

Techniek in meervoud

Waarnemen en weergeven. Negentiende-eeuws naturalisme en techniek

Hoe vernieuwend het concept van de gemedieerde blik ook moge klinken, bij een eerste beschouwing dienen zich toch vooral klassieke tegenstellingen aan. Zo ligt het voor de hand spirituele van materiële mediatie te onderscheiden. De ziener, een spiritueel medium, verschaft toegang tot een hogere, voor normale stervelingen verborgen werkelijkheid of waarheid. Anderzijds verwijst mediatie naar de materialiteit bij uitstek: techniek. Ook bij reflectie op de effecten van de technische mediatie van onze waarnemingen dringen traditionele dichotomieën zich op: direct of indirect, bemiddeld of rechtstreeks. Al te vaak wordt techniek daarbij als een monoliet behandeld. Technieken zijn echter verschillend en hun effecten eens te meer. Dat komt mooi naar voren uit gedetailleerde studies van de gemedieerde blik, bijvoorbeeld in de populaire cultuur, de wetenschap of de geneeskunde, waarover we thans beschikken. Bij de empirische bestudering van technische mediatie wordt bovendien gemakkelijk over het hoofd gezien dat techniek altijd ingebed is in andere technieken. Technologie staat niet op zichzelf, maar verhoudt zich tot en gebruikt andere technieken. Juist de onderlinge interacties van technieken kunnen verrassende consequenties met zich meebrengen, zoals een aantal recente studies toont. In de zevende-*l*ige serie *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw* wordt het concept ‘innovatieknooppunt’ geïntroduceerd om de onderlinge wisselwerking van technieken te thematiseren. Op plaatsen waar verschillende technologieën elkaar ontmoetten, ontstonden in ons land vaak specifieke, onverwachte ‘innovaties op locatie’. Dichter bij het thema van de gemedieerde blik blijft de trend in mediastudies om media niet meer op zichzelfstaand, of in strenge opeenvolging te beschouwen, maar in onderlinge wisselwerking (Thornburn en Jenkins 2003). Dat is nodig ook, want de uitvinding van de televisie heeft de radio niet doen verdwijnen. En we lezen nog steeds de krant, al is het minder dan voorheen. Om de onderlinge interacties van verschillende, elkaar ogenschijnlijk opvolgende media in de greep te krijgen hebben Bolter en Grusin (1999) het concept ‘remediatie’ geïntroduceerd. Nieuwe media maken gebruik van bestaande conventies. Als derde en laatste illustratie van de these dat technologieën niet alleen op elkaar voortbouwen, maar in een complexe relatie tot elkaar kunnen staan, wil ik Annemarie Mols studie (2002) over de concurrentie tussen Doppler-scans en drukmetingen bij de bepaling van arteriosclerose in herinnering roepen.

De interacties tussen technologieën kunnen, getuige de bovenaangehaalde studies, uiteenlopende effecten sorteren: aanzetten tot innovaties, uitnodigen tot adap-

taties en overname van conventies, of het organiseren van concurrentie tussen praktijken. In dit artikel wil ik een vierde soort wisselwerking belichten. De interacties tussen in ontwikkeling zijnde media kunnen ook een nieuw probleem genereren, dat zich niet alleen in de praktijk manifesteert maar zich vooral ook op theoretisch niveau stelt. Ik zou in dat geval willen spreken van complementaire technologieën.

Een heraut van de moderniteit

Ik wil in dit artikel inzoomen op twee nieuwe media uit de negentiende eeuw, de fotografie en de phénakistiscoop. De fotografie zal in eerste instantie weinig vragen oproepen. Het is een uitvinding uit de late jaren dertig waarbij onmiddellijk twee aantekeningen op zijn plaats zijn. Aanvankelijk kende de fotografie meerdere procédés, die sterk van elkaar verschilden. Zo kende Talbots uitvinding wel een negatief, maar Daguerres procédé niet. Daguerreotypes waren daardoor moeilijk reproduceerbaar. Bovendien waren aanvankelijk belichtingstijden van meerdere minuten vereist. Daardoor konden bewegende objecten niet worden vastgelegd. Een fraaie illustratie daarvan vormt een in de Tweede Wereldoorlog verloren gegane daguerreotype uit 1838, waarop de Boulevard du Temple te Parijs geheel en al verlaten verschijnt. Met als enige uitzondering een schoenenpoetser die lang genoeg op één plek stilstond om wel een blijvende indruk op de gevoelige plaat achter te laten.



6

Illustratie 1: L.J.M. Daguerre, Boulevard du Temple (Parijs), daguerreotype uit 1838

Krisis 2005 | 1

Bron: H. Buddemeier (1970) *Panorama, Diorama, Photographie. Entstehung und Wirkung neuer Medien im 19. Jahrhundert. Untersuchungen und Dokumenten.* München, Wilhelm Fink Verlag, fotokatern volgend op p. 80.



Illustratie 2: Detail van de vorige daguerreotype: schoenenpoetser
Bron: idem.

De phénakistiscope heeft waarschijnlijk meer introductie. Deze uitvinding van de Belgische natuurkundige Joseph Plateau (1801-1883) is vooral bekend in kringen van filmhistorici. Het simpele apparaatje bestaat uit een schijf met een aantal radiale sleuven, gevat in een handvat. Op de achterkant staan figuurtjes getekend in verschillen-



Illustratie 3: Phénakistiscope (fantascope) van Joseph Plateau
Bron: Museum voor de Geschiedenis van de Natuurwetenschappen Universiteit Gent, foto M. Dorikens.

de stadia van een handeling of beweging. Door de schijf voor een spiegel te houden, rond te laten draaien en door een sleuf te kijken, krijgt men een bewegend beeld voor ogen. Plateau ontwikkelde de phénakistiscoop in 1832. Het jaar daarop behoorde het tot de favoriete kerstgeschenken. Door talloze fabrikanten werd het apparaatje, in verschillende versies en met uiteenlopende afbeeldingen op de schijven, geproduceerd. De phénakistiscoop bleef de hele negentiende eeuw een zeer gewild artikel.



Illustratie 4: Het deksel van een doos met phénakistiscoop, met gebruiksiillustratie, omstreeks 1860

Bron: P. Flick (1985) *Old toys*. Aylesbury, Bucks, Shire Publications, p. 14.

