De derde commentaar van Lorenzo Ghiberti in verband met de middeleeuwsche optiek

DE DERDE COMMENTAAR VAN LORENZO GHIBERTI IN VERBAND MET DE MIDDELEEUWSCHE OPTIEK

Diss. Utrecht 1940

DE DERDE COMMENTAAR VAN LORENZO GHIBERTI IN VERBAND MET DE MILDELEEUWSCHE OPTIEK

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN DE LETTEREN EN WIJSBEGEERTE AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS Dr. H. R. KRUYT, HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE, VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAAT DER UNIVERSITEIT, TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER LETTEREN EN WIJSBEGEERTE OP VRIJDAG 20 SEPTEMBER 1940 TE 4 UUR

DOOR

Med. Dr. GEZIENUS TEN DOESSCHATE,

GEBOREN TE ZWOLLE.

DRUKKERIJ HOONTE N.V. — WILLEMSTRAAT — UTRECHT

AAN

ANTONIUS ALOYSIUS JURRIAAN KRAMER.

DE DERDE COMMENTAAR VAN LORENZO GHIBERTI IN VERBAND MET DE MIDDELEEUWSCHE OPTIEK

Lorenzo Ghiberti (1378—1455) heeft, waarschijnlijk in zijn laatste levensjaren, een boek geschreven, dat bekend is geworden onder den naam *Commentarii. Julius von Schlosser* heeft dit werk in 1912 uitgegeven (L. Ghiberti's Denkwuerdigkeiten in zwei Baenden) en hij heeft hierbij voornamelijk gebruik gemaakt van een copie van het origineele handschrift die in Florence bewaard wordt. (Bibl. Naz. ; Magliabechiana Cod. XVII, 33). Deze copie is niet voltooid. Het is mogelijk dat Ghiberti zelf zijn geschrft niet heeft kunnen voltooien of dat de afschrijver zijn werk niet voleindigd heeft. Ook moet men aan de mogelijkheid denken, dat de laatste bladzijden van het oorspronkelijke manuscript verloren geraakt zijn, zoodat de copiist slechts een onvolledig afschrift heeft kunnen vervaardigen.

De Commentarii zijn bijna geheel in het Italiaansch geschreven. Aan de eerste en tweede Commentaar heeft *von Schlosser* vele uitvoerige aanteekeningen toegevoegd. De *derde Commentaar*, die hier besproken zal worden, heeft den uitgever vele moeilijkheden gegeven. Dit gedeelte van *Ghiberti's* tractaat, dat 52 van de 65 foliovellen van het geheele afschrift in beslag neemt, is hoofdzakelijk gewijd aan de bespreking van onderwerpen die met de Optiek in verband staan.

Von Schlosser heeft geaarzeld of hij deze 3e Commentaar wel zou uitgeven. „Trotz veilfacher Bemuehungen war es mir nicht moeglich, eine geeignete Kraft unter den spaerlich gesaeten Historikern der mittelalterlichen Optik (unter denen *Hirschberg* in Berlin und *Albertotti* in Padua an erster Stelle stehen) zu gewinnen, der Musse und Neigung gehabt haette, sich mit der sehr muehsamen und voraussichtlich recht undankbaren Revision und Erklaerung des Ghibertischen Textes zu befassen". Toch heeft *von Schlosser* het als „eine Ehrenpficht der modernen Forschung" beschouwd het geschrift in zijn vollen omvang te publiceeren. Wanneer men het werk gaat lezen komt men spoedig tot het inzicht dat het zeer moeilijk is de waarde er van te beoordeelen. De eerste indruk die men krijgt is dat het boek het werk schijnt te zijn van een veelzijdigen en kritischen geleerde, die de verschillende meeningen van zijn voorgangers

weergeeft en die daarna zijn eigen meening zegt. Bij nader onderzoek blijkt het dat het zeer bezwaarlijk, ja dikwijls zelfs onmogelijk is, een goeden indruk te krijgen. De stijl is niet homogeen, de interpunctie laat dikwijls te wenschen over en is vaak verwarrend. Een aantal woorden is verkeerd geschreven en dikwijls onbegrijpelijk. Enkele malen wordt de bespreking van een bepaald onderwerp plotseling onderbroken terwijl dan eenige bladzijden verder het vervolg van deze bespreking te vinden is. Verder komt er een aantal beschrijvingen van figuren met letters voor, terwijl deze figuren zelf niet in de tekst te vinden zijn. Vele jaren geleden heb ik getracht het werk te vertalen, waar de genoemde factoren hebben mij genoodzaakt mijn poging te staken.

Het was bekend dat enkele passages uit het boek vertalingen van oudere Latijnsche teksten waren. Daarom rees bij mij het vermoeden dat de andere deelen van het geschrift ook wel eens niet origineel zouden kunnen zijn. Het was echter geen gemakkelijke taak in de uitgebreide middeleeuwsche literatuur de bronnen te vinden. Na zeer lang zoeken is het mij gebleken, dat Ghiberti op het gebied van de optiek niets nieuws beweerd heeft.

In de 3e Commentaar wordt over de perspectief niet gesproken. Dat *Ghiberti* zich wel hiervoor interesseerde blijkt uit eenige passages in de eerste Commentaar. Op p. 4 stelt hij de eisch dat zoowel de beeldhouwer als de schilder in de „Prospectiva" ervaren moeten zijn. En wanneer op p. 24 het bekende verhaal uit *Plinius* (Nat. Hist. XXXV, 11) besproken wordt zegt *Ghiberti* dat *Apelles* en *Protogenes* zich wel niet gemeten zullen hebben in het trekken van haarfijne lijnen, maar dat zij wedijverden in het teekenen van „una conclusione in prospettiva apartenente all' arte della pictura" (!). Dat *Ghiberti* zich voor de optiek interesseerde behoeft ons niet te verwonderen. Want, afgezien van het feit, dat de beeldende kunstenaar uit den aard van de zaak in de zichtbare verschijningsvormen der wereldsche objecten belang moet stellen, moeten wij ook rekening houden met het feit dat gedurende *Ghiberti's* leven in Florence *Filippo Brunelleschi* en *Leon Battista Alberti* zich met de theoretische perspectief bezig hielden en men mag vermoeden dat *Ghiberti* (die ook teekenaar was — men denke b.v. aan het ontwerp voor de glazen van de Dom te Florence 1424, die door *Bernardo di Francesco* in 1443 uitgevoerd werden), van het geschrift „della Pittura" van *Alberti* kennis genomen heeft. Dat *Ghiberti* zelf nieuwe vondsten op het gebied van de schildersperspectief of van de reliefperspectief gedaan heeft blijkt niet uit de 3e Commentaar.

Het is mij gelukt aan te toonen dat het geheele derde deel (met uitzondering van p. 61—65, waar over eenige antieke kunstwerken gesproken wordt) *niets origineels* bevat, maar dat wij hier een aaneenschakeling van min of meer nauwkeurige vertalingen van passages uit boeken van oudere schrijvers voor ons hebben.

De bronnen waaruit Ghiberti geput heeft zijn :

1. *Vitrivius*, de Architectura (geschr. omstreeks 25 v. C.)
2. *Alhazen* (gest. omstr. 1038 n. C.), Optica.
3. *Avicenna* (gest. 1037), Canon Medicinae.
4. *Averroës* (gest. 1198), Liber de Medicina.
5. *Witelo* (gest. omstr. 1270), Perspectiva.
6. *Joannes Peckham* (gest. 1292), Perspectiva communis.
7. *Roger Bacon* (gest. omstr. 1293), Opus Majus.

Ghiberti noemt de namen van *Bacon* en *Peckham* niet ; het is mogelijk dat hij deze schrijvers met *Alhazen* en *Witelo* samenvat onder den naam „auctori della prospectiva". Dat hij de namen van zijn bronnen opzettelijk verzwijgt is niet waarschijnlijk daar hij op p. 187 zegt : „*Alacen* nel quinto capitolo delle imagine. . .", terwijl hij dan een vertaling van het hoofdstuk laat volgen. De vele namen van oude schrijvers, welke in de 3e Commentaar genoemd worden en die, op het eerste gezicht, den indruk wekken dat *Ghiberti* zoo zeer belezen was, komen bijna allen voor in de passages die aan *Bacon* ontleend zijn.

Men zou kunnen vermoeden dat datgene, wat als 3e Commentaar bekend geworden is, slechts als een verzameling van excerpten die *Ghiberti* voor eigen gebruik vervaardigd had en die niet voor publicatie bestemd waren, beschouwd moet worden. Ten onrechte zouden deze notities dan later als een vervolg op de andere Commentaren toegevoegd zijn.

Tegen deze opvatting pleit echter het volgende : het 3e boek begint met een voorwoord : „Singularissimo etc." en deze inleiding is ontleend aan het prooemium van het 5e boek van *Vitruvius*. Deze aanhef en het begin van paragraaf 11 (p. 91), waar wij lezen : „O Nobilissimo etc." maken het echter waarschijnlijk dat *Ghiberti* toch wel de bedoeling gehad heeft dit geschrift aan iemand op te dragen.

Het is duidelijk dat de excerpten verkeerd gerangschikt zijn. Op p. 98 wordt een passage uit *Bacon's* Opus Majus onderbroken om op p. 107 vervolgd te worden. En de vertaling van een passus uit *Peckham's* geschrift die op p. 126 abrupt eindigt, vindt zijn voortgang op p. 133.

Ik kan niet uitmaken of de verkeerde schrijfwijze van vele woorden aan *Ghiberti* of aan den copiist geweten moeten worden. Men weet niet of *Ghiberti* zelf de Italiaansche vertalingen vervaardigd heeft. Het feit dat bijna het geheele boek in het Italiaansch geschreven is, terwijl alleen de passage over de anatomie van het skelet in het Latijn is, zou kunnen doen vermoeden dat de excerpten overgenomen zijn in de taal waarin de bronnen geschreven waren en dat *Ghiberti* Italiaansche vertalingen van *Alhazen*, *Witelo*, *Peckham* en *Bacon* tot zijn beschikking gehad heeft. (Een Italiaansche vertaling van *Alhazen's* Optica uit de 14e eeuw is in de Bibliotheek van het

Vaticaan te vinden vgl. *Narducci*, Bolletino di bibliografia e di storia delle scienze mathematiche e fisiche IV, Rome, 1871, p. 7 vlg.)

