleen nog maar door signatuur aangegeven.

TMK-1850

Er wordt op deze kaart geen naaldbos als legenda onderscheiden. De meeste bossen uit deze tijd waren loofbossen.

Preussische Uhraufnahme 1850

In delen van de kaart zijn kleurverschillen (Reichswald) te onderscheiden die er op duiden dat naald- en loofbos afzonderlijk zijn onderscheiden. Vanwege de onzekerheid hierover is besloten hierin geen onderscheid te maken.

Bonnekaarten 1900 en 1930

Overwegend jonge aanplant van naaldhout (vooral dennen) en soms opslag van naaldhout op de heide. Het gaat hierbij dus vooral om relatief jong naaldbos. Na 1935 is het kleuronderscheid loof en naaldbos op de kaart vervallen en zijn alle bossen als loofbos geclassificeerd.

Preussische Neuaufnahme 1900 en 1930

Zowel gemengd bos en naaldbos zijn als naaldbos geclassificeerd.

Top60 en Top90

Deze klasse is niet afzonderlijk onderscheiden maar met loofbos als bos geclassificeerd.

Bebouwd gebied en wegen (6)

Alle rode pixels zijn als bebouwd of verharde wegen aangemerkt. Binnen bebouwd gebied worden wegen en open ruimten niet als rood weergegeven maar met een witte kleur. Ze zijn daarom als akker/kale grond geclassificeerd.

TMK-1850

Op deze kaart zijn erven en niet bebouwd stedelijk gebied (grijs) als overig geclassificeerd. De verharde wegen zijn enigszins overgedimensioneerd weergegeven. Door het geringe aandeel bebouwing in deze tijd zal er een oververtegenwoordiging van wegen zijn. Kassen worden als klasse overig weergegeven.

Preussische Uhraufnahme 1850

Bebouwing is minder duidelijk weergegeven dan op de Nederlandse kaarten en veelal als klasse overig aangeduid. Wegen zijn niet afzonderlijk onderscheiden.

Bonnekaarten 1900 en 1930

Een groot deel van de klasse bebouwing en wegen bestaat in het landelijk gebied uit verharde wegen en in dorpen en in steden uit bebouwing.

Preussische Neuaufnahme 1900 en 1930

Bebouwd gebied is vrij summier geclassificeerd en veelal als overig aangegeven. Wegen zijn niet afzonderlijk geclassificeerd en vallen onder het grondgebruik van de klasse waar ze doorheen lopen.

Top60 en Top90

Door een wat andere cartografische weergave, dimensionering en druktechniek lijken de stedelijke kernen in 1960 minder bebouwing te kennen dan in 1990. Bedrijventerreinen, braakliggende grond en infrastructuur worden rond 1960 meestal met een witte kleur aangeduid en zijn als kale grond geclassificeerd. In 1990 is dit als bebouwd weergegeven. Kassen vallen hierbuiten, ze zijn als kale grond aangeduid. Afzonderlijke bebouwing of lintbebouwing is ondervertegenwoordigd.

Water (7)

Als classificatiebasis is de blauwe kaartkleur gebruikt. De klasse water omvat alle typen water, zowel binnen- als buitendijks (rivieren). Kleine waterlopen als sloten en poelen vallen weg op deze kaartschaal. De iets grotere of bredere waterlopen zijn mogelijk wat overgedimensioneerd.

TMK-1850

Het blauw op de kaart is soms erg licht. Hierdoor kan verwarring ontstaan met akker/kale grond. Het water rond 1850 is overal het algemeen voedselarm tot matig voedselrijk. Opvallend is het grote aantal vennen in de kop van Limburg. Eveneens opvallend is het meanderende karakter van de rivieren met eilanden in de rivier.

Preussische Uhraufnahme 1850

Op deze kaartbladen bestaat het water vooral uit grotere rivieren en afgesloten rivierarmen. In kleine rivieren zoals de Niers is water meestal net niet zichtbaar.

Bonnekaarten 1900 en 1930

Ook nu nog bestaat een fors deel van het areaal water uit voedselarm tot matig voedselrijk water. Veel water bestaat uit rivieren, plassen, strangen en een enkele nevengeul. Ook komen er vennen voor. De grote rivieren waren nog niet gestuwd.

Preussische Neuaufnahme 1900 en 1930

Het meeste water op deze kaart heeft betrekking op rivieren, afgesneden meanders, grote (vis)vijvers en plassen langs de rivieren.

Top60 en Top90

Naast de hiervoor genoemde watertypen ontstaan er in deze periode ook grote waterplassen door zand- en kleiwinning die later in gebruik worden genomen voor de recreatie.

Rietmoeras (8)

Overwegend riet- en biezenmoerassen. Ze zijn expliciet als rietmoeras of rietvelden op de kaart aangegeven. Onbekend is of biezenvelden ook als moeras zijn gekarteerd. Vermoedelijk zijn ook overgangen van moerasbos naar water als moeras aangegeven. Moerasbos zelf is als loofbos onderscheiden.

TMK-1850

Vermoedelijk gaat het hier vooral om zeer open rietmoerassen met een beperkte opslag van bomen. Veel van de rietmoerassen werden in deze periode geëxploiteerd. Zeggenmoerassen zijn vermoedelijk niet als moeras gekarteerd maar eerder als drassige plekken (grasland).

Preussische Uhraufnahme 1850

Uiteenlopende moerassen met vermoedelijk niet alleen riet.

Bonnekaarten 1900 en 1930

Voor rietmoerassen. Vermoedelijk zijn ze allemaal nog in exploitatie. Drassige graslanden, venoevers of natte heidevelden zijn niet als moeras aangegeven maar zijn dit mogelijk wel geweest (zeggenrijke natte en soms overstroomde graslanden).

Preussische Neuaufnahme 1900 en 1930

Er komt nog maar weinig moeras voor op de kaarten. Vermoedelijk betreft het een brede categorie aan moerastypen, zoals verlandingsstadia in oude rivierarmen.

Top60 en Top90

Het type moeras uit deze tijd is een wat ruiger type moeras met veel overgangen naar moerasbos, struwelen en water. Rietexploitatie vond maar beperkt plaats waardoor een groot van het voormalige moeras is verruigd.

Stuifzanden en zandplaten (9)

Hiermee wordt kaal zand aangeduid dat grotendeels onder natuurlijke omstandigheden is ontstaan. Het is als gele of bruingele kleur op de kaart weergegeven. Deze klasse omvat kale of laag begroeide stuif- en rivierduinen en zandplaten langs de rivier.

TMK-1850

Voor rietmoerassen op de Veluwe en in Noord-Limburg, rivierduinen langs de Waal.

Preussische Uhraufnahme 1850

Voor rietmoerassen langs de rivier. Stuifduinen ontbreken.

Bonnekaarten 1900 en 1930

In deze periode verdwijnen veel stuifduinen door aanplant. Hierdoor hebben de stuifduinen in deze periode een wat meer begroeid karakter dan rond 1850.

Preussische Neuaufnahme 1900 en 1930

Deze klasse komt alleen voor als zandoevers langs de rivieren.

Top60 en Top90

Een groot deel van de stuifduinen stuift in deze periode nauwelijks meer en er treedt veel spontane bosvorming op. Hierdoor omvat de klasse vermoedelijk een wat groter aandeel begroeid terrein dan in de voorgaande perioden.

Overig (10)

Deze categorie komt vooral voor op de oudere topografische kaarten als grijze kleur. Het zijn meestal kleinschalige vormen van grondgebruik in de nabijheid van stedelijk gebied. Ook misclassificaties vallen hieronder en alle vormen van grondgebruik die niet onder de eerder genoemde klassen vallen. Deze klasse komt relatief vaak voor langs lijnvormige elementen als wegen, kanalen en spoordijken.

TMK-1850

Vooral erven in het buitengebied en dorpen. Soms spoordijken, kleinschalige tuinbouw, kassen, militair terrein, havengebieden en bouwterrein.

Preussische Uhraufnahme 1850

Deze klasse komt overeen met die van de TMK 1850 maar bevat een hoog percentage aan tuinen en erven. Vermoedelijk vallen daar ook kleine boomgaarden onder.

Bonnekaarten 1900 en 1930

Deze klasse wordt vooral aangetroffen rond en in stedelijk gebied. Het betreft hier bijvoorbeeld tuinen, bedrijventerreinen en openbare ruimten. Daarnaast behoren vollegrondstuinbouw, bollen en kassen tot deze klasse. Door de grote dynamiek van deze grondgebruiksvormen kunnen aangrenzende kaartbladen die sterk verschillen in jaar van verkenning grote verschillen te zien geven. Overig gaat daardoor soms abrupt over in kale grond.

Preussische Neuaufnahme 1900 en 1930

Het gaat hier vooral om tuinen en erven rond verspreide bebouwing en delen van het stedelijk gebied.

Top60 en Top90

De categorie overig komt als kaartkleur niet voor en is door cartografen grotendeels onder bebouwd en wegen te vinden of als akker/kale grond.

3.2 Grondgebruik 1850-1990

In tabel 3.1 en figuur 3.1 zijn de verandering in het areaal grondgebruik weergegeven voor de periode 1850-1995 voor het hele Regiogebied. In de figuren 3.2 tot en met 3.6 zijn de resultaten van de classificatie als kaartbeeld weergegeven.

Het regiogebied heeft de afgelopen 150 jaar een enorme gedaantewisseling ondergaan. De belangrijkste veranderingen zijn geweest de ontginning van de heide,

de schaalvergroting van de landbouw, het verdwijnen van de bossen langs de rivieren en de uitbreiding van de stedelijke gebieden.