Geschiedenissen van de fotografie veronachtzamen van oudsher de phénakistiscoop. Andersom beschouwen voorgeschiedenissen van de film de fotografie als een gegevenheid die gereed lag om te worden toegepast bij de productie van 'levende' beelden. Historici van de fotografie en de film leefden in twee gescheiden werelden. De verhouding tussen fotografie en phénakistiscoop werd op scherp gezet door Jonathan Crary, in zijn boek *Techniques of the observer* (1990). Tot dat moment was het onomstreden dat de fotografie het belangrijkste nieuwe visuele medium van de negentiende eeuw vormde. Crary stelde dat ter discussie en vestigde de aandacht op minder bekende apparaatjes als de phénakistiscoop en de stereoscoop. Deze waren in zijn ogen van meer belang dan de fotografie. Het realisme van de fotografie bouwde in zijn ogen voort op achttiende-eeuwse representatiemodellen. De phénakistiscoop was een heraut van de moderniteit en toonde het belang van het lichaam van de waarnemer en de actieve betrokkenheid van het subject bij de perceptie. Deze twee principes kenmerken, volgens Crary, de moderne waarnemer, en treft men in de achttiende eeuw niet aan.

Crary's these heeft veel tongen losgemaakt. Het is hier niet nodig om een uitgebreid overzicht te geven van de commentaren en kritiek op Crary's these (zie daarvoor

Wachelder 2001). Omdat het mij hier te doen is om de verhouding tussen technieken, meer bepaald de phénakistiscope en de fotografie, beperk ik de bespreking van secundaire literatuur die op Crary reageert tot één publicatie. Laura Burd Schiavo gaat in haar bijdrage in de bundel *New media, 1740-1915* in op Crary's merkwaardige omdraaiing van de hiërarchie tussen stereoscoop en fotografie. Waar Crary de stereoscoop enkel gebruikt als vehikel om ontwikkelingen in de fysiologische optica mee te demonstreren, waarvan Schiavo het belang overigens niet aanvecht, wijst zij erop dat stereoscoop en fotografie een symbiotische relatie aangingen waar Crary aan voorbijgaat. De eerste versie van de stereoscoop, een uitvinding uit 1838 van de geniale Charles Wheatstone, maakte gebruik van tekeningen van eenvoudige geometrische figuren om een 3D-illusie op te roepen. Dat apparaat stelde inderdaad eerdere opvattingen over de (visuele) waarneming ter discussie en leidde tot nieuwe theoretische inzichten. Het instrument echter dat in de jaren vijftig mateloos populair werd, borduurde voort op een innovatie van David Brewster, en maakte gebruik van twee foto's waarvan het opnamestandpunt iets uit elkaar lag. In de populaire pers werd de stereoscoop daardoor opnieuw verbonden met een positivistische opvatting van de waarheid:

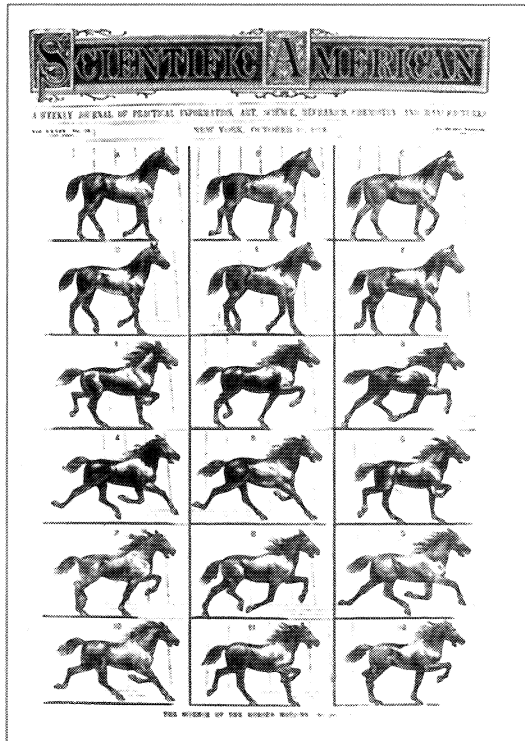
'With the conflation of two virtually concurrent technologies of vision – stereoscope and photography – the meaning of stereoscopic viewing was recast in the public imagination. Reconfigured as constituents of commercial photography, stereoscopic views were removed from the field of phenomenological inquiry and contained in the language of fine arts as models of mimetic representation' (Schiavo 2003, 121).

Complementaire technologieën

Waar Jonathan Crary fotografie en stereoscoop tegenover elkaar stelt, is het Laura Schiavo te doen om de interactie tussen beide technologieën. Een vergelijkbare, maar in haar consequenties spannender kritiek valt ook te geven ten aanzien van de relatie tussen fotografie en phénakistiscope. Crary zet de hiërarchie van fotografie en phénakistiscope weliswaar op zijn kop, maar het blijven in zijn beschouwingwijze technieken die niets met elkaar van doen hebben. Dat is merkwaardig. Historisch gezien ging de ontwikkeling en verbreiding van de phénakistiscope en de fotografie gelijk op. In beide gevallen betreft het visuele technologieën uit de jaren dertig die in de loop van de negentiende eeuw verder werden ontwikkeld. Beide technologieën stammen uit het domein van de wetenschap en hadden grote invloed op het domein van de kunsten en de populaire cultuur. Beide innovaties brachten nieuwe inzichten voort die ingebed werden in het negentiende-eeuwse vooruitgangsgeloof. Beide technologieën, zo wil ik betogen, waren op elkaar betrokken. Fotografie en phénakistiscope zijn op te vatten als complementaire technologieën die in onderlinge wisselwerking een nieuw probleem creëerden dat zich manifesteerde in het naturalisme in de kunsten en het streven naar (mechanische) objectiviteit in de wetenschap.

Daartoe dienen we ons te realiseren dat de phénakistiscope niet alleen een apparaatje was dat in huiselijke kring bewegende beelden voortoverde. De phénakistiscope werd ook ingezet in het laboratorium. Dat leidde tot een ware revolutie in de opvattingen over visueel waarnemen. Wat was het geval? Het instantane karakter van de gezichtsindruk was aan het begin van de negentiende eeuw een vanzelfsprekendheid. Anders dan muziek die zich in de tijd ontwikkelt, brengt een beeld zijn boodschap ogenblikkelijk over – althans dat dacht men. (Overigens kent het hedendaagse taalgebruik nog steeds talloze uitdrukkingen die suggereren dat iets in één oogopslag duidelijk wordt.) De phénakistiscope maakte voor de illusie van beweging echter gebruik van een fenomeen dat na verloop van tijd het nabeeld ging heten, het gegeven dat een gezichtsindruk een bepaalde tijdsduur standhoudt. Daarmee demonstreerde de phénakistiscope dat de tijdsdimensie er bij het zien toe doet. Dat revolutionaire inzicht werd gekoppeld aan twee andere inzichten waarvoor de phénakistiscope eveneens instrumenteel was. Het nabeeld was een effect dat tot uitdrukking kwam in de subjectieve ervaring van de waarnemer. Ten slotte was het mogelijk middels die nabeelden (subjectieve) kleureffecten te bewerkstelligen die men eerder niet onderkend had.