Zooals boven reeds gezegd wordt schrijft *Ghiberti* in de 3e Commentaar niet over de nieuwe vorderingen op het gebied van de perspectief. Wel vermeldt hij, aan het einde van zijn geschrift, de belangrijke plaats uit het werk van *Vitruvius*, waar over het begin van de theoretische perspectiefleer bij de Grieken gesproken wordt.

Het begin van de oorspronkelijke passage bij *Vitruvius* luidt : „Namque primum *Agatharchus* Athenis *Aeschylo* docente tragoediam scaenam fecit et de ea commentarium reliquit. Ex eo moniti *Democritus* et *Anaxagoras* de eadem re scripserunt etc...." (Proöemium Lib. VII). In de vertaling bij *Ghiberti* lezen wij : (p. 232) „*Aghatarco* in Athene... amaestrante fece tragedie alla scena esse commentario lasciò però *Monisti* et *Democrito* et *Anaxagoro* di quello medesimo scrissono..." Hier wordt dus *Vitruvius'* „Moniti" verkeerdelijk tot een wonderlijke eigennaam gemaakt, wat ook uit het vervolg blijkt : „de medesime che furono picte per Aghatarco et *Monisti* et Democrito et Anaxagoro..." Dergelijke vergissingen maken het begrijpen van de tekst, wanneer men de bronnen niet kent, dikwijls onmogelijk.

Hierachter volgt een tabel waar de *overeenkomstige plaatsen* uit het werk van *Ghiberti* en uit zijn bronnen naast elkaar geplaatst zijn.

Hierbij worden de volgende *afkortingen* gebruikt :

V. — Vitello, Perspectiva. (Ed. Risner).

A. — Alhazen, Optica. (Ed. Risner).

B. — Roger Bacon, Opus Majus. (Ed. Bridges).

P. — Joannes Peckham, Perspectiva communis. (Ed. Gauricus).

Avr. — Averroës, Liber de Medicina.

Av. — Avicenna, Canon Medicinae.

Ghiberti	
p. 55	Vitrivius vgl. v. Schlosser B. p. 2.
56	V. Lib. II Definitiones 1, 3, 2, 4, 5, 6, 7, 8.
57	V. Lib. II Petitiones 3, 1. Theor. 26, 27, 28. Lib. IV Theor. 145, 146.
58	A. Lib. I § 1.
59	A. I § 1.
60	,,
61	,, Beschrijving van vier
62	antieke kunstwerken
63	,,
64	,,
65	Vervolg A I § 2
66	,, § 3
67	B. p. 12 ; p. 4
68	,, p. 4, 5.
69	,, p. 13, 14
70	,, p. 14, 15
71	,, p. 15, 16
72	,, p. 16, 17
73	,, p. 17, 18
74	,, p. 18, 19
75	,, p. 19, 20
76	,, p. 20, 21
77	,, p. 21, 22
78	,, p. 22, 23, 26
79	,, p. 26
80	,, p. 26, 27
81	,, p. 27, 28, 29
82	,, p. 29, 30
83	,, p. 30, A. II, § 62
84	A. II. § 63, § 64
85	,, ,, § 64
86	A. II. § 65
87	B. p. 30, 31
88	,, p. 31, 32
89	,, p. 32, 33
90	,, p. 33, 34
91	,, p. 34, 35
92	B. p. 35, 36
93	,, p. 36, 37
94	,, p. 37, 38, 39
95	,, p. 39, 40
96	,, p. 40, 41

Ghiberti	
p. 97	B. p. 41
98	,, p. 42, 43, A II, § 46
99	A. II § 47
100	,, ,, § 49
101	,, ,, § 50
102	,, ,, § 50
103	,, ,, § 50
104	,, ,, § 50
105	A. II 59, 60, 61 (vgl. v. Schlosser p. 91 2e dl.)
106	,, ,,
107	B. p. 43, 44
108	,, p. 44, 45
109	,, p. 45, 46
110	,, p. 46, 47, 48
111	,, p. 48, 49
	P.Conclusiones35, 36, 37, 38
112	,, ,, 38, 39, 40, 41
113	,, ,, 41, 42, 43, 44
114	,, ,, 44, 45, 46.
115	,, ,, 47, 50, 19, 20
116	,, ,, 28, 29, 30
117	,, ,, 32, 31
118	,, ,, 31
119	,, ,, 31, 33, 35, 46
120	,, ,, 46, 47, 50
121	48, 49, 51 A. II § 21
122	vervolg A. II. § 21
123	,, ,,
	P. Concl. 52, 53, 54,
124	,, ,, 55, 56
125	,, ,, 56, 57, 58, 59, 60, 61
126	,, ,, 61, 62, 63, 64 65, 66, 67, 68, 69
127	A. II § 22
128	,, ,, § 23
129	,, ,, § 24
130	,, ,, § 24, 25
131	,, ,, § 25
132	,, ,, ,,
133	P. concl. 69, 70, 71
134	P. concl. 71, 72, 73, 74, 75
135	,, ,, 75, 76, 77, 78, A II §39
136	A. II § 39
137	A. II § 40
138	A. II § 40

Ghiberti	
p. 139	A. II § 39
140	„ „ § 41
141	„ „ § 42, 75
142	„ „ § 76
143	„ „ „
144	A. III § 1
145	„ „ § 2, 3
146	„ „ § 3
147	„ „ „
148	„ „ § 4
149	„ „ § 5
150	„ „ „
151	„ „ „
152	„ „ § 6
153	„ „ § 7
154	„ „ § 8, 10
155	„ „ § 10
156	„ „ § 11
157	„ „ § 11, 12
158	A. III § 12
159	„
160	„
161	„
162	A. III § 13
	„ „ § 14
163	„ „ § 15
	„ „ § 16
164	„
165	„
166	„
167	„
168	„
169	„
	B. p. 130, 131
170	„ p. 132, 132
171	„ p. 132, 133, 134
172	„ p. 134, 135
173	„ p. 135, 136
174	„ p. 137, 138
175	„ p. 138, 139
176	„ p. 139, 140, 141
177	„ p. 141, 142
178	„ p. 142, 143
179	B. p. 143, 144
180	„ p. 145, 146
181	„ p. 146, 147
182	„ p. 147, 148
183	„ p. 148
184	„ p. 148, 149
185	„ p. 149, 150, 151
186	„ p. 151, 152, 153

Ghiberti	
p. 187	A. VII
	Cap. V
188	„ „de Imaginibus"
189	„
190	„
191	Cap. V „de Imaginibus"
192	„
193	„
194	„
195	„
196	„
197	„
198	„
199	„
200	„
201	„
202	„
203	„
204	„
205	A. VII
	Cap. VI
206	„
207	„
208	„
209	„
210	„
211	„
212	„
213	„
214	„
215	„
216	„
217	„
	B. p. 153, 154
218	„ p. 154, 155
219	„ p. 155, 156, 157
220	„ p. 157, 158
221	Av. excerpt.
222	Avr. lib. d. Med. Cap. II,
223	III, IV, V.
224	„
225	„
226	„
227	Vitrivius vgl. v. Schlosser
228	„
229	„
230	„
231	„
232	„
233	„

HOOFDSTUK II.

Aanvankelijk had ik het voornemen met behulp van de origineele passages uit de bronnen een verbeterden tekst van de 3e commentaar van *Ghiberti* uit te geven.

De optiek, zoo als deze door Alhazen en de schrijvers uit de 13e eeuw gegeven wordt, is zonder toelichtingen moeilijk te begrijpen. Daarom zou een zeer groot aantal teekeningen onmisbaar zijn. Bovendien zouden deze aanteekeningen bezwaarlijk in een goede volgorde te geven zijn, omdat het geschrift van Ghiberti een onsamenhangend geheel vormt. Hiermede rekening houdend heb ik een andere manier gekozen.

Uitgaande van datgene wat in het eerste hoofdstuk gezegd is weten wij dat de kennis van de optiek die Ghiberti bezat niet verder ging dan die van de schrijvers wier boeken hij bestudeerd had. Wil men dus weten hoe Ghiberti over de optische kwesties dacht, dan moet men de geschriften van deze oudere schrijvers begrijpen. Dit is echter niet goed mogelijk wanneer men niet weet hoe de kennis van de optiek zich gedurende de klassieke oudheid en de vroegere Middeleeuwen ontwikkeld heeft. Daarom zal hier een historisch overwicht van den groei van dezen tak van wetenschap gegeven worden.

In vele geschriften, waarin de geschiedenis van een bepaalden tak der natuurwetenschap beschreven wordt, worden voornamelijk die feiten vermeld welke voor de moderne wetenschap hun geldigheid behouden hebben. In de hier volgende beschouwingen moet van dit beginsel afgeweken worden. Het is namelijk dikwijls noodig die opvattingen, die later als onjuist beschouwd werden, te vermelden, wanneer men de beschouwingen van Ghiberti's bronnenschrijvers begrijpen wil.

Reeds is er in de klassieke Oudheid zeer veel over het Licht en over het Zien geschreven. De Grieksche philosophen, die reeds vroeg een groote belangstelling voor de natuur toonden, hebben aan de zichtbare verschijning van de wereld veel aandacht besteed en zij hebben vele pogingen aangewend deze verschijnselen te classificeeren, te verklaren en in hun philosophische systemen een waardige plaats te geven.