Een belangrijke verandering in de landbouw is de omzetting van bouwland naar grasland met een piek in de zestiger jaren. In Duitsland komt beduidend minder grasland voor. De omzetting naar grasland is ook niet zo sterk als in Nederland. Vanaf de zestiger jaren zorgt de verstedelijking voor een forse afname van het areaal agrarisch gebied.

Het areaal heidegebied krimpt al vanaf 1850 door de afnemende betekenis van heide voor de landbouw. Niet alleen de inkrimping, maar ook de versnippering speelt een rol. In Duitsland is rond 1930 alle heide verdwenen. In Nederland is er nog een redelijk areaal aanwezig. Naast de heide neemt ook het areaal stuifzand al vroeg in de 19^e eeuw af. Het lijkt erop dat afname van dit areaal al eerder plaatsvond dan de grootschalige afname van de heide. In Duitsland werd geen stuifzand aangetroffen. De ontginning van de heide in Nederland blijkt ook al uit het verdwijnen van grote vencomplexen in Noord-Limburg.

In Nederland neemt het areaal aan bos in de loop der jaren iets toe, terwijl dat in Duitsland juist afneemt. Over de omvorming van loof naar naaldbos valt weinig te zeggen omdat niet voor iedere tijdstap het onderscheid loof- en naaldbos is gemaakt. In algemene zin is duidelijk dat dit het areaal naaldbos in Nederland sinds 1850 enorm is toegenomen. Een belangrijke afname van loofbos is opgetreden langs de grote rivieren, waar ooibossen massaal zijn verdwenen.

De toename van de verstedelijking is in de laatste decennia explosief verlopen door de ontwikkeling van groeikernen en bedrijventerreinen.

Het areaal rietmoeras is sinds 1850 bijzonder sterk afgenomen tot 10% van het oorspronkelijke areaal. Het gaat daarbij om rietmoerassen langs de groter rivieren, in afgesneden rivierarmen en in laagveenachtige situaties op de zandgronden.

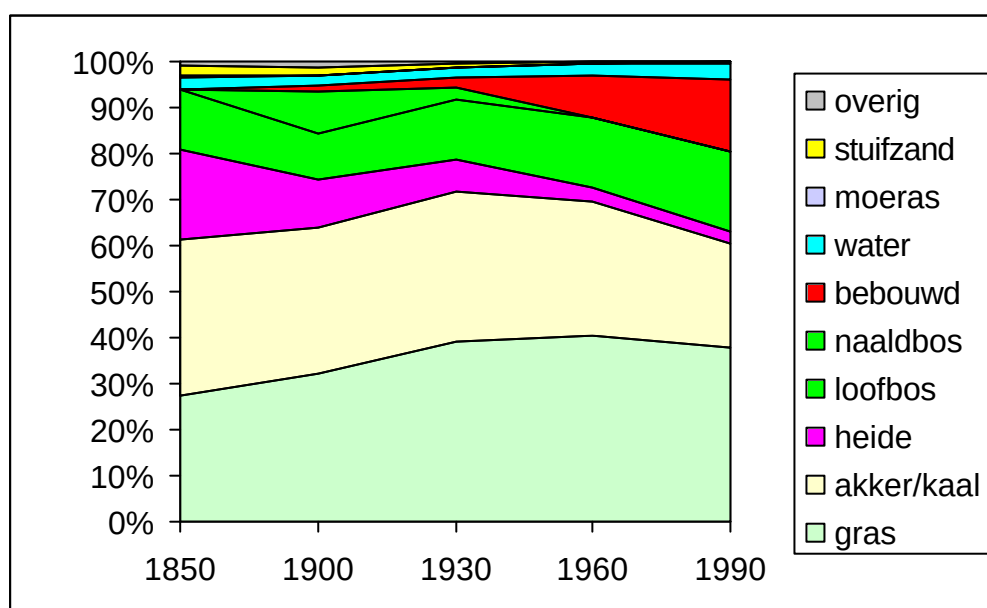
De categorie overig is alleen op de oudste kaarten weergegeven en betreft vooral erven en tuinen. Deze hadden rond 1850 nog een relatief forse omvang maar zijn later sterk gekrompen en na 1930 niet meer op de kaarten aangegeven.

De geschetste veranderingen in grondgebruik zijn geldig voor het hele regiogebied. Lokaal of regionaal doen zich soms grote verschillen voor die ook tegengesteld kunnen zijn. Ook verandert het ruimtelijk patroon soms (korreligheid) terwijl de arealen vrijwel onveranderd blijven.

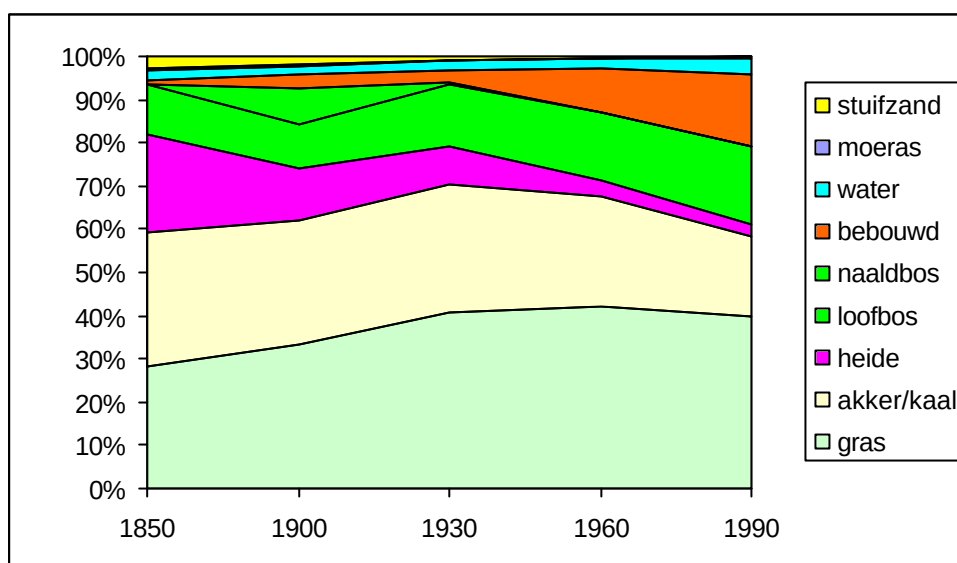
De dynamiek van het ruimtegebruik laat zich in de hiervoor geschetste areaalverandering maar moeilijk vangen. Een betere maat voor de ruimtelijke dynamiek is om na te gaan waar zich nog authentieke locaties bevinden. Dat wil zeggen plekken waar het grondgebruik in de vijf tijdstappen niet is veranderd. Dit zijn locaties die in termen van kwaliteit een bijzondere betekenis kunnen hebben.

Tabel 3.1 Areaal grondgebruik in het analysegebied Regiolab van 1850-2000 (km²)

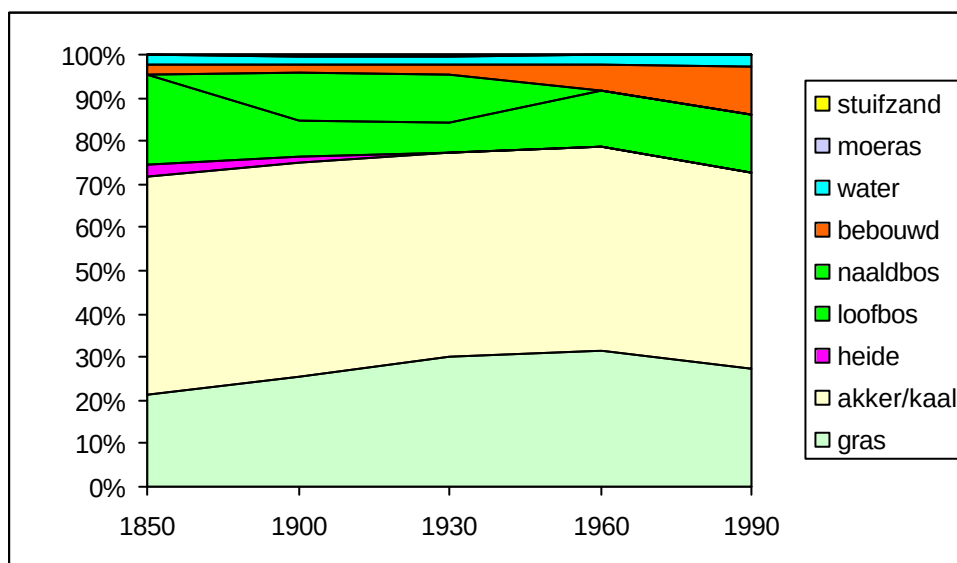
nummer	klasse	1850	1900	1930	1960	1990
1	grasland	979	1157	1404	1460	1367
2	akker	1230	1150	1172	1037	810
3	heide	704	373	259	119	94
4	loofbos	470	351	471	548	621
5	naaldbos	0	327	83	0	0
6	bebouwd	4	46	86	334	561
7	water	88	82	79	88	138
8	rietmoeras	9	4	5	3	1
9	zand/duin	83	61	26	12	7
10	overig	32	49	14	0	0
totaal (km ²)		3600	3600	3600	3600	3600