Voor het moment zullen we ons concentreren op de eerste twee eigenschappen van de visuele waarneming die de phénakistiscope demonstreerde, namelijk dat bij het zien de tijdsfactor ertoe doet en dat bij zien de subjectieve ervaring een belangrij-



Illustratie 5: Omslag van het tijdschrift *Scientific American* van 19 oktober 1878, lithografie naar de momentopnamen van Eadweard Muybridge.

ke rol speelt. De fotografie en de phénakistiscope werden gezien als hulpmiddelen die de wetenschap vooruit zouden helpen. De verwachting was dat alle wetenschappen zouden profiteren van de objectiviteit van de fotografische wijze van afbeelden (Frizot 1998). De phénakistiscope werd ingezet bij het fysiologische en (iets later) psychologische onderzoek van de gezichtszin. Uitkomst daarvan was dat steeds meer subjectieve aspecten van de visuele waarneming bekend werden. Aan het eind van de negentiende eeuw werd duidelijk dat objectieve, fotografische registratie en subjectieve waarneming wezenlijk van elkaar verschilden. Het onderzoek met de phénakistiscope onderstreepte het belang van de tijdsfactor bij het visueel waarnemen, terwijl de fotografie juist een tegengestelde ontwikkeling doormaakte waarbij de belichtingstijden steeds korter werden. Mannen als de Fransman Etienne-Jules Marey (1830-1904) en de Amerikaan Eadweard Muybridge (1830-1904) gingen met de zogenaamde momentfotografie aan de slag om beweging te ontleden. Bij nadere beschouwing viel op dat hun foto's een onnatuurlijke stasis toonden. In Frankrijk confronteerden Eugène Véron² en Georges Guérault³ deze momentfotografie met het principe van het nabeeld, waaraan zij een argument ontleenden om afbeeldingen een zekere wazigheid mee te geven.

Ook in Groot-Brittannië ontstond in de jaren negentig discussie over de vraag of de (moment)fotografie naturalistische afbeeldingen kon voortbrengen. De fotograaf P.H. Emerson (1856-1936) was gegrepen door het naturalisme. Zijn credo legde hij neer in een boek getiteld *Naturalistic photography for students of the art* (1889). Daarin zette hij zich expliciet af tegen P.H. Robinson die in *Pictorial effect in photography* (1869) een methode voor het maken van kunstfoto's uiteen had gezet. Robinson beval een techniek aan die neerkwam op het in één fotografisch beeld combineren van talloze (soms wel dertig) negatieven. Emerson daarentegen bepleitte een naturalistische fototechniek.⁴ Hij realiseerde zich echter dat het natuurgetrouw afbeelden van het object daarvoor niet langer volstond, maar dat de subjectieve ervaring van het kijken in de fotografische afbeelding verdisconteerd moest worden. Emerson maakte duidelijk dat om die reden naturalisme iets geheel anders was dan realisme.

'By naturalism it will be seen that we mean a very different thing from realism. The realist makes no analysis, he is satisfied with the moats and leaves out the sunbeam. He will, in so far as he is able, paint all the veins on the leaves as they really are, and not as they look as a whole. For example, the realist, if painting a tree a hundred yards off, would not strive to render the tree as it appears to him from where he is sitting, but he would probably gather leaves off the tree and place them before him, and paint as they looked within twelve inches of his eyes, and as the modern Pre-Raphaelites did, he might even imitate the local colour of the things themselves. Whereas the naturalist painter would care for none of these things, he would endeavour to render the impression of the tree as it appeared to him standing a hundred yards off, the tree taken as a whole, and as it looked, modified, as it would be by various phenomena and accidental circumstances' (Emerson 1889, 23, geciteerd in Turner en Wood 1974, 18-19).

Naturalisme moest verwijzen naar de waargenomen werkelijkheid in plaats van naar de vastgelegde werkelijkheid. Een foto moest de menselijke waarneming imiteren. Refererend aan Hermann van Helmholtz (1821-1894) ging het Emerson daarbij niet om optische scherpte maar om selectieve focus, waarbij sommige beeldonderdelen een soortement waas om zich heen kregen. Waar optische scherpte lange tijd als karakteristiek van een goedgelijkende afbeelding was beschouwd, haalde de nieuwverworven kennis over de visuele waarneming die overtuiging onderuit. Ullrich (2002, 381) noemt dat een van de grote ontdekkingen van de negentiende eeuw: 'Zu den großen Entdeckungen des 19. Jahrhunderts gehört die Unschärfe. Innerhalb kurzer Zeit wird sie in verschiedenen Bereichen relevant und verleiht den Diskursen über das Sehen sowie über Bilder neue Akzente.' Natuurgetrouwheid was een problematisch concept geworden.



Illustratie 6: P.H. Emerson Setting the bow net, platinum print, ca. 1885

Bron: Johnson et al. (2000) *Photography from 1839 to today*. Collectie George Eastman House, Rochester, N.Y. Köln etc., Taschen, p. 372.

Impressionisme en naturalisme

Niet alleen fotografen, maar ook schilders zetten zich uiteen met de nieuwe theorieën en praktijken die fotografie en phénakistiscope voortbrachten. De impressionisten waren eveneens gefascineerd door het moment, dat steeds andere indrukken voortbracht. Dat zette hen aan tot series van schilderijen met een en hetzelfde onderwerp, zoals de fameuze hooibergen van Claude Monet. Het streven van de impressionisten was eveneens indrukken vast te leggen. Maar ook de impressionisten stonden bloot aan het spanningsveld tussen objectieve weergave en individuele ervaring. Overigens zonder dat theoretisch te thematiseren, en eigenlijk zelfs zonder het zelf in de gaten te hebben. Het kleurgebruik dat zo kenmerkend is voor de impressionistische schilderpraktijk berustte namelijk op een misverstand, dat voortkwam uit dat spanningsveld. Dat vereist nadere uitleg.

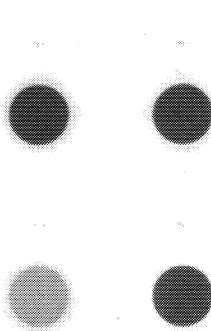
Zoals gezegd, de phénakistiscope demonstreerde rond 1830 het fenomeen van het nabeeld, *persistence of vision*, als een alledaags, normaal verschijnsel. Dat was iets nieuws (zie ook Wachelder 2001 en 2002). Rond diezelfde tijd merkte de Franse chemicus M.E. Chevreul vreemde kleurverschijnselen op, die zich eveneens onder alledaagse omstandigheden manifesteerden. In 1824 was Chevreul benoemd tot directeur van de Manufacture des Gobelins. Daar kampte men met het probleem dat kleuren die op staal wisten te overtuigen, in een geweven tapijt minder tot hun recht kwamen. Toen de scheikunde daar geen verklaring voor had, en ook in het verfproces geen fouten vielen te ontdekken, vond Chevreul het antwoord in de waarnemer. Het bleek dat wanneer men een aantal staaltjes van eenzelfde kleur na elkaar beziet, het laatste minder kleurrijk lijkt. Ook dat was een effect dat door het nabeeld kon worden verklaard. Daarnaast ontdekte Chevreul dat complementaire kleurparen die naast elkaar worden aangebracht, elkaar versterken. Dat verschijnsel moest eveneens gelokaliseerd worden in de subjectieve ervaring van de waarnemer. Om die nieuwe fenomenen te beschrijven introduceerde Chevreul een theoretische distinctie waarvan een enorme invloed zou uitgaan op het negentiende-eeuwse fysiologische en psychologische onderzoek naar de werking van de zintuigen. Hij maakte namelijk een onderscheid tussen simultaan, successief en gemengd contrast. Simultaan contrast betreft de onderlinge wisselwerking van kleuren die naast elkaar (in de ruimte) zijn aangebracht. De elkaar versterkende werking van een naast elkaar gelegen paar van complementaire kleuren, bijvoorbeeld. Successief contrast betreft (na)werking van kleuren in de tijd. Fenomenen in de categorie gemengd contrast maken gebruik van mechanismen in zowel ruimte als tijd.