Hierbij zijn vele meeningen, die onderling sterk verschillen, geopperd. Dit hangt samen met het feit dat men de verschillende verschijnselen nog niet goed overzag, dat de classificatie onvolledig was en vooral met het feit dat de Grieken, die betrekkelijk weinig experimenten verrichtten, nagelaten hebben hun meeningen door proefnemingen te verifieeren. Hun natuurwetenschap maakt den indruk opgebouwd te zijn door ongeduldigen, die al te vlug een alomvattend systeem willen opbouwen. De levendige fantasie leidde tot allerlei beschouwingen, die juist hadden *kunnen* zijn, en die als hulphypotheses hadden kunnen worden gebruikt. Maar deze beschouwingen werden niet als hypotheses, maar als waarheden beschouwd. Daar men

de feiten niet overzag meende men dikwijls alles verklaard te hebben, terwijl er nog zeer vele verschijnselen buiten beschouwing gebleven waren. Andere onderzoekers die toevallig hun aandacht wijdden aan die verschijnselen welke door hun tegenstanders buiten beschouwing gelaten waren, konden dan weer tot zeer afwijkende meeningen komen.

Waarschijnlijk heeft men reeds zeer vroeg met de volgende feiten rekening gehouden :

1. Men ziet met behulp van de oogen.
2. Het zien geschiedt volgens rechte lijnen.
3. Het licht is een belangrijke factor bij het zien.
4. Het licht plant zich rechtlijnig voort.
   Dit laatste heeft men waarschijnlijk afgeleid uit de waarneming van lichtbundels, die door een nauwe opening in een duistere ruimte vallen en misschien ook uit het feit, dat schaduwen een rechtlijnige begrenzing kunnen hebben. (*Thales*, geb. omstr. 640 v. C., schijnt reeds een goed inzicht in het wezen van de schaduw te hebben gehad. Plinius XXXVI, 12).

De onder 2 en 4 genoemde feiten hebben er toe geleid, dat men reeds vroeg een primitieve geometrische optiek gekend heeft.

Wanneer men de geschiedenis der optiek beoefent, moet men er zich voor hoeden, dat men niet, op grond van een moderne feitenkennis, de meeningen van de oude philosophen als onwetenschappelijk beschouwt, wanneer deze van onze opvattingen verschillen.

Verder moet men niet een philosooph, die door redeneering gekomen is tot een opvatting die thans ook nog geldt, zonder meer boven zijn tijdgenooten verheffen. Immers, het is zeer goed mogelijk, dat een andere geleerde, die tot een conclusie gekomen is die thans niet aanvaard wordt, eigenlijk wetenschappelijker heeft gedacht dan de schrijver die bij toeval tot de „juiste" conclusie gekomen is.

Een voorbeeld is het meeningsverschil dat gedurende vele eeuwen bestaan heeft met betrekking tot de snelheid van het licht. Sommige schrijvers meenden, dat het licht een eindige snelheid had ; anderen meenden, dat deze snelheid oneindig groot was. Hierover werd gestreden door redeneering. Men kon de snelheid niet meten. Wanneer nu een oude schrijver beweert, dat het licht een eindige snelheid heeft, behoeft hij geenszins, alleen hierom, boven zijn tegenstanders gesteld te worden.

Epicurus, die leerde dat het Zien berust op een proces dat gericht is van de zichtbare objecten naar het oog toe, moet niet gesteld worden boven de volgelingen van *Euclides*, ofschoon deze van meening waren, dat wij zien door middel van stralen welke van het oog uitgaan en die de zichtbare objecten treffen.

De lezer, die belang stelt in de geschiedenis der optiek gedurende de oudheid, vindt veel wetenswaardigs in de volgende geschriften :

J. Hirschberg. Geschichte der Augenheilkunde.

J. A. Vollgraff. De leer van het licht vóór Huygens (1910).

E. H. v. Baumhauer. De sententia philosophorum etc. Diss. Utrecht 1843.

Ed. Pergens. Recherches sur l'acuité visielle. Annales d'Oculist. (1906).

A. Sorsby. A short history of Ophthalmology. London 1933.

A. E. Haas. Antike Lichttheorien. Arch. f. Philosophie. Bd. XX, N.F. Bd. XIII, 1907.

E. Mach. Prinzipien der physikalischen Optik.

E. Zeller. Die Philosophie der Griechen.

E. Panofsky. Die Perspektive als „symbolische Form" 1927.

H. Siebeck. Geschichte der Psychologie [1]).

De optiek staat gedurende de Middeleeuwen onder den invloed van de antieke wetenschap. Wanneer men wil weten welke oude schrijvers omstreeks den aanvang der Middeleeuwen belangrijk geacht werden, kan men een antwoord vinden in een geschrift *Nemesius* die omstreeks het jaar 400 Bisschop van Emesa in Phoenicie was. In dit boek — „de natura hominis" — is het 7e hoofdstuk aan de leer van het Zien gewijd (dit werk wordt uitvoerig besproken in „die Psychologie des Nemesius" door B. Domanski 1900).

Nemesius vermeldt hier een aantal opvattingen over het Zien [2]).

Het eerst noemt Nemesius den Griek *Hipparchus* (160—125 v. C.) die leerde, dat er van het oog stralen uitgaan. Wanneer deze stralen de zichtbare objecten bereiken, omvatten zij deze met hun uiteinden als met tastende handen en zij brengen daarna het beeld van de voorwerpen naar het oog (vgl. Plutarchus. Plac. Philos. IV 13) [3]).

De meening, volgens welke er gezien zou worden door middel

---

[1]) In de oudheid schreef **Alexander van Aphrodisia** (± 200 n. C.) een bekend commentator van de geschriften van **Aristoteles,** uitvoerig over de verschillende theorieën over het zien. (De an. lib. mantissa. Ed. Bruns, p. 127-136). Zie ook : **Apulejus,** Apologia. Cap. XV; **Aulus Gellius,** Noctes Atticae. Lib. V. Cap. XVI.

[2]) **Hippokrates** (460—380 v. C.) wordt niet door **Nemesius** vermeld. Deze groote medicus is op het gebied van de leer van het zien niet belangrijk geweest. **Hirschberg** (Gesch. d. Aughk. p. 67) vermeldt als belangrijkste passage dat wat hier in vertaling volgt : „Vielfach sind die Häute vor dem sehenden Theil durchsichtig wie er selber. In diesem durchsichtigen strahlt zurück das Licht und alles glänzende; **durch dieses zurückstrahlende sieht man**.....".

[3]) De opvatting van stralen, welke aan hun uiteinden handen hebben, was niet nieuw. Men ziet op talrijke oud-Egyptische reliefs zonnestralen met handen afgebeeld. Vgl. N. & G. Davies. The Rock Tombs of El Amarna. VI, Pl. XXIX.

van iets, dat van het oog naar de objecten gaat, was reeds oud. *Pythagoras* (omstr. 580—600 v. C.), zou volgens *Diogenes Laërtius* (2e eeuw n. C.) geleerd hebben, dat er van het oog een heete damp uitstroomt, die, wanneer zij een voorwerp treft, hierdoor afgekoeld en teruggedrongen wordt, en hierdoor de gezichtssensatie veroorzaken zou. (Diog. L. VIII 29 ; verder ook *Aetius*. Placita IV 13 in *Diel's* Doxographi Graeci).

Archytas van Tarente (omstr. 430—365 v. C.), een volgeling van Pythagoras, heeft gemeend, dat „radii nostri.... oculis profecti sine ullo foris amminiculo" het zien zouden doen geschieden (*Apulejus*, Apologia Cap. XV). Verder vergeleek *Empedocles* (omstr. 444 v. C.), (*Theophrast*. De sensu, 8.) het oog met een lantaarn, en ook *Plato*, zoo als wij later zullen zien, leerde dat er van het oog vuur of licht uitstraalde.

Dat het oog vuur bevatte meende *Alkmaeon* daardoor te bewijzen, dat men bij druk op het oog, of bij oogbewegingen lichtverschijnselen kan waarnemen. (*Theophrastus*, de sensu 26 ; *Aristoteles* de sensu 2 ; *Aetius*, Placita p. 404 ; *Diogenes Laërtius II* p. 307; *Zeller* l.c. p. 488 I).

Alkmaeon schijnt de eerste schrijver geweest te zijn, die trachtte een physiologie der zintuigen te schrijven. (*Siebeck I.* p. 103) [1]).

Deze beschouwingen over licht dat uit de oogen kwam, hebben waarschijnlijk geleid tot een geloof aan stralen, die door het oog uitgezonden werden. En dergelijke opvattingen hebben mogelijk aanleiding gegeven tot de eerste pogingen de verschijnselen van het Zien op geometrische manier te behandelen.

Volgens *Vitruvius* zijn er reeds betrekkelijk vroeg actinographieën geschreven. Bij de bespreking van *Ghiberti's* 3e commentaar werd reeds over deze passage uit het werk van *Vitruvius* (Proöemium Lib. VII) gesproken. „Namque primum *Agatharchus* Athenis *Aeschylo* docente tragoediam scaenam fecit et de ea commentarium reliquit. Ex eo moniti *Democritus* et *Anaxagoras* de eadem re scripserunt, quemadmodum oporteat ad aciem oculorum radiorumque extentionem certo loco centro constituto

---

[1]) Het geloof dat de oogen licht kunnen uitstralen is lang blijven bestaan. Men baseerde dit geloof verder op het feit, dat sommige dieren in het volslagen duister zouden kunnen zien. Ook aan sommige menschen werd dit vermogen toegeschreven. Dit werd o.a. verteld van Keizer **Tiberius (Plinius,** Hist. nat. XI 54; **Suetonius,** Tiberius 68 e.a.), van **Cardanus** en van **Kaspar Hauser** (Helmholtz. Physiol. Opt. II 19). Zelfs nog in het begin van de 19e eeuw heeft iemand, die 's nachts door een vuistslag op het oog getroffen was, voor het gerecht beweerd, dat hij zijn aanvaller had kunnen herkennen door middel van het lichtverschijnsel, dat tengevolge van het trauma ontstaan was, en Medizinalrat **Seiler** heeft dit mogelijk geacht (Henkes Ztschr. f. gerichtl. Med. 1833, 4 Quart. 266). Dat het „lichten" van dierenoogen, waarin een tapetum lucidum aanwezig is, niet op uitgestraald maar op weerkaatst licht berust, hebben pas **Gruithuisen** (Beytr. z. Physiognomie u. Autognosie 1812) en **Bruecke** (Ueber das Leuchten der Augen bei Menschen. Muellers Arch. 1847) experimenteel aangetoond.

lineas ratione naturali respondere, uti de incerta re certae imagines aedificiorum in scenarum picturis redderent speciem, et quae in directis planisque frontibus sint figurata, alia abscedentia alia prominentia esse videantur".