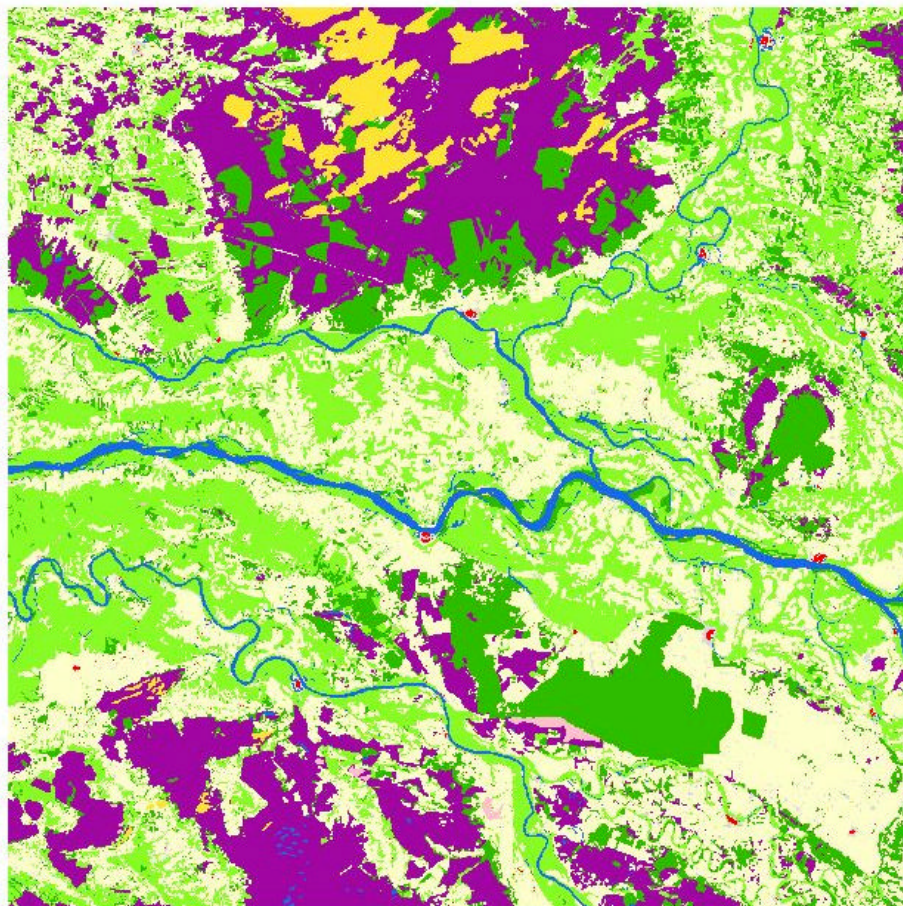
Figuur 3.1 Veranderingen in grondgebruik voor het totale analysegebied. Loof- en naaldbos zijn samengevoegd.



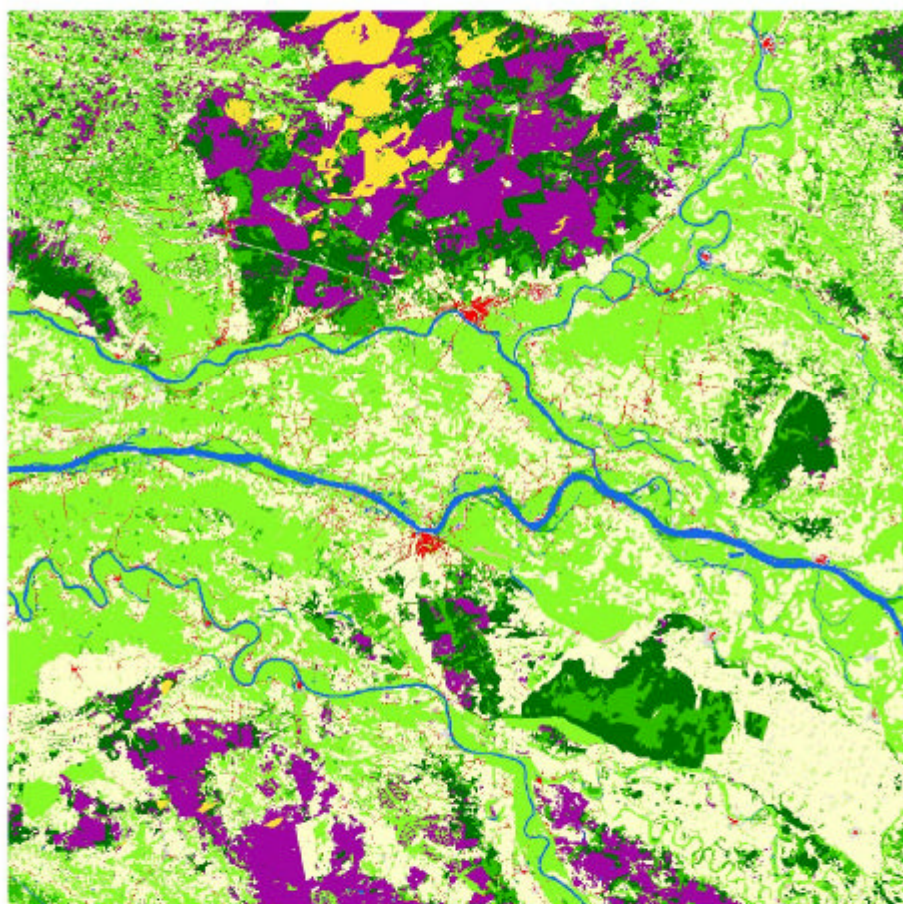
Figuur 3.2 Veranderingen in het Nederlandse deel van het Regiogebed. Loof- en naaldbos zijn samengevoegd en overig is als bebouwd weergegeven.



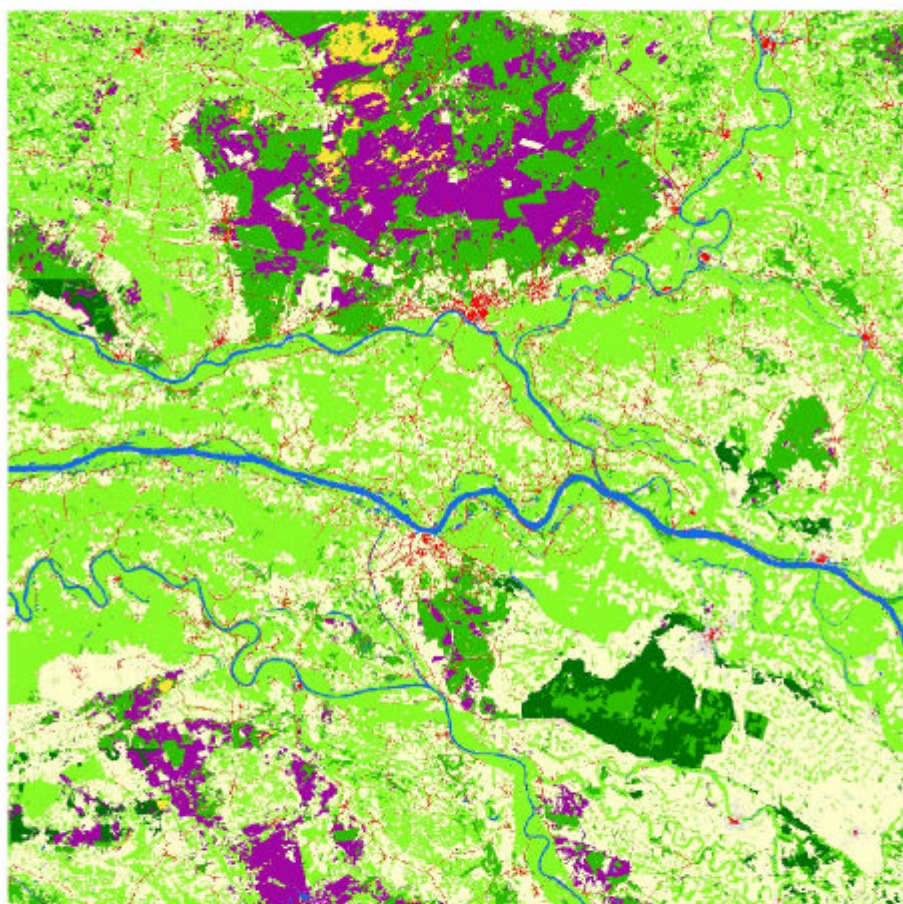
Figuur 3.3 Veranderingen in het Duitse deel van het Regiogebed. Loof- en naaldbos zijn samengevoegd en overig is als bebouwd weergegeven