Het onderscheid tussen simultaan en successief contrast was door Chevreul rond 1830 voor het eerst geformuleerd en werd onmiddellijk door Plateau opgepakt als (conceptueel) kader voor zijn experimenten (Wachelder 2001). Via Plateau namen andere wetenschappers die concepten weer over. De phénakistiscope speelde daarbij een belangrijke rol. De phénakistiscope was namelijk niet alleen een aardig speeltje, maar werd ook in het laboratorium gebruikt om successieve lichtpulsen te genereren. Door de rotatiesnelheid te variëren en te meten, kon men uiteenlopende gezichtsverschijnselen kwantitatief bestuderen. Het psychologisch onderzoek van de gezichtszin, dat in de tweede helft van de negentiende eeuw een enorme vlucht zou nemen, wordt vooral gekenmerkt door de kwantitatieve bestudering van successieve prikkels. Chevreuls onderscheid tussen simultaan en successief contrast, en Plateaus phénakistiscope droegen aan de ontwikkeling van dat soort onderzoek bij.

Chevreuls kleurenleer stimuleerde echter niet alleen de wetenschap. Chevreul stond als directeur van de Manufacture des Gobelins midden in de praktijk van het verven van textiel en zag veel toepassingsmogelijkheden voor zijn nieuwe kleurentheorie. De titel en de ondertitel van het boek waarin hij in 1839 zijn volledige theorie uiteenzette, maakt dat al duidelijk: *De la loi du contraste simultané des couleurs et de l'assortiment des objets colorés, considéré d'après cette loi dans ses rapports avec la peinture, les tapisseries des gobelins, les tapisseries de beauvais pour meubles, les tapis, la mosaïque, les vitraux colorés, l'impression*

des étoffes, l'imprimerie, l'enluminure, la décoration des édifices, l'habillement et l'horticulture (Parijs, Pitois-Levrault 1839, *accompagné d'un atlas contenant des planches*). De kunstnijverheid trok zich Chevreuls adviezen aan. Op de eerste wereldtentoonstelling in 1851 te Londen werd de superioriteit van Franse kunstnijverheidsproducten in verband gebracht met Chevreuls ontdekkingen. In Frankrijk zelf vonden Chevreuls ideeën verdere verspreiding via Charles Blanc, de drijvende kracht achter de *Gazette des beaux-arts*. Blancs *grammaire des arts du dessin* (1867), het standaardleerboek aan de *École des Beaux-Arts*. Via Blanc namen de Franse modernistische schilders kennis van Chevreuls kleurenleer. Zij leerden van Blanc dat Chevreul aanbeval in complementaire kleurparen te schilderen, wat inderdaad onder de impressionisten algemeen ingang vond. Zelfs in die mate dat sommige kunstcritici het veelvuldige gebruik van de complementaire paren rood/groen, indigo/oranje en violet/geel afdeden als 'indigomanie'.

Maar het overmatige gebruik van complementaire kleurparen dat de impressionisten aan Chevreul meenden te kunnen ontleen, berustte, zoals gezegd, op een misverstand. De verspreiding van Chevreuls gedachtegoed onder Franse schilders en kunstnijveraars verliep via Charles Blanc. Toen Blancs *Grammaire* in 1867 uitkwam, was de eerste druk van Chevreuls *De la loi du contraste simultané* al een jaar of vijftien uitverkocht. De kunsthistoricus Georges Roque heeft aangetoond dat Blancs interpretatie van Chevreul echter een aantal eigenaardigheden bevatte, en eigenlijk op een aantal misverstanden van Chevreuls oorspronkelijke tekst berustte. Ten eerste leerde Blanc dat Chevreul betoogde dat vooral complementaire kleuren een harmonieus verband teweegbrachten. Dat is onjuist want Chevreul onderscheidde zes fundamentele regels om harmonie te bewerkstelligen. Nog belangrijker is echter Blancs constatering dat Chevreul zou aanbevelen in complementaire kleurparen te schilderen. Dat was niet het geval. Chevreul had sommige platen in zijn atlas om didactische redenen toegevoegd, en dat ook expliciet in de begeleidende tekst van de eerste editie gesteld.

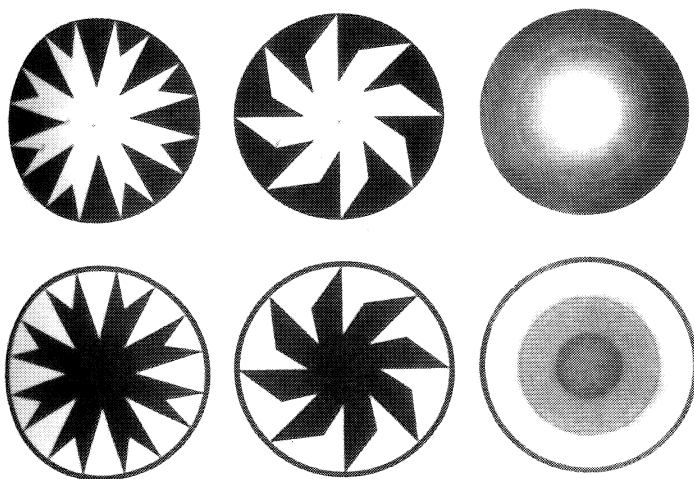


Met deze didactische afbeeldingen trachtte Chevreul de lezer bekend te maken met het effect dat kleuren in de waarnemer teweegbrachten. In de subjectieve ervaring, in het oog van de waarnemer, wordt de directe omgeving van een kleurvlak namelijk aangevuld met de complementaire kleur. De platen gaven bovendien niet het reële effect weer, maar waren om didactische redenen overdreven (*l'effet chargé*). Chevreul poogde een effect weer te geven dat geïnduceerd werd in de subjectieve ervaring. Blanc zag daarin een aanbeveling om met complementaire kleurenparen te schilderen.⁵ Maar Blancs interpretatie lag heel erg voor de hand. Wie door Chevreuls boek heen bladert, wordt in eerste instantie gegrepen door de afbeeldingen, en slaat de omvangrijke en wijdloopige uiteenzettingen licht over. Daarnaast is er een principieel punt in het geding. In hoeverre kan een schilder die geïnteresseerd is in het weergeven van een individuele ervaring die op een objectieve drager, het schilderslinnen, overbrengen? Om Roque te citeren:

'One could even say that the misinterpretation was not accidental but was in some sense inevitable. Chevreul felt obliged to exaggerate. He wanted to render visible an effect that is only induced in the mind, and this desire to make a psychic phenomenon readily apparent probably opened the way to misinterpretation, for the painters were equally eager to transfer their subjective perception of colors to the objective field of the canvas' (Roque 1996, 30).