De hier genoemde geschriften zijn verloren geraakt. Het zijn waarschijnlijk de eerste geschriften over theoretische perspectief geweest. Het is bekend, dat er een boek van *Democritus* bestaan heeft, dat met den naam „actinographia" aangeduid werd.

Vermoedelijk heeft *Euclides*, die omstr. 300 v. C. in Alexandrië leefde, deze geschriften nog wel gekend.

Wanneer *Nemesius*, nadat hij over *Hipparchus* gesproken heeft, verder gaat met een vermelding van de optiekleer der „Geometrae" (sic.), bedoelt hij klaarblijkelijk *Euclides* en zijn volgelingen.

De *Optica*, die door *Euclides* geschreven werd, heeft nog zeer lang een grooten invloed uitgeoefend. (Euclidis Optica, Ed. I. L. Heiberg. (1895).

De schrijver begint met een aantal onderstellingen, die in de vertaling van *Vollgraff* (de leer van het licht vóór Huygens p. 9) als volgt luiden :

1. dat de *rechte* stralen, die uit het oog komen, zich tot op grooten afstand uitstrekken ;
2. dat de door de lichtstralen begrensde figuur een kegel [1]) is, met den top in het oog en de basis volgens de grenzen der waargenomen vorowerpen ;
3. dat men alleen datgene ziet waarop de gezichtstralen vallen ;
4. dat grooter schijnt wat onder een grooteren en gelijk wat onder een gelijken hoek gezien wordt ;
5. dat hooger schijnt, wat door hooger liggende stralen, en
6. meer rechtsch, wat door meer rechtsch gelegen stralen gezien wordt ;
7. dat wat onder meer hoeken gezien wordt, duidelijker schijnt.

Van deze vooronderstellingen uitgaande geeft Euclides mathematische bewijzen voor een groot aantal stellingen, die vooral betrekking hebben op de grootte van de gezichtshoeken waaronder bepaalde voorwerpen verschijnen wanneer zij dichterbij of verderaf gelegen zijn ; verder wordt besproken welk gedeelte van de oppervlakte van eenvoudige stereometrische lichamen van één bepaald punt uit overzien kan worden, het

---

[1]) **Euclides** spreekt hier van **Conus**, waarmede hij de figuur bedoelt, welke alle stralen omvat. Wanneer men alleen die stralen beschouwt, die een bepaald voorwerp treffen spreekt men van **„pyramis"**. Later worden de woorden **conus** en **pyramis** soms als synoniemen gebruikt. Ook wordt wel eens over **„pinealis"** gesproken. (**Pseudo-Euclides** § 4 en 7; en **Alkindi** § 9).

schijnbare convergeeren van evenwijdige lijnen en vlakken enz. Van een perspectiefleer in engeren zin is hier geen sprake; wel heeft dit geschrift later bij het ontwikkelen van de echte perspectiefleer een grooten invloed geoefend.

Euclides, die geen algemeen philosophisch systeem opbouwt, maar die vooral mathematicus is, geeft hier geen leer van het Zien en het is ook niet zeker, dat hij zelf aan het bestaan van stralen, welke van het oog uitgaan, geloofde. Hij behandelt de problemen op de zelfde manier waarop later, ook nog in moderne beschouwingen over perspectief, voorondersteld wordt, dat er lijnen van het oog uitgaan.

Latere schrijvers zijn aan deze stralen waarover *Euclides* schrijft, een zekere mate van realiteit gaan toekennen zoo werd de leer van *Euclides* als een voortzetting van de leer van *Pythagoras* en zijn volgelingen beschouwd.

Er is een bewerking van de Optica van *Euclides*, door *Theon* geschreven, bewaard gebleven. Het geschrift van *Theon*, die omstreeks het einde van de 4e eeuw n. C. geleefd zou hebben, is onder den naam *Opticorum recensio Theonis* door *Heiberg* uitgegeven (1895).

Theon laat aan de bewerking van de tekst van *Euclides* **een** lange algemeene inleiding voorafgaan, waarin hij zegt, dat Euclides zich zou hebben voorgesteld, dat er tusschen de verschillende gezichtstralen een zekere ruimte zou zijn. Deze opvatting, volgens welke het aantal stralen beperkt zou zijn, hangt misschien samen met oude opvattingen zooals die van *Empedocles*, die meende, dat er bij het Zien een uitstrooming door de *poriën* van de oogen plaats vond. (*E. Zeller*, die Philosophie der Griechen. Bd. I, p. 723. 1876.)

Wanneer er werkelijk tusschen de stralen open ruimte zou zijn, zou men, wanneer het oog niet bewogen werd, slechts een bepaald aantal punten van de buitenwereld kunnen zien, n.l. slechts die punten, die door een straal getroffen worden. Dit is ook volgens *Theon* het geval. Want men kan niet tegelijkertijd alle letters die op een pagina staan onderscheiden („et in iis hominibus, qui libos perlustrant, dictitabat..... ne eos quidem omnes literas in pagina scriptas cernere posse" p. 149).

Het is niet duidelijk welke voorstelling de *volgelingen van Euclides* hadden over de beteekenis van het Licht bij het tot stand komen van gezichtsgewaarwordingen. Wanneer men het geschrift van *Euclides* niet leest met de bedoeling er een antwoord in te vinden op de vraag hoe het Zien geschiedt (d.w.z. op welke wijze de objecten aanleiding kunnen geven tot gezichtsgewaarwordingen), maar uitsluitend als een quantitatieve phaenomenologie, dan zal men moeten toegeven, dat het, in verband met het vroege tijdstip waarop het geschreven is, een buitengewoon belangrijk geschrift geacht moet worden, dat terecht door latere schrijvers veel gebruikt werd.

De manier waarop *Euclides* de optiek behandelt, levert het voordeel op, dat men niet tot ijle speculaties verleid wordt en dat men, met behulp van wiskundige afleidingen, tot scherpomschreven conclusies kan komen.

Volgens deze leer behoort bij elk punt van het zichtbare object slechts één punt van het oog waarmede het in verbinding staat en in zooverre stemt deze beschouwing met de moderne opvattingen overeen. Maar terwijl in de moderne opvattingen, die voor het eerst in 1604 door *Johannes Kepler* (Ad Vitellionem Paralipomena) scherp geformuleerd werden, de beeldpunten *in het netvlies* gelegen zijn, tast men ten aanzien van de meening die Euclides over de plaats van den zintuigelijken indruk had, in het duister. Boven de vele theorieën, welke gedurende de oudheid, geopperd werden verdient deze mathmatische beschouwing om hare exactheid de voorkeur en het behoeft ons niet te verwonderen dat Euclides, als groot wiskundige, uit het gebied van het verwarrende feitenmateriaal — meer of minder bewust — zijn vlucht heeft genomen naar een terrein waar men, steunende op een aantal theoretische vooronderstellingen, langs geometrischen weg zeer veel bewijzen kan wat met de waargenomen feiten overeenkomt. Wanneer dan ook later *Montucla* (Hist. d. Mathématiques I p. 202) schrijft : „Rien ne prouve mieux combien l'esprit humain sympathise avec l'erreur que de voir les hommes les plus éclairés de leur temps, malgré leur amour pour la vérité, adopter une opinion si peu raisonnable", schijnt het mij toe, dat dit oordeel over *Euclides* onbillijk is.

Vele stellingen uit het werk van *Euclides* zijn door latere schrijvers herhaaldelijk overgenomen. Vooral gedurende de Renaissance hebben vele kunstenaars, die zich voor de ontwikkeling der theoretische perspectief interesseerden, met vrucht van de stellingen van *Euclides* gebruik gemaakt, en wel bij voorkeur van die plaatsen waar gesproken wordt over de verschijningswijze van evenwijdige lijnen en vlakken (vgl. bijvoorbeeld *L. B. Alberti*, della Pittura ; *A. Duerer*. Duerer's schrift. Nachlass. Lange u. Fuse 1893) [1].

---

[1]) Het is niet geheel bekend in welken vorm de Optica van Euclides aan de latere schrijvers bekend geworden is.

Heiberg (Prolegomena XL) zegt dat gedurende het geheele tijdvak van de Middeleeuwen de echte Optica van **Euclides** in de handen der geleerden geweest is, maar dat tijdens de Renaissance der letterkunde ook de Recensio van **Theon** algemeen gebruikt werd.

Hierbij wordt gewezen op een passage uit Speculum Naturale van **Vincentius van Beauvais** (gestorven in 1264) waar men een ontleening aan **Theon** zou vermoeden. Het is echter ook mogelijk dat **Vincentius** zijn kennis uit **Nemesius** (Cap. VII de Visu) geput heeft.

Vitello (13e eeuw) schijnt zoowel de Optica van **Euclides** als de bewerking hiervan door **Theon** gekend te hebben (misschien heeft hij een gecombineerden tekst gebruikt).

In **Vitello's** Optica vertoonen n.l. de plaatsen IV 8, 36, 37, 38, 39, 50, 66,

Onder de stellingen, die zeer vaak overgenomen worden behoort de 22e stelling. Deze luidt: „In eodem plano, in quo oculus, circuli periferia ponatur, ea circuli periferia recta linea apparet". Het schijnt vreemd, dat men het feit, dat een cirkel, welke van ter zijde gezien wordt, als een rechte lijn waarneemt, zoo belangrijk gevonden heeft. Dat op deze stelling zoo bij herhaling gewezen wordt staat waarschijnlijk in verband met datgene wat door *Alkindi* (de Aspectibus, § 7) gezegd wordt. Wanneer de leer van de „beeldjes" van *Epicurus* (waarover later nog gesproken zal worden) juist was, dan zou men verwachten, dat een cirkel, hoe deze ook ten opzichte van het oog geplaatst was, steeds als een cirkel gezien zou worden. Dat echter een cirkel, wanneer deze van ter zijde gezien wordt, als een rechte lijn verschijnt, zou tegen de opvatting van *Epicurus* en vóór de leer der gezichtsstralen pleiten.