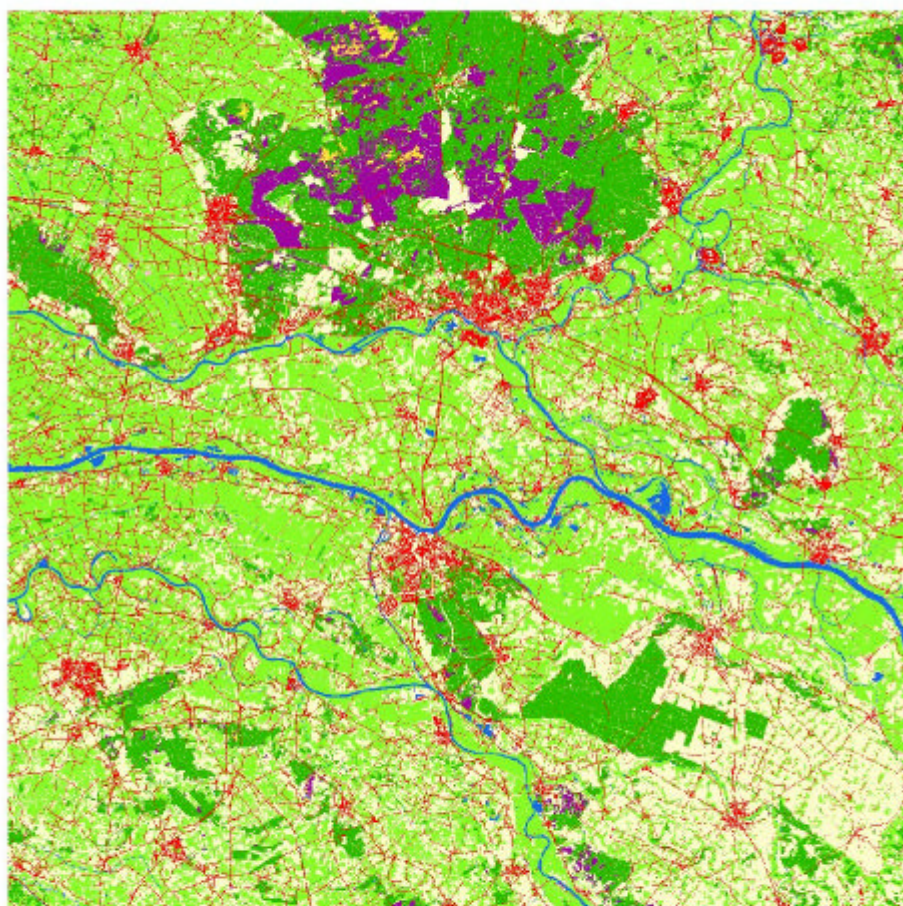
Figuur 3.4. Grondgebruik rond 1850



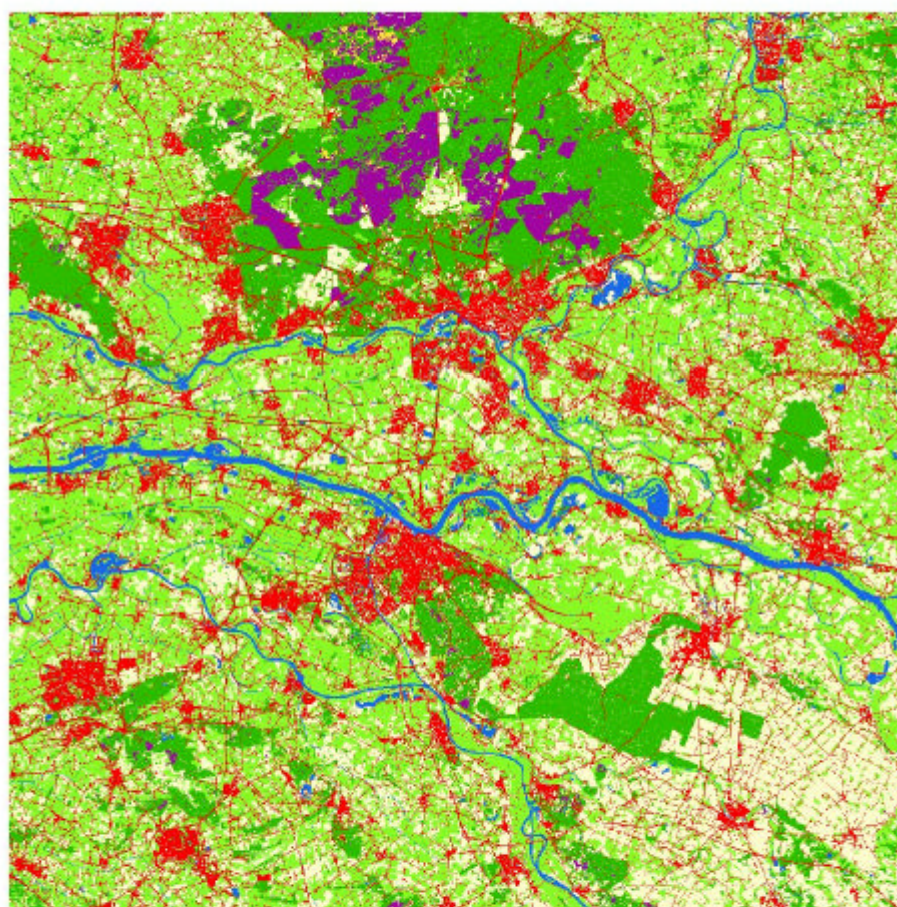
Figuur 3.2. Grondgebruik rond 1900



Figuur 3.3. Grondgebruik rond 1930



Figuur 3.4. Grondgebruik rond 1960



Figuur 3.5. Grondgebruik rond 1990

3.3 Validatie

De validatie van GIS-bestanden heeft plaatsgevonden door de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid te bepalen. Hiervoor is per kaartserie steeds een steekproef gebruikt van 300 tot 400 punten.

Met nauwkeurigheid of *Producers Accuracy* wordt bedoeld welke fractie van een klasse **op de kaart** in het bestand ook tot die klasse is gerekend. Kortweg is een pixel heide op de kaart ook als heide op die plek in het geclassificeerde bestand terecht gekomen. Een hoge nauwkeurigheid kan desondanks betekenen dat er meer heide in het bestand voorkomt dan op de kaart aanwezig. Dat is dan ten koste gegaan van andere klassen. Deze hebben dan een lagere nauwkeurigheid.

Met betrouwbaarheid of *Users Accuracy* wordt bedoeld welke fractie van een klasse **in het bestand** op de kaart ook als heide is aangegeven. Een hoge betrouwbaarheid betekent dat vrijwel alle heide in het bestand ook daadwerkelijk heide op de kaart is. Een hoge betrouwbaarheid kan wel betekenen dat er meer heide op de kaart voorkomt dan in het bestand.

Tabel 3.4a Validatie van het geclassificeerde bestand 1850 (Nederland) met de kaart TMK 1850 als referentie op basis van 350 steekproefpunten. De categorie naaldbos komt niet voor.

Klasse	Referentie: TMK 1850										
	gras	akker/ kaal	hei	loof	naald	bebouwd wegen	water	moeras	zanddu in	overig	totaal
grasland	61	0	0	0	-	0	0	0	0	0	61
akker en kale grond	1	62	0	0	-	0	1	0	0	0	64
heide en hoogveen	0	0	54	0	-	0	0	0	0	0	54
loofbos	0	1	0	38	-	0	0	0	0	0	39
naaldbos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bebouwing en wegen	0	0	0	0	-	25	0	0	0	0	25
water	0	1	0	0	-	0	27	0	0	0	28
rietmoeras	0	0	0	0	-	0	0	25	0	0	25
stuifduinen en zandplaten	0	0	0	0	-	0	0	0	28	0	28
overig	0	1	0	0	-	0	0	0	0	25	26
totaal	62	65	54	38	-	25	28	25	28	25	350

Klasse 1850 NL	Reference totals	Classified totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
1 gras	62	61	61	98,39%	100,00%
2 akker/kaal	65	64	62	95,38%	96,88%
3 heide	54	54	54	100,00%	100,00%
4 loofbos	38	39	38	100,00%	97,44%
5 naaldbos	-	-	-	-	-
6 bebouwd/wegen	25	25	25	100,00%	100,00%
7 water	28	28	27	96,43%	96,43%
8 moeras	25	25	25	100,00%	100,00%
9 zand/duin	28	28	28	100,00%	100,00%
10 overig	25	26	25	100,00%	96,15%
Totals	350	350	345		
Overall Classification Accuracy =				98.57%	

Tabel 3.4b Validatie van het geclassificeerde bestand 1850 (Duitsland) met de kaart Preussische Uhraufnahme 1850 als referentie op basis van 300 steekproefpunten. De categorie naaldbos komt niet voor.

Klasse	Referentie: Preussische Uhraufnahme 1850										
	gras	akker/ kaal	hei	loof	naald	bebouwd en wegen	water	moeras	zanddu in	overig	totaal
grasland	41	0	0	0	-	0	0	0	0	0	41
akker en kale grond	0	61	1	1	-	0	0	0	0	0	63
heide en hoogveen	0	0	27	0	-	0	0	0	0	0	27
loofbos	0	0	0	41	-	0	0	0	0	0	41
naaldbos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bebouwing en wegen	0	0	0	0	-	25	0	0	0	0	25
water	0	0	0	0	-	0	27	0	0	0	27
rietmoeras	0	0	0	0	-	0	0	25	0	0	25
stuifduinen en zandplaten	0	0	0	0	-	0	0	0	25	0	25
overig	0	0	0	0	-	0	0	0	0	26	26
totaal	41	61	28	42	-	25	27	25	25	26	300

Klasse 1850 Dld	Reference totals	Classified totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
1 gras	41	41	41	100,00%	100,00%
2 akker/kaal	61	63	61	100,00%	96,83%
3 heide	28	27	27	96,43%	100,00%
4 loofbos	42	41	41	97,62%	100,00%
5 naaldbos	-	-	-	-	-
6 bebouwd/wegen	25	25	25	100,00%	100,00%
7 water	27	27	27	100,00%	100,00%
8 moeras	25	25	25	100,00%	100,00%
9 zand/duin	25	25	25	100,00%	100,00%
10 overig	26	26	26	100,00%	100,00%
Totals	300	300	298		
Overall Classification Accuracy = 99,33%					

Tabel 3.4c Validatie van het geclassificeerde bestand 1900 (Nederland) met de Bonnekaart 1900 als referentie op basis van 400 steekproefpunten.