Subjectief of objectief

De inversie van het probleem dat bij Chevreul opdoemde – hoe een fenomeen dat zich in de geest manifesteert af te beelden? – duikt op in het vroege werk van de fysicus en



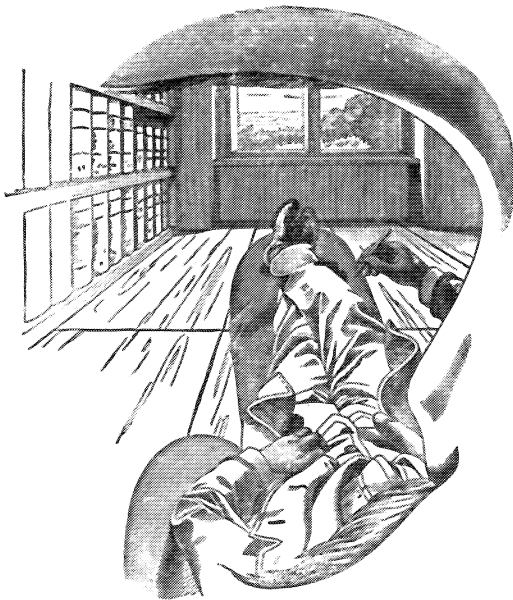
Illustratie 8: Links en rechts sectorschijven in rust. Rechts een beeld van de roterende schijven
Bron: Ernst Mach (1865) *Über die Wirkung der räumlichen Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut.* Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Wenen, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, 52, 2. Abtheilung, Tafel I. Afgebeeld in Wolf (2001, 299).

filosoof Ernst Mach. In de jaren tachtig maakte Mach, vergelijkbaar met Muybridge en Marey, gebruik van de momentfotografie om de effecten van kogels die met ultrasone snelheid bewegen en inslaan te onderzoeken (Hoffman en Berz 2001, Hoffmann 2002). Twee decennia eerder, aan het begin van zijn carrière was Mach begonnen de gezichtszin te onderzoeken (Wolf 2001). Hij experimenteerde met draaiende schijven, waarop radiale sectoren in wit en zwart waren aangebracht. Nu hadden W.H. Talbot in 1834 en een jaar later J. Plateau een wetmatigheid geformuleerd die het beeld dat ontstond bij het roteren van dit soort schijven beschreef. Als de draaisnelheid maar hoog genoeg was om de nabeelden in elkaar te laten overvloeien, zou volgens Talbot en Plateau een continue grijstint ontstaan, overeenkomstig het rekenkundig gemiddelde van de aangebrachte verhouding tussen wit en zwart. Dat was, zo constateerde Mach (1865), bij zijn speciaal geconstrueerde schijven met scherpe hoeken tussen de witte en zwarte vlakken echter niet het geval. Onder zijn ogen zag hij ringen en banden, discontinue overgangen tussen wit en zwart, opdoemen.

Om dit verschijnsel te kunnen analyseren en verklaren, riep Mach de hulp van de fotografie in. Tot zijn verrassing waren de door hem waargenomen banden ook op de foto te zien. Dat riep de vraag op hoe deze foto's geïnterpreteerd moesten worden. Als een objectieve registratie? Of als een objectieve registratie die we alleen maar subjectief waar kunnen nemen? Herta Wolf komt tot de volgende conclusie:

‘Erstaunlich ist nun, daß nicht nur der Beobachter, die von Mach beschriebenen Ringe sieht, sondern daß die Bänder an den Helligkeitswechsell (den konkaven oder konvexen Knicken beziehungsweise Krümmungen) auch auf den Fotografien der rotierenden Scheibe dargestellt werden. Weil aber Fotografien affine Transformationen der Ausgangsmaterialien darstellen und diese nach dem Gesetz keine Knicke zu sehen geben können, war Mach davon überzeugt (und alle späteren Forschungen bestätigen seine Annahme), daß die Ursache der “betrachteten Erscheinungen” nicht in den Objekten, sondern im Sehorgan, also in unserem “optischen Apparat” liegt. Wenn dies aber so ist, dann wird jede Fotografie – dank der organischen Funktionsweise des menschlichen Auges – subjektiv gesehen. Die Erscheinung der Machschen Bänder führt uns anschaulich für Augen, daß unsere subjektive Wahrnehmung nicht zwischen gemalten rotierenden Scheiben und objektiven fotografischen Repräsentationen dieser Scheiben zu unterscheiden weiß. (...) Damit wird deutlich, daß wir niemals in der Lage sind, eine Fotografie objektiv zu betrachten. (...) Aus diesem Befund resultiert die Divergenz zwischen fotografischer Aufzeichnung und der Wahrnehmung fotografiertes Bilder. Weil die Fotografie oder genauer gesagt deren Materialeigenschaften dem “Talbot-Plateauschen Gesetz” folgen, läßt sie sich der Physik und damit der Mathematisierung der Objektwelt einbinden und bleibt damit ein brauchbares Trägermedium von Experimenten. Andererseits lassen Fotografien sich einzig subjektiv betrachten, geben sie doch Erscheinungen zu sehen, die nicht aus den examinieren physikalischen Sachverhalten und somit aus der res extensa zu erklären sind’ (Wolf 2001, 300-301).

Mach was gefascineerd door zintuigfysiologisch onderzoek, en merkte in het voorwoord van *Die Analyse der Empfindungen* (1885¹) op tot zijn spijt niet de tijd te hebben zelf meer te experimenteren. Hij bouwde voort op recente vindingen in de zintuigfysiologie. Mach ontleende veel voorbeelden aan de kleurenleer. De naam van Ewald Hering (1834-1918), die antagonistische mechanismen in het netvlies introduceerde om effecten als simultaan en successief contrast te verklaren en daarover met zijn grote tegenstrever Hermann von Helmholtz felle debatten voerde (Turner 1994), duikt herhaaldelijk in Machs teksten op. Maar Mach was ook gevoelig voor het theoretische probleem dat het naturalisme stelde. Mach worstelde met de ontologische consequenties van de recent verworven inzichten. Hij trok de conclusie dat het onderscheid tussen subject en object niet langer als vertrekpunt van reflectie kon fungeren. In plaats daarvan stelde hij voor van *Empfindungen* (met een been in de buitenwereld, en het andere in de waarnemer) uit te gaan. Terwijl het onderscheid tussen subject en object statisch is, gaat het bij *Empfindungen* uit de aard der zaak om veranderingen in de tijd, om continuïteit.⁶ Om duidelijk te maken dat fysica, fysiologie en psychologie in principe hetzelfde onderwerp van studie hebben, introduceerde Mach de afbeelding die het gezichtsveld van het linkeroog aangeeft.⁷ Relaties in het gezichtsveld behoren tot het domein van de fysiologie, relaties daarbuiten tot de fysica, en als we de grens van de huid doorbreken komen we op het terrein van de psychologie.