Euclides heeft geweten dat twee oogen, wanneer zij tegelijkertijd op een zelfde voorwerp gericht zijn, verschillende deelen van het oppervlak van dit object zien. (Stelling 25).

Euclides zegt echter dat men, als de twee oogen op een afstand gelijk aan de middellijn van een bol van elkander verwijderd zijn, den halven bol ziet. Deze stelling is herhaaldeijk kritiekloos overgenomen en komt zelfs nog in *Risner's* Optica voor. Het is pas *Dechales* (Cursus seu Mundus mathematicus III p. 439. 1674) geweest, die deze stelling gecompleteerd heeft door er aan toe te voegen: „si tamen (duo oculi) moveantur circa axem communem, haemisphaerium successive spectabunt".

Ofschoon *Euclides* zelf waarschijnlijk aan de gezichtstralen geen objectieve realiteit toegeschreven heeft, hebben de latere schrijvers dit wel herhaaldelijk gedaan. En het is mogelijk dat dit geloof in een temperaschildering, welke tusschij 450 en 750 n. C. gedateerd wordt, tot uitdrukking gebracht is.

R. F. G. Mueller (Klin. Mon. f. Augenh. 1928 II p. 511) geeft een afbeelding van deze schilderij, waar groene stralen van de oogen van de afgebeelde persoon uitgaan.

Nemesius spreekt vervolgens over de theorie van *Epicurus* (341-270 v. C.) en zijne volgelingen. Deze theorie zou men, in tegenstelling met de *centrifugale* leer van de gezichtstralen, als *centripetaal* kunnen qualificeeren. Nemesius zegt over de opvat-

---

78 en 130 meer overeenkomst met **Euclides** dan met **Theon**; daarentegen doen de passages IV 53, 57 en 113 meer aan **Theon** denken.

Ook **Roger Bacon** kende de beide geschriften. Het behoeft ons dan ook niet te verwonderen wanneer **Vincentius** de bewerking door **Theon** wel gekend zou hebben. De overeenkomst van de plaatsen bij dezen schrijver en bij **Nemesius** is trouwens slechts zeer oppervlakkig.

A. Duerer schijnt de versie van **Theon** gebruikt te hebben. Hiervoor pleit dat hij „inter se distantes" vertaalt, wat wel bij **Theon** en niet bij **Euclides** voorkomt. Bovendien vertoonen de theoremata in hun nummering overeenkomst met **Theon** en zij wijken gedeeltelijk van **Euclides** af.

ting van Epicurus slechts, dat deze schrijver van meening was, dat de objecten op het gezichtsorgaan inwerken door middel van beeldjes, welke zich van de voorwerpen naar het oog bewegen en hierin binnendringen.

Daar de leer van Epicurus later nog bij herhaling ter sprake zal komen, schijnt het mij gewenscht toe, er hier iets meer over mee te deelen. Deze theorie heeft een groote bekendheid gekregen, wat gedeeltelijk samenhangt met het feit, dat de Romeinsche dichter *Lucretius* (95—51 v. C.) in zijn leerdicht „de rerum natura" (4e boek) een metrische uiteenzetting over deze beschouwingen van Epicurus gegeven heeft, een uiteenzetting, welke door *H. von Arnim* (die Eur. Philos. d. Altert. p. 126) „die epikureische Physik fuer Anfaenger" genoemd heeft.

Epicurus, de aanhanger van een materialistische leer, verkondigde, volgens *Diogenes Laërtius* (X 46) de meening, dat er uiterst dunne vliesjes, die dezelfde vorm hebben als de objecten, in een voortdurenden stroom in alle richtingen uitgezonden worden. [1])

Deze vliesjes kunnen, zoo lang zij geen weerstand ontmoeten, elken denkbaren afstand in onnoemelijk korten tijd afleggen. Wanneer deze beeldjes het oog bereiken, geven zij aanleiding tot een gezichtswaarneming. Ofschoon de vliesjes intermitteerend uitgezonden worden geven zij aanleiding tot een continuë gewaarwording. In de „eidolen" of „simulacra" behouden de samenstellende atomen hun relatieve plaatsen ten opzichte van elkaar; soms worden zij echter in wanorde gebracht wat tot onduidelijkzien aanleiding geeft. Het wazig-zien van ver-verwijderde objecten schrijft Lucretius toe aan het feit, dat de beeldjes door de weerstand van de lucht aan hun randen afslijten.

Het ligt voor de hand, dat men reeds in de Oudheid tegen deze theorie vele bezwarren geopperd heeft. Men kon zich niet voorstellen hoe de beelden van zeer groote objecten (of eigenlijk reeds van voorwerpen, die een grootere afmeting hadden dan de pupilmiddellijn) zonder verwringing in het oog konden binnendringen. Ook heeft men later de vraag gesteld hoe een verzameling van objecten tot afbeelding kwam. Zendt b.v. een leger een enkel beeld uit of geeft iedere soldaat op zich zelf aanleiding tot beeldvorming? (*Macrobius*. Saturnalia VII 14).

Lucretius heeft getracht de moeielijkheid van de beeldvorming van zeer groote objecten te vermijden door aan te nemen, dat de zon niet noemenswaard grooter of kleiner is dan zij ons „schijnt" te zijn (V 556 vlg.).

Over het verband tusschen de physische en de psychische zijde van de gezichtswaarneming had Epicurus een eigenaardige opvatting. De psychische werking werd als een eigenschap van

---

[1]) „Esse ea, quae rerum simulacra vocamus, quae, quasi membranae summo de corpore rerum dereptae, volitant ultro citroque per auras." (Lucretius IV, 34).

het zichtbare object beschouwd. „Die Wahrnehming welche vernunftlos ist, denkt und meint nicht, sondern leidet" (*von Arnim* 1. c. 185) [1]).

Daar datgene wat waargenomen wordt als identiek met het object beschouwd wordt, zou men kunnen meenen, dat er geen gezichtsbedrog mogelijk is. Maar toch kan men onjuiste indrukken krijgen daar de beeldjes, op hun weg naar het oog, door uitwendige invloeden, veranderingen kunnen ondergaan en tot een onjuiste waarneming aanleiding geven.

Het behoeft ons niet te verwonderen, dat *Epicurus*, die ook een tegenstander was van teleologische wereldbeschouwing, door de Christelijke schrijvers niet gewaardeerd werd. Pas veel later heeft zijn leer weer een verdediger gevonden in *Gassendus* (1592—1655) (de vita et moribus Epicuri, 1647), die echter niet aan de „beeldjes" maar wel aan een materieelen aard van het licht geloofde.

Deze materialistische opvattingen leidden tot het onderscheiden van *primaire* en *secundaire qualiteiten* (welke naam later door *Locke* ingevoerd werd).

In dit opzicht had *Epicurus* reeds voorgangers gehad. *Democritus* (tusschen 470 en 370 v. C.) meende, dat het zien berustte op het feit, dat de objecten kleine afbeeldingen rondom zich in de lucht verspreidden. Maar terwijl later *Epicurus* geloofde, dat deze beelden tot in het oog doordrongen, leerde *Democritus*, dat zij het oog *niet* bereiken. De beeldjes zouden echter op de lucht inwerken en hierin afdrukken vormen, welke het oog kunnen bereiken. In het oog zouden deze afdrukken, door middel van „spiegeling" tot waarneembaarheid geraken. *Democritus* geeft ons een verklaring waarom er licht noodig is bij het zien. Hij zegt, dat de lucht, wanneer het duister is, zeer ijl is. Wanneer er echter licht is wordt de lucht dichter en hierdoor pas wordt het mogelijk, dat de afdrukken eenigen tijd blijven voortbestaan.

Democritus zegt dat de afdrukken kleurloos zijn; de kleuren zouden pas in de waarneming tot stand komen, en dus subjectief zijn; evenzoo onderscheidde hij zoetheid, koude enz. als subjectieve qualiteiten van de mechanische qualiteiten. (Vgl. Zeller I p. 913) [2]).

(*Aristoteles* maakte onderscheid tusschen de *sensibilia propria* (die slechts met één zintuig) en de *sensibilia communia*, die door

---

[1]) Deze philosophen hebben van de theorie der „Simulacra" slechts gebruik gemaakt om het zien te verklaren. „Supponentes videlicet pertingere ad caeteros sensus non imagines sonorum, sed sonos, non simulacra odorum, sed odores." (Gassendus. Opera II, 338).

[2]) Tot de primaire qualiteiten behooren alleen die eigenschappen van de voorwerpen welke samenhangen met quantiteit, of rangschikking van de atomen ten opzichte van het „ledige". (vgl. **Aristoteles**, de Anima. L. III c. I; **Theophrastus**, de Sensu. paragr. 63-73 enz.).

meerdere zintuigen waargenomen kunnen worden. Hierover zal later echter nog gesproken worden).

De voornaamste bezwaren tegen deze theorie waren, volgens de ouden, deze, dat men niet begreep hoe men zou kunnen zien op welken afstand een object van het oog verwijderd was. De aanhangers van de leer voerden hiertegen in, dat men de lengte van de luchtzuil zou kunnen schatten. Ook begreep men niet dat twee menschen elkaar zouden kunnen zien, daar de theorie zou doen vermoeden, dat de twee afdrukken elkaar zouden moeten neutraliseeren enz.

Al deze bezwaren vindt men beschreven in de geschriften van den Aristoteles-commentator *Alexander van Aphrodisia* (omstr. 200 n. C.) in „de an. lib. mant. (Ed. Bruns p. 127—136) en Lib. d. Sensu (Ed. Wendeland p. 28—30). De argumenten van dezen schrijver zijn zeer spitsvondig en gekunsteld. Trouwens, de wijze, waarop de oude schrijvers de leer van andersdenkenden trachten te weerleggen, is dikwijls op argumenten gebaseerd, die nog fantastischer en onwaarschijnlijker klinken dan de speculaties, die zij bestrijden.