Klasse	Referentie: Bonnekaart 1900										
	gras	akker/ kaal	hei	loof	naald	bebouwd	water	moeras	zand duin	overig	totaal
1 gras	75	1	0	0	0	0	1	0	0	0	77
2 akker	0	67	0	0	1	0	0	0	0	0	68
3 heide	0	0	43	0	0	0	0	0	0	0	43
4 loofbos	3	1	2	33	0	0	0	0	0	0	39
5 naaldbos	0	0	1	1	35	0	0	0	0	0	37
6 bebouwd	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	27
7 water	1	0	0	0	0	0	27	0	0	1	29
8 moeras	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	25
9 zand/duin	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	28
10 overig	2	3	0	0	0	0	1	0	0	21	27
totaal	81	72	46	34	36	27	29	25	28	22	400

Klasse 1900 NI	Reference totals	Classified totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
1 gras	81	77	75	92.59%	97.40%
2 akker/kaal	72	68	67	93.06%	98.53%
3 heide	46	43	43	93.48%	100.00%
4 loofbos	34	39	33	97.06%	84.62%
5 naaldbos	36	37	35	97.22%	94.59%
6 bebouwd/wegen	27	27	27	100.00%	100.00%
7 water	29	29	27	93.10%	93.10%
8 moeras	25	25	25	100.00%	100.00%
9 zand/duin	28	28	28	100.00%	100.00%
10 overig	22	27	21	95.45%	77.78%
Totals	400	400	381		
Overall Classification Accuracy = 95,25%					

Tabel 3.4d Validatie van het geclassificeerde bestand 1900 (Duitsland) met de Preussische Neuaufnahme 1900 als referentie op basis van 300 steekproefpunten.

Klasse	Referentie: Preussische Neuaufnahme 1900										totaal
	gras	akker/kaal	hei	loof	naald	bebouwd	water	moeras	zand duin	overig	
1 gras	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
2 akker	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	50
3 heide	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	25
4 loofbos	0	0	0	28	1	0	0	0	0	0	29
5 naaldbos	0	1	0	1	29	0	0	0	0	0	31
6 bebouwd	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	25
7 water	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	26
8 moeras	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	25
9 zand/duin	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	25
10 overig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	26
totaal	38	51	25	29	30	25	26	25	25	26	300

Klasse 1900 Dld	Reference totals	Classified totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
1 gras	38	38	38	100,00%	100,00%
2 akker/kaal	51	50	50	98,04%	100,00%
3 heide	25	25	25	100,00%	100,00%
4 loofbos	29	29	28	96,55%	96,55%
5 naaldbos	30	31	29	96,67%	93,55%
6 bebouwd/wegen	25	25	25	100,00%	100,00%
7 water	26	26	26	100,00%	100,00%
8 moeras	25	25	25	100,00%	100,00%
9 zand/duin	25	25	25	100,00%	100,00%
10 overig	26	26	26	100,00%	100,00%
Totals	300	300	297		
Overall Classification Accuracy = 99,0%					

Tabel 3.4e Validatie van het geclassificeerde bestand 1930 (Nederland) met de Bonnekaart 1930 als referentie op basis van 400 steekproefpunten.

Referentie: Bonnekaart 1930											
Klasse	gras	akker/ kaal	hei	loof	naald	bebouwd	water	moeras	zand duin	overig	totaal
1 gras	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
2 akker	1	69	0	0	0	0	0	0	0	0	70
3 heide	0	0	36	1	0	0	0	0	0	0	37
4 loofbos	0	0	0	47	0	0	0	0	0	0	47
5 naaldbos	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	26
6 bebouwd	1	0	1	0	0	26	1	0	0	0	29
7 water	1	0	0	0	0	0	27	0	0	0	28
8 moeras	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	25
9 zand/duin	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	26
10 overig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25
totaal	90	69	37	48	26	26	28	25	26	25	400

Klasse 1930 NI	Reference totals	Classified totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
1 gras	90	87	87	96.67%	100.00%
2 akker/kaal	69	70	69	100.00%	98.57%
3 heide	37	37	36	97.30%	97.30%
4 loofbos	48	47	47	97.92%	100.00%
5 naaldbos	26	26	26	100.00%	100.00%
6 bebouwd/wegen	26	29	26	100.00%	89.66%
7 water	28	28	27	96.43%	96.43%
8 moeras	25	25	25	100.00%	100.00%
9 zand/duin	26	26	26	100.00%	100.00%
10 overig	25	25	25	100.00%	100.00%
Totals	400	400	394		
Overall Classification Accuracy = 98.50%					

Tabel 3.4f Validatie van het geclassificeerde bestand 1930 (Duitsland) met de Preussische Neuaufnahme 1930 als referentie op basis van 300 steekproefpunten.

Referentie: Preussische Neuaufnahme 1930											
Klasse	gras	akker/ kaal	hei	loof	naald	bebouwd	water	moeras	zand duin	overig	totaal
1 gras	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
2 akker	2	66	0	0	0	0	0	0	0	0	68
3 heide	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	20
4 loofbos	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	27
5 naaldbos	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	31
6 bebouwd	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20
7 water	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	22
8 moeras	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20
9 zand/duin	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	20
10 overig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	22
totaal	52	66	20	27	31	20	22	20	20	22	300

Klasse 1930 Dld	Reference totals	Classified totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
1 gras	52	50	50	96,15%	100,00%
2 akker/kaal	66	68	66	100,00%	97,06%
3 heide	20	20	20	100,00%	100,00%
4 loofbos	27	27	27	100,00%	100,00%
5 naaldbos	31	31	31	100,00%	100,00%
6 bebouwd/wegen	20	20	20	100,00%	100,00%
7 water	22	22	22	100,00%	100,00%
8 moeras	20	20	20	100,00%	100,00%
9 zand/duin	20	20	20	100,00%	100,00%
10 overig	22	22	22	100,00%	100,00%
Totals	300	300	298		
Overall Classification Accuracy = 99,33%					

Tabel 3.4g Validatie van het geclassificeerde bestand 1960 met de kaart 1960 als referentie op basis van 200 steekproefpunten. De categorieën naaldbos en overig zijn niet onderscheiden.

Klasse	gras	akker/kaal	hei	loof	naald	bebouwd en wegen	water	moeras	zand duin	totaal
1 gras	105	0	0	0	-	0	0	0	0	105
2 akker	1	79	0	1	-	0	0	0	0	81
3 heide	0	0	32	0	-	0	0	0	0	32
4 loofbos	0	1	0	57	-	1	0	0	0	59
5 naaldbos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6 bebouwd	0	1	0	1	-	41	0	0	0	43
7 water	0	0	0	0	-	0	29	0	0	29
8 moeras	0	0	1	0	-	0	0	24	0	25
9 zand/duin	0	0	0	0	-	0	1	0	25	26
10 overig	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
totaal	106	81	33	59	0	42	30	24	25	400

Klasse 1960	Reference totals	Classified totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
1 gras	106	105	105	99.06%	100.00%
2 akker/kaal	81	81	79	97.53%	97.53%
3 heide	33	32	32	96.97%	100.00%
4 loofbos	59	59	57	96.61%	96.61%
5 naaldbos	-	-	-	-	-
6 bebouwd/wegen	42	43	41	97.62%	95.35%
7 water	30	29	29	96.67%	100.00%
8 moeras	24	25	24	100.00%	96.00%
9 zand/duin	25	26	25	100.00%	96.15%
10 overig	-	-	-	-	-
Totals	400	400	392	100.0%	96.5%
Overall Classification Accuracy = 98.0%					

Tabel 3.4h Validatie van het geclassificeerde bestand 1990 met de kaart 1990 als referentie op basis van 400 steekproefpunten. De categorieën naaldbos en overig zijn niet onderscheiden

	Referentie: Topografische kaart 1990										
Klasse	gras	akker/ kaal	hei	loof	naald	bebouwd en wegen	water	moeras	zand duin	overig	totaal
1 gras	96	2	0	1	-	0	1	0	0		100
2 akker	0	67	0	0	-	1	0	0	0		68
3 heide	0	0	31	0	-	0	0	0	0		31
4 loofbos	0	0	0	62	-	1	0	0	0		63
5 naaldbos	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
6 bebouwd	0	1	1	0	-	54	0	0	0		56
7 water	2	0	0	0	-	0	30	0	0		32
8 moeras	0	0	0	0	-	0	0	25	0		25
9 zand/duin	1	0	0	0	-	0	0	0	24		25
10 overig	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
totaal	99	70	32	63	-	56	31	25	24		400

Klasse 1990	Reference totals	Classified totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
1 gras	99	100	96	96.97%	96.00%
2 akker/kaal	70	68	67	95.71%	98.53%
3 heide	32	31	31	96.88%	100.00%
4 loofbos	63	63	62	98.41%	98.41%
5 naaldbos	-	-	-	-	-
6 bebouwd/wegen	56	56	54	96.43%	96.43%
7 water	31	32	30	96.77%	93.75%
8 moeras	25	25	25	100.00%	100.00%
9 zand/duin	24	25	24	100.00%	96.00%
10 overig	-	-	-	-	-
Totals	400	400	389		
Overall Classification Accuracy = 97.25%					

Uit de hierboven gepresenteerde gegevens komt naar voren dat de nauwkeurigheid van de bestanden vrij hoog is. Deze ligt globaal tussen de 95 en 99%. Oudere kaarten scoren veelal wat slechter dan meer recente kaarten. Dit wordt vooral veroorzaakt door kleurkwaliteit en voor 1900 vooral ook door arceringen. De kaart 1:50.000 scoort meestal minder goed dan de 1:25.000 door overdimensionering van lijnvormige elementen en de relatief grote invloed van arceringen, teksten, hoogtelijnen, grenzen en andere cartografische details. De Duitse kaarten (voor 1960) zijn wat nauwkeuriger dan de Nederlandse omdat ze handmatig gedigitaliseerd zijn. De semi-automatische classificatie verloopt sneller, maar levert ook iets meer ruis op. Een specifieke afwijking die vaker voorkomt is de kale grond in stedelijk gebied. Deze bestaat vaak uit open ruimten en wegen.