Illustratie 9: Ernst Mach, *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*
Bron: Ernst Mach (1911⁶ [vermehrte Auflage], [1885¹]) *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*. Jena, Gustav Fischer, p. 15.

Ludwig Wittgenstein, één van de wegbereiders van de taal filosofie in de twintigste eeuw, heeft Machs afbeelding in zijn *Philosophische Bemerkungen* (paragraaf 213) onder vuur genomen. Volgens Wittgenstein (1984, 267-268) is iedere afbeelding onderwor-

pen aan de eigenaardigheden van het gezichtsvermogen, die men ten principale niet kan afbeelden:

‘Welchen Sinn hat es zu sagen: unser Gesichtsbild ist an den Rändern undeutlicher als gegen die Mitte? Wenn wir hier nämlich nicht davon reden, daß wir die physikalische Gegenstände in der Mitte des Gesichtsfeldes deutlicher sehen. Eines der klarsten Beispiele der Verwechslung zwischen physikalischer und phänomenologischer Sprache ist das Bild, welches Mach von seinem Gesichtsfeld entworfen hat, und worin die sogenannte Verschwommenheit der Gebilde gegen den Rand des Gesichtsfeldes durch eine Verschwommenheit (in ganz anderem Sinne) der Zeichnung wiedergegeben wurde. Nein, ein sichtbares Bild des Gesichtsbildes kann man nicht machen.’

Het fysische en het fenomenologische moesten volgens Wittgenstein ten principale gescheiden blijven. Binnen enkele decennia had zich een ware revolutie voltrokken. Rond 1840 werden phénakistiscoop en fotografie geïntroduceerd als hulpmiddelen om de natuur beter te bestuderen. Ze vervulden inderdaad die functie. Maar een onbedoeld effect van de wetenschappelijke aandacht voor de waarneming was dat de objectieve, natuurgetrouwe representatie binnen vijftig jaar problematisch was geworden.

Re-presentatie

Daston en Galison hebben in het nu reeds klassiek te noemen artikel *The image of objectivity* uit 1992 betoogd dat kennistheoretische termen als subjectiviteit en objectiviteit begrepen moeten worden in hun specifieke historische context. De technische mogelijkheden van een tijdperk zijn daarbij van cruciaal belang. De notie van objectiviteit, zo stellen zij, is een door en door negentiende-eeuws concept, en eng verbonden met het streven wetenschappelijke data op mechanische wijze te verwerven en te registreren. In de tweede helft van de negentiende eeuw werd het registrerend oog van de wetenschapper liefst vervangen door zelfstandig werkzame registratie-instrumenten, waaronder fotocamera's, onder het motto *Let nature speak for itself*. Dit ideaal van mechanische objectiviteit verschilt volgens Daston en Galison hemelsbreed van het ideaal en de praktijk van wetenschappelijk afbeelden in de achttiende eeuw, waarbij men *truth to nature* nastreefde. In die tijd moest de bemoeienis van de wetenschapper net de betrouwbaarheid van de waarneming garanderen. Enkel het geoefend oog van de wetenschapper kon beoordelen of en in hoeverre waarnemingen als representatief, typisch of uitzonderlijk aangemerkt moesten worden. In de tweede helft van de negentiende eeuw werd onder objectiviteit iets geheel anders verstaan. Toen werden waarnemingen enkel als betrouwbaar aangemerkt als de wetenschapper uiterste terughoudendheid had betracht. Daston en Galison (1992, 82) beschrijven die terughoudendheid in normatieve termen als een ethiek van zelfbeperking die de wetenschapper zich op moest leggen. Toch vertellen ze in hun op zich fraaie en uiterst waardevolle analyse van het ontstaan van het ideaal van mechanische objectiviteit

slechts de halve waarheid. Waar zij aan voorbijzien is dat interacties tussen nieuwe technologieën, zoals tussen de phénakistiscoop en de fotografie, duidelijk maakten dat de automatische, technisch gemedieerde waarneming en registratie niet alleen beter waren dan de menselijke waarneming, in de zin van onvermoeibaarder, objectiever of sneller, maar daar ook fundamenteel van verschilden. Precies dat betoogt ook Joel Snyder in diens bijdrage aan de bundel *Picturing science producing art*.

‘Daston and Galison view the adoption of what they call “mechanical, or noninterventionist objectivity” as an expression of what they claim was the growing fear (beginning in the 1830s) of subjectivity in science and of the moral necessity of “censuring some aspects of the personal”. I am uneasy with the notion that the objective/subjective opposition (in which objectivity, in any of its specific guises, is characterized as a constraint of the personal) fits Marey’s program of graphic and photographic visualization. It is misleading to view Marey’s enterprise as one in which mechanized monitoring and inscribing devices function as more tireless workers than human observers, or as disinterested observers, or to think that his detectors provide better observations than humans can on their own. (...) The graphic data show what otherwise cannot be found in the realm of events and processes detectable by human beings and accordingly, questions concerning the reliability or accuracy of machine-generated visualizations cannot be answered by recourse to a human arbitrator, no matter how exquisitely sensitive or impartial’ (Snyder 1998, 380).

Snyder hamert erop dat de data die Mareys instrumenten genereerden een ander bereik bestrijken dan de menselijke zintuigen. Nu is dat voor de chronofotografie evident omdat die beweging op een voor het menselijk oog onnavolgbare wijze ontleedt, maar voor de doorsneefotografie op het eerste gezicht problematischer. Ook wijst hij er enigszins terloops op dat er een fundamenteel verschil bestaat tussen het inzetten van optische hulpmiddelen als een microscoop of telescoop en Mareys grafische en chronografische methode.

‘Microscopes and telescopes function as aids to vision in a way that neither the graphic nor the chronographic methods can. A scientist looking through a telescope sees Io or Ganymede and not pictures of them. In Marey’s procedures, the data are realized by the machinery in the form of visualizations – inscriptions, graphs, pictures. There is no moment during the operation of the instruments in which a scientist can take a peek at anything that might remotely approximate the results of the mechanical, data gathering operation. In Marey’s program, the visualized data produced by the inscribing mechanisms have no existence apart from their realization’ (Snyder 1998, 383).