Bij *Nemesius* vinden wij slechts weinig opmerkingen over de *theorie* van *Aristoteles* (384—321 v. C.). Dit is typisch voor vroegmiddeleeuwsche schrijvers, die over het algemeen van Aristoteles slechts de geschriften over Logica schijnen te waardeeren (eenige andere geschriften van Aristoteles, die in de vroege middeleeuwen nog wel bekend waren verliezen hun bekendheid geheel). Daar *Aristoteles* echter op de ontwikkeling van de optiek in de laatste periode der middeleeuwen een buitengewoon grooten invloed uitgeoefend heeft, en daar de moderne optica zich geleidelijk in aansluiting aan de beschouwingen van dezen wijsgeer ontwikkeld heeft zal hierop eenigermate uitvoerig worden ingegaan.

In de leer van *Aristoteles* wordt onderscheid gemaakt tusschen *potentialiteit* en *actualiteit*, of tusschen „aanleg" en „aanzijn".

De materie, op zichzelf beschouwd, heeft geen eigenschappen. Zij kan echter alle mogelijke eigenschappen in aanleg bezitten. Van deze eigenschappen kunnen één of meer tot aanzijn komen, en deze verwerkelijkte eigenschappen zijn de „vorm" van de objecten (waaronder niet verstaan wordt alleen de ruimtelijke vorm, maar het geheel van eigenschappen waardoor een bepaald voorwerp geakrakteriseerd wordt).

Het doel van al wat in de natuur tot stand komt en geschiedt is, dat zich aan de materie, die zonder meer vormeloos is, een vorm verwezenlijkt. Het gaat er steeds om hoe één of meer latente eigenschappen tot manifestatie kunnen komen.

Over het Zien zegt *Aristoteles* het volgende : Er bestaan stoffen die „in aanleg" doorschijnend zijn; zij kunnen tot „werkelijke" doorschijnendheid geraken, wanneer er in deze stoffen (media)

vuur aanwezig is. (Dergelijke media zijn „aether", lucht, water enz.) [1]).

Door de aanwezigheid van het vuur in het medium komt de eigenschap van doorschijnendheid, welke vóór dien slechts in aanleg aanwezig was, tot aanzijn. Het Licht moet dus beschouwd worden als het „in-werking-zijn" van het medium.

Aristoteles zegt dat de oppervlakte van de voorwerpen de eigenschappen van gekleurd-zijn bezitten [2]). Wanneer er geen vuur in het medium aanwezig is kunnen de kleuren niet op het medium inwerken. Wanneer de tusschenstof, tengevolge van de aanwezigheid van vuur, actueel doorschijnend geworden is, kunnen de kleuren op de omringende tusschenstof gaan inwerken. (*Goethe* geeft in zijn „Farbenlehre" een vertaling van een verhandeling „over de kleuren", die van *Aristoteles* of *Theophrastus* zou zijn. Volgens *Hirschberg* is dit werk van een andere peripateticus).

Deze inwerking manifesteert zich hierdoor dat de deelen van de tusschenstof, die „in aanleg" alle kleuren hebben, bepaalde kleureigenschappen, welke met die van de genoemde objecten overeenkomen, manifest doen worden [3]).

De objecten brengen dus een verandering in het omringende medium te weeg. Deze verandering plant zich in alle richtingen voort en kan ook voortgeleid worden tot binnen het oog van den waarnemer. Want het oog bezit — tengevolge van zijn „waterachtige natuur" [4]) — ook het vermogen doorschijnend te worden en latente kleureigenschappen manifest te doen worden [5]). Zoo kunnen dus de kleuren die aan de oppervlakte van de objecten aanwezig zijn, via het medium, aanleiding geven tot een manifest worden van soortgelijke kleuren binnen het oog. De inwerking

---

[1]) De bovenaardsche „sphaeren", zouden uit een onvergankelijke stof, de aether, bestaan. Deze stof wordt als quinta essentia gesteld naast de overige elementen, lucht, vuur, aarde en water. Later werd de aether dikwijls als „lichtstof" beschouwd.

[2]) Later heerscht er verschil van opinie over de vraag of de kleur slechts aan de oppervlakte of ook in het inwendige van een voorwerp bestaat. Bij **Avencebrol** (Fons vitae) staat: „color penetrat totalitatem essentiae corporis et quantitatis" (p. 241). Maar slechts de kleur die aan de oppervlakte aanwezig is kan het licht tot zichtbaarheid doen geraken: „lumen non apparet nisi conjungitur cum superficie corporis" (p. 159).

[3]) **Aristoteles** onderscheidt twee processen: 1e. dat het medium van potentieele tot actueele doorschijnendheid overgaat; 2e. dat een object die potentieele eigenschappen van het medium manifest doet worden. Slechts wanneer het object zelf lichtgevend is vallen de twee processen samen, zoodat wij een vuur ook in het duister kunnen zien.

[4]) „Patent etiam ex anathomiis que sunt oculi; non enim aliud aliquid est quam humidum quod continetur in illa tunica, ubi pupilla". (Alex. d'Aphrodise; Comment. sur le Traité „de Sensu et Sensibili". Ed. Thurot, p. 56).

[5]) **v. Baumhauer,** l.c. p. 122: „Sensus qui antea rei externae dissimilis erat, jam similis ei redditur, et ipse agit eodem modo quo antea res externa").

van de objecten op het gezichtszintuig geschiedt dus langs mechanische wegen. Het object, als *agens*, beïnvloedt het oog, dat als *patiens* beschouwd wordt.

De kleur, die oorspronkelijk als latente eigenschap aan de oppervlakte van de voorwerpen aanwezig was, is, tengevolge van het feit, dat het vuur de tusschenstof, werkelijk doorschijnend heeft doen worden, tot actie gekomen. De kleur heeft zich in de omgeving gemanifesteerd en dit manifestatieproces is tot in het oog doorgedrongen, en hier tot „geziene" kleur geworden. Niet het oog zelf „ziet", maar het leidt de werking naar de ziel, welke het Zien mogelijk maakt [1]).

Men heeft deze beschouwingen van *Aristoteles* (die te vinden zijn in „de Anima" II), waarin aan het medium een zoo belangrijke plaats ingeruimd wordt, dikwijls te dicht bij de latere opvattingen geacht (Siebeck 1, c. I p. 26).

Er zijn n.l. belangrijke verschillen tusschen opvattingen van den Griekschen wijsgeer en die der moderne schrijvers.

In de eerste plaats heeft men later over de tusschenstof geheel andere opvattingen verkondigd. In de tweede plaats heeft men tegenwoordig andere denkbeelden over de verhouding van de physische en de psychische processen.

Door de moderne schrijvers, die uitgaan van de vooronderstelling, dat er werkelijk een materieele buitenwereld bestaat, worden toch in het algemeen de gezichtsbeelden als een „symbool" voor de buitenwereld beschouwd. Zij zijn zich hierbij meestal bewust van het feit, dat men de kloof tusschen het physische en het psychische niet overbruggen kan, en zij stemmen in met *Du Bois-Reymond's* „Ignorabimus" (Ueber die Grenzen des Naturerkennens 1898, p. 51), tenzij zij de vlucht nemen in een psychisch monisme.

Bij de oude schrijvers wordt meestal de tegenstelling tusschen het physische agens en de waarneming niet voldoende geaccentueerd en men schijnt tevreden te zijn, wanneer binnen de grenzen van het menschelijk lichaam (in het zintuig of in de hersenen) de materie (of de „spiritus", waarover later nog gesproken zal worden) dezelfde eigenschappen als het zichtbare object gaat

---

[1]) Ofschoon **Aristoteles** zelf leerde, dat de verandering welke het gezichtszintuig onderging zich **tot** de ziel, maar **niet in** de ziel voortplantte. (Siebeck, l.c. II, p. 21), is men later gaan gelooven dat **Aristoteles** wel aan een verandering **in** de ziel geloofde. En voor vroeg-middeleeuwsche schrijvers, die zoo zeer de nadruk op de voortreffelijkheid van de ziel legden, moest deze opvatting van het receptieve en lijdende karakter van de ziel groote bezwaren opleveren, zoodat de invloed van **Aristoteles** aanvankelijk gering was. De leer is later, zoo als wij nog zullen zien, weer belangrijk geworden onder invloed van de Arabieren.

manifesteeren. Men is voldaan, wanneer men kan aantoonen, dat de eigenschappen van het object in de onmiddellijke nabijheid van de ziel tot aanzijn gekomen zijn. Zoo wordt de sensatie niet beschouwd als iets dat fundamenteel verschilt van de physische processen, maar als het einde van een keten van materieele veranderingen, die als uitgangspunt de oppervlakte van het object hebben.

De kleuren worden dus beschouwd alsof zij buiten het oog op dezelfde wijze bestaan als in de waarneming. (Vgl. Vollgraff l.c. p. 37 vlg.).

De verdienste van Aristoteles is hierin gelegen, dat hij een theorie opstelde welke een verband tusschen het voorwerp en het gezichtszintuig begrijpelijk maakte, en dat hij de werking op afstand trachtte te verklaren door een keten van physische processen. Dat hij hierbij niet voldoende op het onverklaarbare van den overgang van de physische naar de psychische gewezen heeft is, in aanmerking genomen den tijd waarin hij leefde, zeer begrijpelijk. Het verwijt dat hij de mathematische behandeling verwaarloosd zou hebben is ongegrond. (Vgl. Physica, II z.).

Nadat hij over de leer van *Aristoteles* gesproken heeft vermeldt *Nemesius* de opvattingen van Aristoteles' leermeester *Plato* (428—347 v. C.). Hier is *Nemesius* uitvoeriger en men zou hieruit misschien mogen afleiden, dat hij zelf deze theorie de beste acht.

De leer van het Zien, zooals deze door Plato gegeven werd, heeft in de vroegere middeleeuwen een grooten invloed uitgeoefend [1]).