4 Discussie en aanbevelingen

4.1 Discussie

De bestanden HGN-1850 tot en met HGN-1990 geven een goed beeld van de ruimtelijke veranderingen van het grondgebruik. De veranderingen tussen de tijdstappen zijn groter dan de ruis binnen een tijdstap. De ruis binnen een tijdstap wordt vooral zichtbaar bij zeer lokale toepassing van het bestand. Hiervoor zijn de bestanden minder geschikt. De belangrijkste foutenbronnen bij de ontwikkeling van de bestanden zijn de volgende:

Kaartbladgrenzen

Doordat aangrenzende kaartbladen niet altijd in hetzelfde jaar zijn verkend, sluit het grondgebruik niet altijd mooi aan. Voor de kaartinterpretatie en vergelijking met andere tijdstappen is het van belang in het oog te houden dat iedere tijdstap een periode van meerdere jaren beslaat. Aangrenzende kaartbladen verschillen in jaar van verkenning of uitgave soms meer dan 10 jaar. Voor lokale studies kan dit een knelpunt zijn, maar dit is verder niet op te lossen. Dit probleem doet zich overigens ook voor bij de modernste topografische kaarten.

Landsgrenzen

De productie van topografische kaarten in Duitsland en Nederland is niet gesynchroniseerd. Dat geldt zowel voor de perioden waarin er is gekarteerd (jaar van verkenning stemt niet overeen) als voor de cartografische weergave (zwart-wit versus kleur). Deze verschillen zijn soms prominent aanwezig langs de landsgrenzen. Dit geldt vooral voor de periode 1900 en 1930.

Geometrie

De bronbestanden verschillen in de kaartprojectie. Zelfs tussen de eerste en laatste edities Bonnebladen zitten geometrische verschillen. Door geometrische correctie en aggregatie naar 50 meter grids is dit probleem beperkt gebleven. De oudste kaarten hebben de grootste afwijkingen. Dit kan leiden tot verschillen die gemiddeld 20 meter bedragen voor de Bonnekaarten en tot circa 70 meter kunnen oplopen voor de TMK-1850. Deze verschillen lijken erg groot, maar worden ook veroorzaakt doordat de 1:10.000 kaart met de 1:50.000 kaart wordt vergeleken. Bij kleine verspreid liggende of lijnvormige vormen van grondgebruik zoals moeras, bosjes, bebouwing en waterlopen zal de kans op mismatch het grootst zijn. Voor grote aaneengesloten vormen van grondgebruik zoals grasland, heide, boscomplexen en dergelijke treedt dit vooral op langs de randen.

Dynamiek ruimtegebruik en tijdreeksen

Voor een aantal vormen van grondgebruik geldt dat ze sterk dynamisch zijn en dat kaartuitgaven een momentopname zijn. Stedelijk gebied en kassen kunnen binnen enkele jaren sterk zijn uitgebreid en het areaal beïnvloeden. Bij de oude kaarten geldt dat ook voor de categorie overig. Voor het landelijk gebied geldt dat akker en

grasland op perceelsniveau soms snel kunnen wisselen. Aggregatie van de grids naar grove grids van bijvoorbeeld 250 meter kan het effect hiervan sterk verminderen, maar verlaagt de nauwkeurigheid.

De veranderingen in grondgebruik in de tijdreeksen worden sterk bepaald door de jaren van verkenning of uitgifte van de kaarten. Vooral bij de Bonnekaart kunnen de opeenvolgende jaren dicht bij elkaar liggen. Een enkele keer hebben 1900 en 1930 zelfde hetzelfde kaartblad als basis. Voor regionale toepassing is dit niet zo erg omdat dit wordt uitgemiddeld. Bovendien hebben kaartbladen met weinig edities ook vaak betrekking op gebieden waarin weinig is veranderd.

Classificatie

De semi-automatische classificatie is een compromis tussen handmatig digitaliseren volledig automatische classificatie. Door grote verschillen in kwaliteit van de drukk kleuren en ouderdom van kaarten zijn oude kaarten lastiger automatisch te classificeren. Door handmatige bewerkingen is geprobeerd dit te ondervangen. Hierdoor ontstaan er binnen kaartbladen wel nieuwe verschillen in nauwkeurigheid. Dat geldt vooral voor de TMK1850, en de Duitse kaarten uit 1850, 1900 en 1930. Omdat ze grotendeels gevectoriseerd zijn de bestanden wat homogener dan die met automatische classificatie. Deze bevatten wat meer misclassificaties. Bij de TMK-1850 is het onderscheid tussen heide, stuifzand en akker soms alleen vast te stellen door gradueel kleurverschil of percelering te laten meewegen. Mogelijk zijn hier soms fouten in gemaakt die ook bij de validatie onvoldoende tot uiting komen.

Bij toepassing van deze bestanden dient de gebruiker steeds de context van de kaart in het oog te houden. De kaart geeft een sterk vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid weer door de ogen van de cartograaf.

Soms leidt een goede classificatie tot een ongewenste klasse. Dat geldt bijvoorbeeld voor akker/kale grond in en rond stedelijke agglomeraties dat geen agrarische maar een stedelijke bestemming kent. Omdat er geen bestemmingen worden geclassificeerd maar kaartkleuren is voor stedelijke toepassingen een nabewerking nodig. Omdat de classificatieprocedure is afgestemd op het produceren van landelijke bestanden, zijn een aantal provinciaal belangrijke klassen niet onderscheiden.

Cartografische overdimensionering en aggregatie

Op vrijwel alle kaarten zijn lijnvormige elementen overgedimensioneerd. Dit effect is het meest merkbaar bij grotere wegen, waterlopen en brede houtwallen en speelt vooral bij de 1:50.000 kaart.

Grootte van de grids

De gebruikte gridgrootte van 50 meter heeft het effect in zich van afronding. Kleine cartografische elementen zijn naar verhouding ondervertegenwoordigd, grote vlekken zijn oververtegenwoordigd. Dit is inherent aan de generalisatie van kleine naar grote pixels en het gebruik van de zogenaamde 'majority' regel. Het dominante grondgebruik bepaalt immers de waarde van het grid.

Het voordeel van de grovere grids is dat significante verschillen in grondgebruik tussen twee perioden ook daadwerkelijk worden waargenomen. Hiervoor is het niet nodig een hoge mate van detail na te streven. Het nadeel is echter dat kleine veranderingen in het grondgebruik pas laat zichtbaar zijn.

4.2 Aanbevelingen

Voor een uitgebreidere toepassing en analyse van het ruimtegebruik worden de volgende aanbevelingen gedaan:

Uitbreiding tijdstappen

- uitbreiding van de tijdreeks met andere tijdstappen. De snelle veranderingen in de afgelopen decennia maken het interessant om ook voor de tijdstappen 1970 en 1980 een dergelijke classificatie uit te voeren (Kramer et al., 2003).

Uitbreiding van de klassen

Het basismateriaal biedt de mogelijkheid om het aantal klassen nog wat uit te breiden of aan te scherpen. Hierdoor ontstaat er een nog betere afstemming met recente bestanden. Relevante uitbreidingen en verbeteringen zijn te realiseren door:

- uitsplitsing van de klasse bebouwd en wegen in twee afzonderlijke klassen;
- onderscheiden van drassige gebieden, hoogveen en laagveen;
- splitsen van de klasse kale grond in bouwland en kale grond in stedelijk gebied;
- uitbreiding van de waterklassen door toevoeging van zoet, brak, zout, stagnant, stromend of kwel.
- toevoeging van lijnvormige beplantingen die de openheid van het landschap bepalen zoals houtsingels en houtwallen.
- verbetering van het bossenbestand door gebruik van de eerste digitale bosstatistiek (Clement et al., 2003).

Verrijking van data

Door het grondgebruik te confronteren met de bodemkaart, geomorfologische bestanden, grondwaterkaarten kaart en hoogtebestanden kunnen zowel uitbreidingen van de klassen en verbetering van de bestanden worden bereikt. Een voorwaarde voor deze verrijking van de data is dat er een beter inzicht wordt verkregen in de ruimtelijke eigenschappen van de bestanden om foutvoortplanting te beperken.

Toepassingen

Met het tot stand komen van deze tijdreeks dienen zich interessante mogelijkheden aan voor analyse van de ruimtelijke dynamiek, validatie van modellen en evaluatie van beleid. De tijdreeks biedt voor verschillende beleidsterreinen aanknopingspunten. Dat kan gaan om de onderbouwing van toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen, monitoring en het bepalen van kansrijke ontwikkelingen en gebieden. Ook voor het bepalen van historische referenties biedt de tijdreeks aanknopingspunten (Dirkx, 2001; Smits, 2002a). Omdat de ontwikkeling van historische databestanden nog in de kinderschoenen staat liggen de belangrijkste toepassingen vooral in de onderzoeks-sfeer.

Referenties

Bolsius, E.C.A, J.H.M. Eulderink & C.L.G Groen, 1994. Een digitaal bestand voor de landschapsecologie van Nederland: eindrapport van het LKN-project. Rijksplanologische Dienst, Den Haag.

CBS, 1993. Statistiek van het bodemgebruik, Kwartaalbericht Milieustatistieken. CBS, Voorburg.

Clement, J. & L. Kooistra, 2003. Eerste bosstatistiek digitaal; opbouw van een historisch basisbestand. Alterra, Wageningen. Rapport 744.

Dirkx, G.H.P., 2001. Historische ecologie van De Brand en De Mortelen (Noord-Brabant). Alterra, Wageningen. Rapport 391.