Nu valt er op Snyders argumentatie, en met name op de vergelijking tussen de microscoop cq. telescoop en mechanische registratie-instrumenten, wel wat af te dingen. In principe mag hij gelijk hebben, in de wetenschappelijke praktijk van alledag werd de

communicatie over microscopische en telescopische waarneming vrijwel altijd bemiddeld door afbeeldingen (Winkler en Van Helden 1992, Van Helden 1994, Wilson 1995, Ruestow 1996, Fournier 1996). Maar dat doet niets af aan Snyders fundamentele stelling dat de mechanische inscriptie van een principieel andere orde is dan de menselijke waarneming. Om die stelling te onderbouwen lijkt het mij echter overtuigender te wijzen op de effecten van interactie tussen negentiende-eeuwse technieken als de phénakistiscope en de fotografie, dan mechanische registratie-instrumenten te vergelijken met zeventiende-eeuwse optische hulpmiddelen als de microscoop en de telescoop. Snyder vraagt zich af of Mareys inscripties nog wel representaties genoemd mogen worden. Er wordt immers iets geregistreerd dat zich aan de menselijke waarneming onttrekt.

‘Marey refers indifferently to the records produced by the methods as “curves”, “notations”, and “tracings”, though he sometimes lapses into saying they “represent” certain kinds of movements. I do not want to be overly fastidious about the use of “represent”, but I do want to insist that these records, if they are to be thought of as representations, are not to be confused with pictures. If representation is a matter of re-presenting, it is difficult to imagine what the “re” might apply to in cases like the inscriptions produced on a sheet of paper by pressurized rubber balls glued to the hooves of an ambling horse’ (Snyder 1998, 388).

Maar de verhouding tussen presentatie en re-presentatie, of tussen waarneming en afbeelding is in de late negentiende eeuw al op een fundamenteeler niveau problematisch geworden, als een effect van de interacties tussen phénakistiscope en fotografie, zoals in de voorafgaande paragrafen is uiteengezet. De principiële verschillen tussen het menselijk waarnemen en de gemedieerde representatie, waarvan in het bovenstaande de negentiende-eeuwse wortels zijn blootgelegd, zijn voor een goed begrip van twintigste-eeuwse ontwikkelingen in mediatechnologie van groot belang. Galison (1998) constateert in zijn bijdrage aan de bundel *Picturing science producing art* dat in twintigste-eeuwse wetenschappelijke illustraties het oordeel van de wetenschapper meer op de voorgrond treedt. Die nieuwe praktijk van wetenschappelijk afbeelden kenschetst hij als *the interpreted image* en gaat vergezeld van veranderingen in de sociaal-culturele positie en het zelfbeeld van wetenschappers. Zeker zo belangrijk, zou ik willen betogen, is de kloof tussen subjectieve ervaring en objectieve registratie die in de negentiende eeuw wordt blootgelegd. Ook voor de reflectie op eigentijdse nieuwe media is dat onderscheid van belang. Veel theoretici van het digitale tijdperk maken een simpele *shortcut* tussen de eigenschappen van de digitale representatie en de menselijke ervaring (Lenoir 2004). Dat digitale representaties geen eenduidige referent meer hebben, hoeft echter geenszins te betekenen dat de waarneming in het digitale tijdperk *disembodied* raakt. Door representatie en ervaring helder van elkaar te onderscheiden, ontstaat ruimte voor een postfenomenologische benadering van de digitale cultuur (Hansen 2004).

Noten

- 1 Met dank aan Ruth Benschop, Pieter Caljé en Renée van de Vall voor hun stimulerend commentaar en aan Sjoerd Stoffels voor de hulp bij de reproductie van de afbeeldingen.
- 2 'Photography doesn't give movement precisely because it only seizes fixed attitudes. (...) The first obligation of art is to accommodate the physiological conditions of humanity' (Eugène Véron (1878) *L'esthétique*. Parijs, Reinwald, 29, geciteerd in Braun 1992, 272).
- 3 'In 1882 the question of the persistence of vision was again taken up by the critic Georges Guérout in the *Gazette des Beaux Arts* when he posed the problem whether artists should paint exactly what they see as it is seen – which according to the theory of the persistence of vision, would be a blur – or whether they should choose a moment appropriate to the exigencies of art among the impressions given to the eye. Guérout made direct reference to Muybridge's photographs and to those "American painters" (whom he does not name) who accepted them as a revelation in depicting locomotion. The Americans err, Guérout explained, because "ocularly speaking (...) Muybridge's photographs are false, since they give us a sharp image at the moment when, on account of the speed and the persistence of the impressions on our retina, we only see a confused image whose form participates in the preceding and following positions at the same time. In the way the human eye is constituted, it is certain that it has never seen and will never see the horse galoping as it is shown in these drawings".' (Georges Guérout (1882), *Formes, couleurs et mouvements*. *Gazette des Beaux Arts*, ser. 2, 25, 179, geciteerd in Braun 1992, 272/4).
- 4 'Nature (Emerson indicated) is so subtle that it is impossible to do this sort of patchwork and represent her. Even if the greater truths be registered, the lesser truths, still important, cannot be obtained, and the softness of line is entirely lost. The relation of the figure to the landscape can never be truly represented in this manner' (Emerson 1889, 199, geciteerd in Handy 1994, 17).
- 5 'A second misunderstanding shared by Blanc (...) was the belief that Chevreul recommended that artists paint complementary contrasts. Chevreul's book itself, may have contributed to this misapprehension. (...) Chevreul has "illustrated" his law for pedagogic reasons. A reader could therefore interpret the plates as an example to be followed, forgetting the chemist's warning at the beginning of the album. "The figures are intended to familiarize the reader with the effect the red, the green ... tend to induce in ourselves when they make the surrounding surfaces look like their complementary color. ... The figures do not represent the real effect, but the exaggerated effect [*l'effet chargé*], that is, the space contiguous to each circle has received a light tint of the color complementary to the color to (sic, of) the circle".' (M.E. Chevreul (1839) *Atlas*. Parijs, bijschrift bij plaat ii, geciteerd in Roque 1996, 30).
- 6 'Nicht das Ich ist das Primäre, sondern die Elemente (Empfindungen). (...) Das Ich ist keine unveränderliche, bestimmte, scharf begrenzte Einheit. Nicht auf die Unveränderlichkeit, nicht auf die bestimmte Unterscheidbarkeit von andern und nicht auf die scharfe Begrenzung kommt es an, denn alle diese Momente variieren schon im individuellen Leben von selbst, und deren Veränderung wird vom Individuum sogar angestrebt. Wichtig ist nur die Kontinuität' (Mach 1911⁶ [1885¹], 19).