Datgene wat *Plato* (die weer aan *Empedocles* schijnt te ontleenen) over het Zien zegt is vooral te vinden in *Timaeus* (30, 45, 67, 68 enz.).

Hier wordt geleerd, dat er in het oog een zuiver vuur aanwezig is; wanneer het oog geopend is kan het vuur naar buiten uitstralen. Wanneer dit vuur buiten het oog een verwant licht ontmoet, dan kunnen deze twee zich vereenigen tot een enkele substantie. Wanneer deze substantie een object treft, ondergaat zij hierdoor een verandering, en deze verandering werkt

---

[1]) Ook later knoopen nog verschillende schrijvers aan Plato's beschouwingen aan. Zoo lezen wij bij **Nicolaus Cusanus** (1401—1464): „das Licht ist das Anderssein der Sehkraft (alteritas spiritus visivi). Der Gesichtssinn erfasst seine Einheit nicht, ausser vermittelst des Andersseins. Es ist also das Licht das sich in das Auge einsenkt und durch dessen Vermittlung es sieht, ein von dem Lichte der Sehkraft verschiedenes Licht." (Ed. F. A. Scharpff 1862, p. 141). Wanneer **Nicolaus van Cusa** hier niet een anderen min of meer natuurwetenschappelijk georienteerden nominalist overschrijft, zou men vermoeden, dat op zijn beschouwingen en die van zijn tijd ook de geheel buiten het natuurwetenschappelijke staande mystici, met hun eeuwig praten over het Licht, invloed hebben gehad. En de beschouwingen van **Hegel** en **Goethe** worden hier reeds aangeduid.

retrograad op het gezichtszintuig in. Hierop zouden de gezichtsvoorstellingen berusten [1]).

Het Zien is volgens Plato een toestandsverandering van de Ziel [2]). De kleurgewaarwording is een *subjectief* teeken voor een proces in de buitenwereld en de gewaarwording is van een anderen aard dan het agens in de buitenwereld dat tot de gewaarwording aanleiding geeft. Hier wordt de psychische zijde van het proces scherper tegenover de physische zijde gesteld. De Ideeën zouden in de ziel in sluimerenden toestand aanwezig zijn en de invloed van een object in de buitenwereld zou de idee van dit object in de ziel tot bewustzijn brengen.

Dat men in de duisternis niet zien kan schrijft *Plato* toe aan de omstandigheid dat het oogvuur geen verwant licht ontmoet en dat er daarom geen versmeltingssubstantie gevormd kan worden.

In de eerste periode der Middeleeuwen waren vele schrijvers aanhangers van Plato (o.a. *Augustinus* (de quant. animae C 23) ofschoon hij niet consequent is (de Trinitate Lib. XI c. 2)). Deze latere Platonici gaan vooral de activiteit van de ziel naar voren brengen. Zij zeggen, dat bij de gewaarwording de ziel een activiteit gaat toonen ten opzichte van de aandoening van het zintuig. En dikwijls krijgen wij den indruk, dat zij de objecten nog slechts als toevallige aanleiding beschouwen welke den geest er toe zouden brengen zich van sluimerende ideeën bewust te worden. Het is moeilijk te begrijpen hoe zij zich de verhouding tusschen de ziel en de zintuigelijke veranderingen precies denken.

Nemesius vermeldt nog, dat de beroemde arts *Galenus* in verband met het Zien de opvatting van *Plato* deelde. Over datgene wat *Galenus* hierover geschreven heeft zal later nog uitvoerig gesproken worden.

De beschouwingen van *Porphyrius* (233—300 n. C.) over het Zien, welke ook door *Nemesius* vermeld worden, zijn *Neo-Platonisch.*

Daar het *Neo-Platonisme*, soms vermengd met Aristotelische elementen, later op de ontwikkeling der Optiek nog grooten invloed gehad heeft, zal hier iets over dit laatste philosophische systeem uit de klassieke oudheid gezegd worden.

Als grondlegger van deze leer wordt *Ammonius Sakkas* (omstr. 175—242 n. C.) genoemd. Zijn leerling *Plotinus* (204—269 n. C.) heeft de leer op schrift gesteld en *Porphyrius* (233—300 n. C.) heeft deze geschriften bewerkt en in den

---

[1]) In de vroege middeleeuwen zijn deze beschouwingen van **Plato** vooral bekend geworden door **Chalcidius** (± 300 n. C.) (vgl. des Chalcidius Kommentar zu Plato's Timaeus. B.W. Switalski, 1902).

[2]) Timaeus 45 D: „And this Substance.... distributes the motion of every object it touches, or whereby it is touched, throughout all the body, even into the soul, and brings about that sensation which we now term „seeing". (Vertaling uit Loeb's class. Library).

vorm van zes *Enneaden* weergegeven. *(Plotin,* Ennéades ed. E. Bréhier 1927).

In de 2e en 4e Enneade wordt uitvoerig over het Zien gesproken. De Wereld wordt beschouwd als een emanatie van het Opperwezen. Iedere volgende trap in dit emanatiesysteem zou een geringeren graad van volmaaktheid bezitten, wat overeenkomt met een geringer Lichtgehalte.

In het Centrum van het Heelal bevindt zich het Oerwezen (Enn. IV) dat Licht is ; dit onstoffelijke licht wordt ook wel met de Logos vereenzelvigd en het Oerwezen heet dan ook „het groote Licht" (Enn. I 6, 3). Om het Oerwezen is een sfeer die lichtend is (als gevolg van de uitstraling van het Oerwezen); daaromheen is weer een sfeer, „de Wereldziel", „die Licht uit het Licht" is. De zintuigelijk-waarneembare wereld is zelf geen lichtsfeer ; zij heeft om te bestaan het licht der andere sferen noodig.

De Neo-Platonici zeggen nu dat de ziel, wanneer zij niet met een lichaam in verbinding staat, niet kan zien, daar de ziel dan geheel in de intelligibele wereld verkeert. Door de vereeniging met het stoffelijke lichaam worden pas gewaarwordingen mogelijk. In de zintuigen heeft een ontmoeting plaats tusschen de zintuigelijke indrukken en de Ideeën, die in de ziel aanwezig zijn. Er kan worden gezien, wanneer er tusschen de ziel en de objecten een zekere mate van sympathie aanwezig is. Een medium, zooals wij dit in de leer van *Aristoteles* leerden kennen, wordt voor het Zien niet noodig geacht. Voorwerpen, die niet ver van het oog verwijderd zijn, zou men kunnen zien met behulp van het licht, dat door het oog uitgestraald wordt.

Rondom een object is de zichtbare vorm er van in de lucht verspreid ; deze is niet materieel, maar zij bestaat op grond van een sympathie in het ééne Wezen. Het licht, dat door een lichtbron uitgestraald wordt, moet beschouwd worden als een werking, die met het wezen van de lichtbron overeenstemt. Wanneer het licht zich met materie vermengt, wordt het tot kleur. Het licht is, ofschoon het de werking van een lichaam is, zelf onstoffelijk. De dingen, welke wij kunnen zien, vertoonen daarom alleen eenige verwantschap met onze zintuigen, omdat de Ziel van het Heelal ze op elkaar gelijkend gemaakt heeft. Bij het waarnemen lijdt de ziel niet (Zeller, 1 c. III 582); zij is altijd actief. Er ontstaan geen afdrukken van de objecten in de ziel, maar de ziel neemt slechts de veranderingen in de zintuigen waar.

De noodzakelijkheid van een medium wordt op de volgende wijze weerlegd : wanneer het Zien door middel van een medium geschiedde, zou dit b.v. moeten geschieden op de wijze, waarop een zegel in was afgedrukt wordt. Maar wanneer dit zoo was dan zou het oog geen afdruk kunnen ontvangen, die grooter was dan de pupil, en van een eenigermate groot voorwerp zou men dus op zijn hoogst een gedeelte kunnen zien.

Het is moeielijk een scherp omschreven voorstelling van de

meening, welke de Neo-Platonici over het Zien verkondigen, te krijgen. Dikwijls maakt het den indruk, dat zij gelooven, dat het Zien langs centrifugalen weg geschiedt en dat de gezichtskracht naar de objecten toe werkt, waarbij de vorm van de dingen opgenomen wordt en tot een waarneming verwerkt. En hierbij schijnt het dat zij gelooven, dat de Ziel zich zelf of haar eigen ideeën in de objecten herkent. Zoo schijnt *Nemesius* deze leer begrepen te hebben, wanneer hij zegt (de Natura Hominis, Cap. VII) : „*Porphyrius*. . . neque conum (d.w.z. een bundel van gezichtstralen) neque simulacrum (duidt op *Epicurus),* neque aliud quicquam visionis causam esse, sed animam ipsam, cum incidit in ea quae cernuntur, agnoscere se ipsam, esse ea quae aspectu sentiantur quod anima contineat omnia quae sunt, omniaque quae sint, nihil sint aliud, quam anima corpora diversa continens".

Ofschoon er in deze speculaties voor een scherpe natuurobservatie weinig aanleiding bestaat blijkt *Plotinus* toch wel op het aspect van de buitenwereld met eenige aandacht gelet te hebben.

Hij heeft opgemerkt, dat afstanden, die eenigszins groot zijn, onderschat worden en dat voorwerpen, die niet ver van het oog verwijderd zijn in hun „ware" grootte verschijnen (d.w.z. dat zij niet perspectivisch verkleind schijnen). Dat hij van deze feiten, die later nog tot zoo veel twistgeschrijf aanleiding zouden geven geen goede verklaring geeft behoeft ons niet te verwonderen. Hij verklaart het verschijnsel der schijnbare verkleining bij ver-afgelegen objecten als volgt : een object dat gezien wordt heeft (volgens de Aristotelische onderscheiding) een sensibile proprium en een of meer sensibilia communia. Het sensibile proprium is bij het Zien de *kleur* van het object; sensibile commune is de grootte. Wanneer op grooten afstand de *kleur* (sensib. propr.) zwakker wordt moet ook het sensibile commune (in dit geval) de grootte) verminderen.