Hazeu, G., J. Klijn, E-J. Lammerts & W.C. Knol, 2002. Een eiland in beweging: veranderingen in het Terschellinger landschap over anderhalve eeuw aan de hand van oude topografische kaarten en luchtfoto's. Alterra, Wageningen. Rapport 501.

Knol, W.C., H. Kramer & H. Gijsbertse (2003a in prep). Historisch Grondgebruik Nederland (HGN) rond 1900; beschrijving van een landsdekkend GIS bestand. Alterra, Wageningen. Rapport 573.

Knol, W.C., H. Kramer, G.J. Dorland & H. Gijsbertse, 2003b. Historisch Grondgebruik Nederland: tijdreeksen grondgebruik Noord-Holland van 1850-1980. Alterra, Wageningen. Rapport 751.

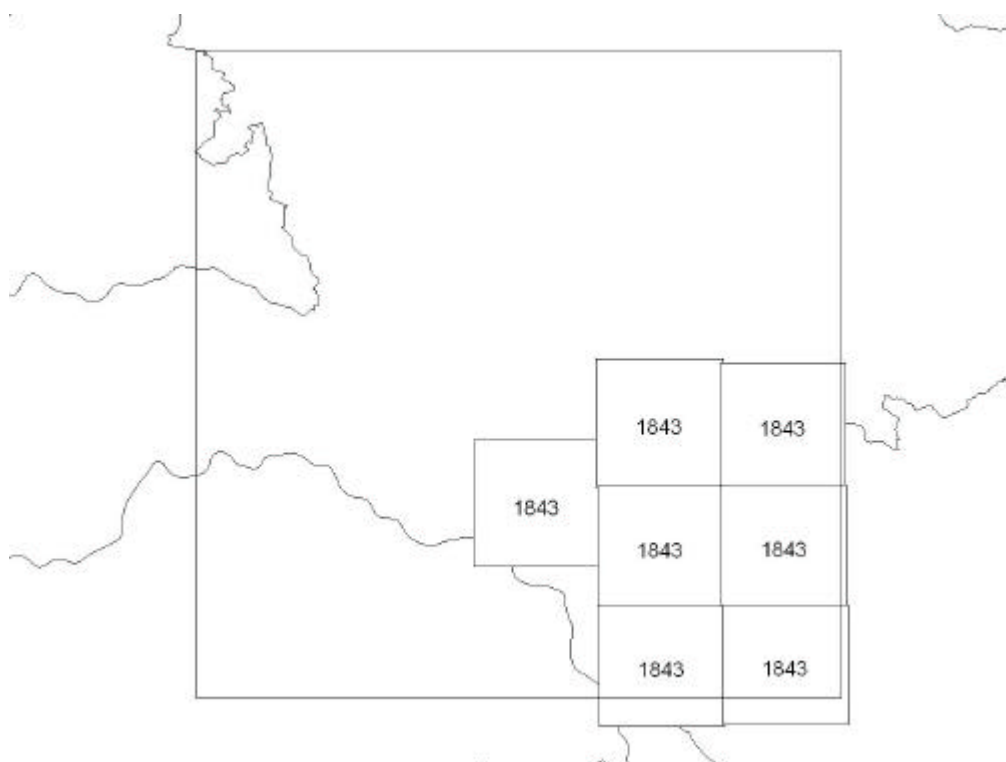
Kramer, H. & W.C. Knol, 2003. Historisch Grondgebruik 1970 in 500 meter grids. Alterra, Wageningen. Rapport 717.

Smits, N.A.F & J.H.J Schaminee, 2002a. Referenties Landelijk Meetnet Flora. Alterra, Wageningen. Rapport 547.

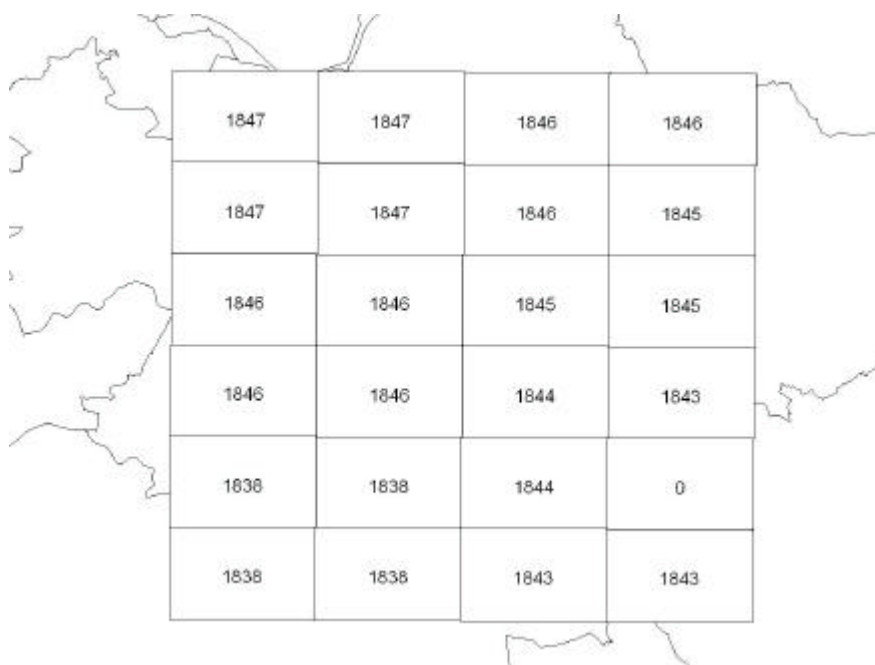
Smits, N.A.C. & J.H.J. Schaminee, 2002b. Referentie bossen: een nadere uitwerking van de graadmeter natuurwaarde. Alterra, Wageningen. Rapport 671.

Thunnissen, H.A.M., Olthof, R., Getz, P. and Vels, L., 1992, Grondgebruiksdatabank van Nederland vervaardigd met behulp van Landsat Thematic Mapper opnamen. Report 168, DLO Winand Staring Centre, Wageningen.

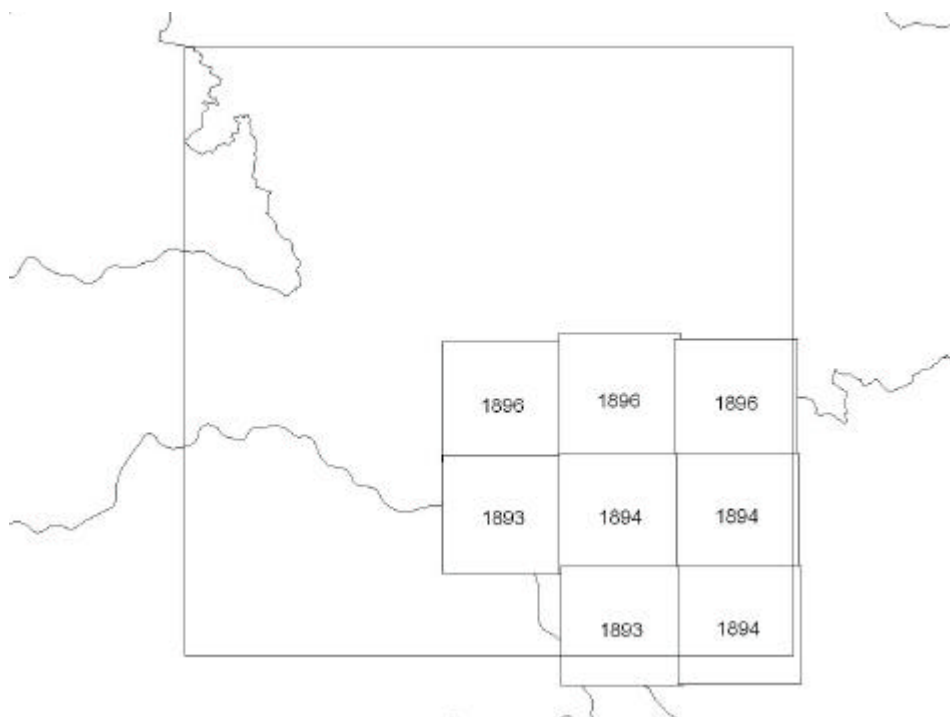
Bijlage 1 Geselecteerde kaartbladen per tijdstap met jaren van verkenning



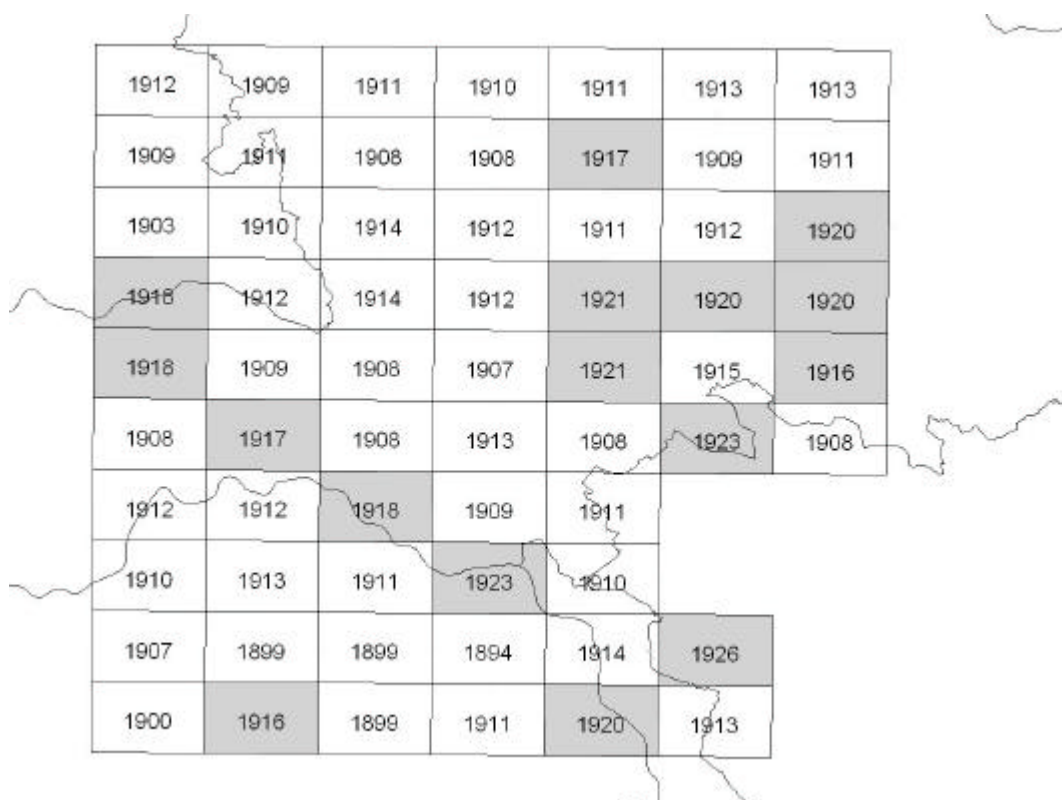
Figuur A Kaartbladen met jaar van verkenning rond 1850 (Duitsland)