- Braun, M. (1992) *Picturing time. The work of Etienne-Jules Marey (1830-1904)*. Chicago en Londen, The University of Chicago Press.
- Bolter, J. en R. Grusin (1999) *Remediation. Understanding new media*. Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Crary, J. (1990) *Techniques of the observer. On vision and modernity in the nineteenth century*. Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Daston, L. en P. Galison (1992) The image of objectivity. *Representations* 40, pp. 81-128.
- Emerson, P.H. (1889) *Naturalistic photography, for students of the art*. Londen, Sampson Low, Marston, Searled & Rivington Limited, St. Dunstan's House, Fetter Lane, Fleet Street.
- Fournier, M. (1996) *The fabric of life. Microscopy in the seventeenth century*. Baltimore en Londen, The Johns Hopkins University Press.
- Frizot, M. (1998 [1994¹]) *A new history of photography*. Köln, Könemann.
- Galison, P. (1998) Judgment against objectivity. In: C.A. Jones en P. Galison (red.) *Picturing science producing art*. New York/Londen, Routledge, pp. 327-359.
- Geimer, P. (2002) (red.) *Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie*. Frankfurt am Main, Suhrkamp.
- Handy, E. (1994) *Pictorial effect, naturalistic vision. The photographs and theories of Henry Peach Robinson and Peter Henry Emerson*. Norfolk Va., The Chrysler Museum.
- Hansen, M.B.N. (2004) *New philosophy for new media*. Cambridge Mass./Londen, The MIT Press.
- Helden, A. van (1994) Telescopes and authority from Galileo to Cassini, *Osiris* 9, pp. 9-29.
- Hoffmann, Ch. (2002) Die Dauer eines Moments. Zu Ernst Machs und Peter Salchers ballistisch-fotografischen Versuchen 1886/1887. In: P. Geimer (red.) *Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie*. Frankfurt am Main, Suhrkamp, pp. 342-377.
- Hoffmann, Ch. en P. Berz (red.) (2001) *Über Schall. Ernst Machs und Peter Salchers Geschoßfotografien*. Göttingen, Wallstein Verlag.
- Jones, C.A. en P. Galison (red.) (1998) *Picturing science producing art*. New York/Londen, Routledge.
- Lenoir, T. (2004) Haptic vision. Computation, media, and embodiment in Mark Hansen's new phenomenology. In: M.B.N. Hansen (red.) *New philosophy for new media*. Cambridge Mass./Londen, pp. xii-xxvii.
- Mach, E. (1865) *Über die Wirkung der räumlichen Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut*. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (Wenen). Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, Bd. 52, II. Abtheilung, pp. 303-322.
- Mach, E. (1866) *Über wissenschaftliche Anwendungen der Photographie und Stereoskopie*. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (Wenen), Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, Bd. 54, II. Abtheilung, pp. 123-126.
- Mach, E. (1866) *Über den physiologischen Effect räumlich Vertheilter Lichtreize (Zweite Abhandlung)*. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (Wenen). Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, Bd. 54, II. Abtheilung, pp. 131-144.
- Mach, E. (1866) *Über die physiologische Wirkung räumlich Vertheilter Lichtreize (Dritte Abhandlung)*. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (Wenen). Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, Bd. 54, II. Abtheilung, pp. 393-408.
- Mach, E. (1868) *Über die physiologische Wirkung räumlich Vertheilter Lichtreize (Vierte Abhandlung)*. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (Wenen). Mathematisch-

- Naturwissenschaftliche Classe, Bd. 57, II. Abtheilung, pp. 11-19.
- Mach, E. (1911⁶ [vermehrte Auflage] [1885¹]) *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*. Jena, Gustav Fischer.
- Mol, A. (2002) *The body multiple. Ontology in medical practice*. Durham en Londen, Duke University Press.
- Roque, G. (1996) Chevreul and impressionism. A reappraisal. *The Art Bulletin* 78, 1, pp. 25-39.
- Roque, G. (1997) *Art et science de la couleur. Chevreul et les peintres, de Delacroix à l'abstraction*. Nîmes, Éditions Jacqueline Chambon.
- Ruestow, E.G. (1996) *The microscope in the Dutch republic. The shaping of discovery*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Schiavo, L.B. (2003) From phantom image to perfect vision. Physiological optics, commercial photography and the popularization of the stereoscope. In: L. Gitelman en G.B. Pingree (red.) *New media 1740-1915*. Cambridge, Mass./Londen, The MIT Press, pp. 113-137.
- Schot, J., H. Lintsen, A. Rip en A.A. de la Bruhèze (red.) (1998-2003) *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw (zeven delen)*. Zutphen, Stichting Historie der Techniek/Walburg Pers.
- Thornburn, D. en H. Jenkins (2003) *Rethinking media change. The aesthetics of transition*. Cambridge, Mass./Londen, The MIT Press.
- Snyder, J (1998) Visualization and visibility. In: C.A Jones en P. Galison (red.) *Picturing science producing art*. New York/Londen, Routledge, pp. 379-397.
- Turner, P. en R. Wood (1974) *P.H. Emerson. Photographer of Norfolk*. Londen, Gordon Fraser.
- Turner, R.S. (1994) *In the eye's mind. Vision and the Helmholtz-Hering controversy*. Princeton N.J., Princeton University Press.
- Ullrich, W. (2002) Unschärfe, Antimodernismus und Avantgarde. In: P. Geimer (red.) *Ordnungen der Sichtbarkeit. Fotografie in Wissenschaft, Kunst und Technologie*. Frankfurt am Main, Suhrkamp, pp. 381-412.
- Wachelder, J. (2001) Nachbilder, Natur und Wahrnehmung. Die frühen optischen Untersuchungen von Joseph Plateau. In: G. Dürbeck e.a. (red.) *Wahrnehmung der Natur - Natur der Wahrnehmung. Studien zur Geschichte visueller Kultur um 1800*. Dresden, Verlag der Kunst, pp. 251-273.
- Wachelder, J. (2002) Kleur en abstractie. Mondriaan, Rothko en hun toeschouwers. *Krisis* 3, 4, pp. 6-26.
- Wilson, C. (1995) *The invisible world. Early modern philosophy and the invention of the microscope*. Princeton N.J., Princeton University Press.
- Winkler, M.G. en A. van Helden (1992) Representing the heavens. Galileo and visual astronomy. *Isis* 83, 2, pp. 95-114.
- Wittgenstein, L. (1984 [1964¹]) *Philosophische Bemerkungen*. Aus dem Nachlaß herausgegeben von Rush Rhees. Frankfurt am Main, Suhrkamp Verlag [Oxford, Basil Blackwell].
- Wolf, H. (2001) Die Divergenz von Aufzeichnen und Wahrnehmen. Ernst Machs erste fotografiegestützte Experimente. In: Ch. Hoffmann en P. Berz (red.) *Über Schall. Ernst Machs und Peter Salchers Geschloßfotografien*. Göttingen, Wallstein Verlag, pp. 289-314.