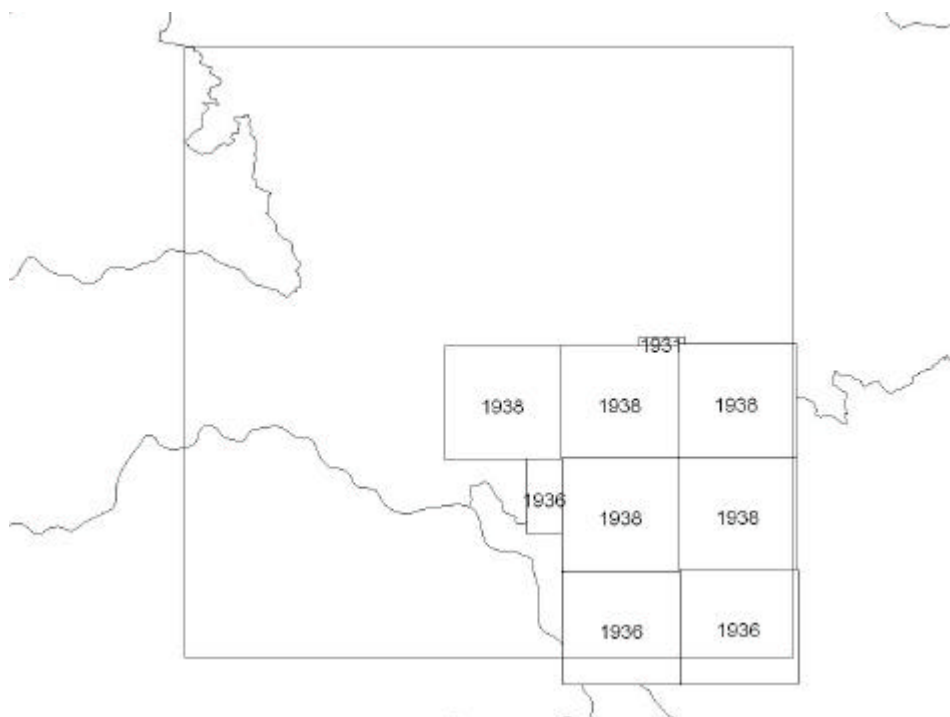
Figuur B Kaartbladen met jaar van verkenning rond 1850 (Nederland)



Figuur C Kaartbladen met jaar van verkenning rond 1900 (Duitsland)



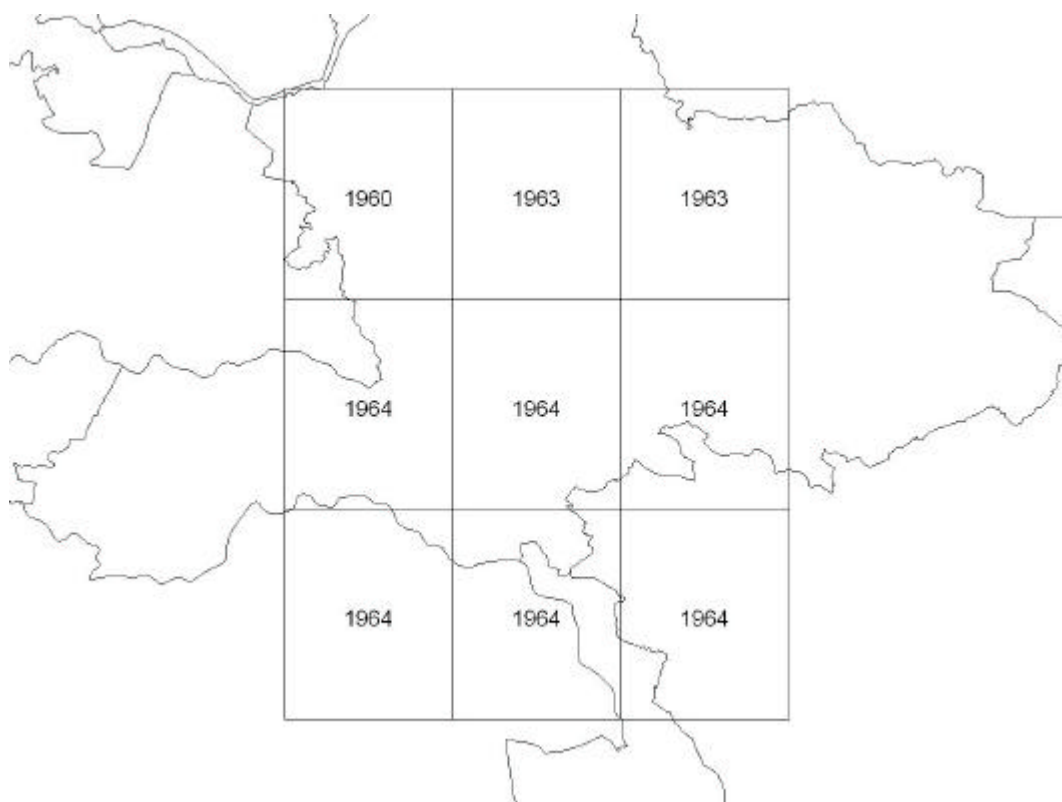
Figuur D Kaartbladen met jaar van verkenning rond 1900 (Nederland)



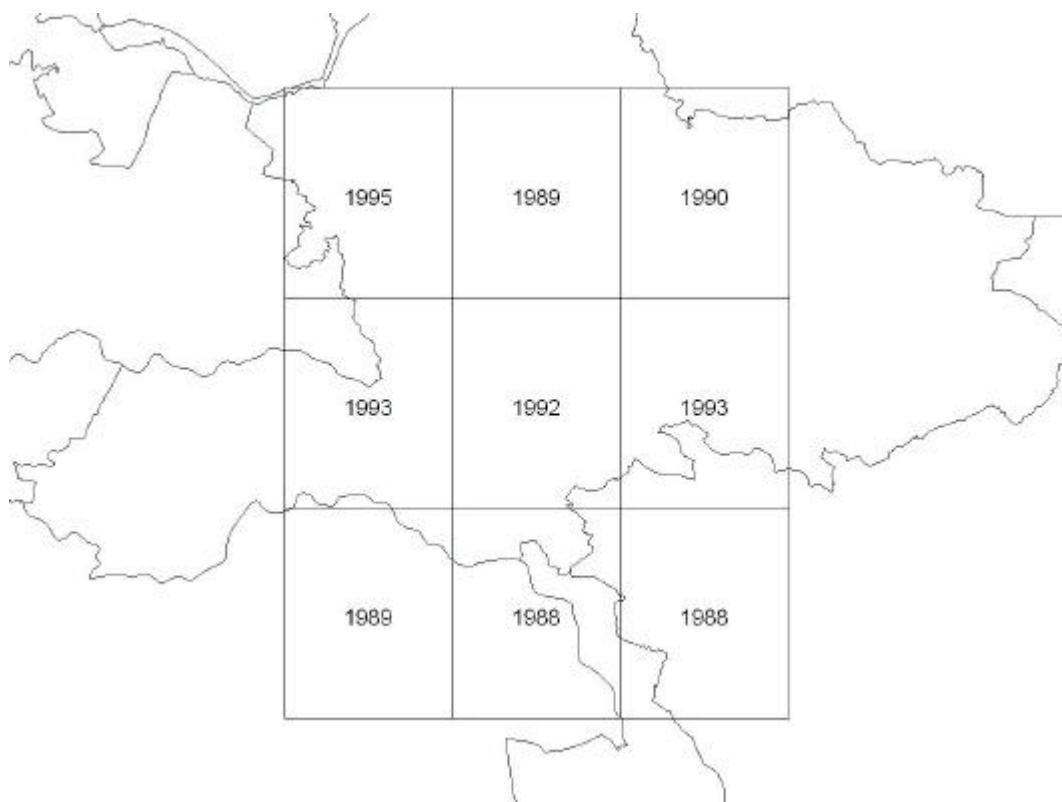
Figuur E Kaartbladen met jaar van verkenning rond 1930 (Duitsland)



Figuur F Kaartbladen met jaar van uitgifte rond 1930 (Nederland)



Figuur G Kaartbladen met jaar van uitgifte rond 1960



Figuur E Kaartbladen met jaar van uitgifte rond 1990