Onder de Neo-Platonici gaat later de zin voor de realiteit tijdelijk weer toenemen. Omstreeks 400 n. C. ontstaat de z.g. School van Athene, waar de geschriften van *Aristoteles* en van *Euclides* weer meer de aandacht gaan trekken. [1]) En een schoolleider *Proclus* (geb. omstr. 400) heeft niet alleen een commentaar op *Euclides'* mathematische werk geschreven, maar op het gebied der optiek houdt hij ook rekening met de leer der gezichtshoeken. (Procli Diadochi in primum Euclid. Elem. librum, Ed. Friedlein). In een Engelsche vertaling van dit boek (The Commentaries of Proclus etc. London 1792. Vol. I, p. 78) vinden wij de volgende

---

[1]) In 529 werd de school op last van **Justinianus** opgeheven. Daarna gingen o.a. **Simplicius** en **Priscianus** naar Perzie en zij hebben hier bijgedragen tot het voortbestaan van een belangstelling in de wetenschap die later, onder Mohammedaansche heerschappij, tot zoo belangrijke resultaten zou leiden.

passage met betrekking tot de optiek : "*Optics*.... are produced from geometry and arithmetic. And optics uses the visual rays which are constituted by the rays of the eyes, as lines and angles. But it is divided into that which is properly called Optics (because it renders the cause of those appearances, which are accustomed to present themselves to us different from their reality, on account of the different situations and distances of visible objects, as the coincidence of parallel lines or the appearance of quadrangles as if they were circles) ; and into universal catoptrics, which is conversant about various and manifold refractions and is connected with imaginative or conjectural knowledge : as also into that which is called *sciography*, or the delineation of shadows, which shews how appearances in images may seem neither inelegant nor deformed, on account of the distances and altitudes of the things designed."[1])

Proclus had een eigenaardige voorstelling van de ruimte, welke hij als het „fijnste" licht beschouwde. „Ein koerperliches und beseeltes Wesen soll auch der Raum sein. Derselbe besteht naemlich nach Proklus aus dem feinsten Lichte..." (Zeller. 1, c. III, 2, p. 810 ; Simplicius. Phys. 142, a).

De invloed van het Neo-Platonisme is in de latere phases van de geschiedenis der optiek nog herhaaldelijk te bespeuren o.a. in de z.g. Lichtmetaphysica en in de Speciesleer van *Roger Bacon*, waarover nog gesproken zal worden.

Nadat *Nemesius* de meeningen van oude schrijvers vermeld heeft, bespreekt hij nog een aantal typische feiten, welke met het Zien in verband staan. Er wordt hier geen auteur genoemd, aan wien deze dingen ontleend zijn, maar alles wat hier verteld wordt is (direct of indirect) ontleend aan *Ptolemaeus* (2e eeuw n. C.), die een zeer belangrijke bijdrage tot de ontwikkeling van de optiek geleverd heeft. Deze veelzijdige geleerde, die een zeer beroemd astronoom en geograaf was, heeft een werk over de optiek geschreven, waarvan het eerste boek en de laatste pagina's

---

[1]) Of er in de oudheid een systeem bekend geweest is dat de schilders in staat stelde goede perspectivische afbeeldingen te verkrijgen is een vraagstuk waaromtrent nog steeds verschil van meening bestaat. Deze plaats bij **Proclus** doet vermoeden dat men met behulp van schaduwen perspectivische afbeeldingen vervaardigd heeft. Dit kan een zuiver empirische methode geweest zijn die een voorlooper geweest kan zijn van de methodes volgens welke men in de 17e en 18e eeuw de z.g. „anamorphoses" vervaardigde. (Hierover wordt reeds door S. Stevin gesproken. Oeuvr. Mathém. Ed. A. Girard. 1634, p. 550). Dat er echter ook wel een eenvoudig projectiesysteem bekend geweest is blijkt uit de bekendheid met de z.g. stereographische projectie die aan **Hipparchus** (omstr. 150 v. C.) toegeschreven wordt, en die door **Ptolemaeus** (2e eeuw n. C.) in toepassing gebracht werd. **(Planisphaerium).** Toch moet men betwijfelen of men een goed inzicht in het wezen van de verdwijnpunten gehad heeft, ofschoon de geometrische kennis van **Euclides** reeds voldoende was om tot een juist begrip van de verdwijnpunten te geraken (over de geschiedenis der perspectiefleer hoop ik een uitvoerig geschrift te publiceeren).

verloren geraakt zijn. Er is slechts een Latijnsche vertaling, die in de 12e eeuw door *Eugenius* „Ammiraglio di Sicilia" vervaardigd werd. Waarschijnlijk tengevolge van het feit dat deze vertaling berust op een Arabische vertaling van een onvolledigen Griekschen tekst is het boek zeer moeielijk te begrijpen. Wanneer men het echter nauwkeurig bestudeert, blijkt het zeer belangrijk te zijn en men moet het betreuren, dat het werk niet meer in vollen omvang bekend is. Het werk werd onder den titel „l'Ottica di Claudio Tolomeo" in 1885 door *G. Govi* uitgegeven (Turijn).

Ptolemaeus is, zooals vele schrijvers uit het laatste gedeelte der klassieke oudheid, een eclecticus. Hij heeft veel gelezen en dit komt in zijn geschrift tot uiting. Hij is er niet in geslaagd de verschillende oudere opvattingen in een sluitend systeem samen te voegen.

Het is niet goed mogelijk een nauwkeurige voorstelling te krijgen van de meening, welke deze schrijver over het Zien had. Dit is een gevolg van het feit, dat de „sermo primus" van het werk verloren is geraakt. En juist in dit deel schijnt Ptolemaeus over de wederkeerige verhouding tusschen het gezichtsorgaan en het licht gesproken te hebben.

Want aan het begin van de sermo secundus staat (p. 7) : „Omnia quidem, quibus aliquis possit coaptare ea, quae sunt de visu et lumine ut sibi communicent, et quo ad invicem assimilantur, et quo differunt in virtutbus et motibus eorum, et quid continet unumquodque utrorum de specie differentiae, et quid accidit ei, explicavimus in praecedenti sermone."

Hieruit blijkt, dat Ptolemaeus aan een samenwerking of assimilatie van het gezichtsorgaan en het licht gedacht heeft.

De leer van *Euclides* blijkt door Ptolemaeus zeer belangrijk gevonden te zijn. Hij spreekt n.l. uitvoerig over de geometrische optiek en doet dit op de manier van *Euclides*. Maar terwijl deze laatste, althans zijn volgelingen, geloofde dat er tusschen de gezichtstralen ruimtes waren, leert Ptolemaeus: „Natura visibilis radii. . . continua est . . . et non disgregata" (p. 24).

Terwijl *Euclides* leerde dat de schijnbare grootte van een object afhankelijk was van het aantal „hoeken", waaronder een voorwerp gezien werd, heeft *Ptolemaeus* blijk gegeven van een beter inzicht, wanneer hij zegt, dat de schijnbare grootte van een object niet alleen afhangt van de grootte van den gezichtshoek, maar ook van de afstand, waarop het voorwerp van het oog verwijderd is. (Het maakt den indruk, dat de schrijver geloofde, dat wij den afstand kunnen beoordeelen in verband met ons vermogen de lengte van de gezichtsstraal aan te voelen).

Het schijnt, dat *Ptolemaeus* de leer van *Euclides* overgenomen heeft, omdat deze de mogelijkheid tot het houden van geometrische beschouwingen biedt. Toch beschouwt hij de gezichtsstralen niet als mathematische abstracties zonder meer. Hij kent

schijnbaar aan deze stralen een zekere mate van realiteit toe. Hij spreekt over „radii visus procedentes...", p. 13). Maar toch vindt hij, dat het licht bij het tot stand komen der gezichtsgewaarwordingen een belangrijk aandeel heeft („nihil sine incidente lumine quolibet videtur", p. 12). Hier komt het verschil tusschen licht en kleur, dat bij de 13e eeuwsche schrijvers ook gevonden wordt, te voorschijn. „Color non videtur nisi lumine cooperante visui ad effectum." (p. 12).

De kleuren zouden aan de objecten eigen zijn. Wanneer op een kleur licht valt, wordt de kleur lichter; wanneer de kleur aan het licht toegevoegd wordt, verandert de kleur van aard.

Behalve den invloed van *Euclides* bespeuren wij ook dien van *Aristoteles*. Het gezichtsorgaan wordt als „patiens" beschouwd, en dus niet slechts als een lichaam dat door zijn uitgezonden gezichtsstralen „actief" is. „Videmus unumquodque lucidorum et colorum *per passionem* quae fit in visu..." (p. 15) en deze passio uit zich in een licht-worden en kleuring. („Passio quae in visu fit est illuminatio et coloratio", p. 15). Het gezichtsorgaan moet, wanneer het niet werkzaam is, op het gebied van verlichting en kleur qualiteitsloos zijn („oportet enim ut sensus perspicabilis non habeat qualitatem, sed sit purus et suscipiat qualitatem ab illis", p. 15).

Sommige plaatsen in het boek wekken den indruk dat *Ptolemaeus* zich voorstelde, dat de passio niet in het oog zelf tot stand kwam, maar dat een weerstand, welke aan de processio der gezichtsstralen geboden werd, tot een passio leiden zou. Deze opvatting vertoont een verwijderde gelijkenis met de beschouwingen van *Plato*.

Zooals wij reeds gezegd hebben, is de schrijver er niet in geslaagd een goede synthese te vinden.

Ptolemaeus is vooral belangrijk omdat hij quantitatieve experimenten verrichtte over de spiegelingsverschijnselen en over de breking. Verder is hij waarschijnlijk de eerste onderzoeker geweest, die de draaiende kleurenschijf voor onderzoekingen gebruikt heeft. En zeer belangrijk waren zijne psychologische beschouwingen.

Ook heeft hij de leer van de platte, de holle en de bolle spiegels behandeld.

Belangrijker is datgene wat *Ptolemaeus* over de lichtbreking mededeelt. Helaas is het 5e boek, waar dit onderwerp in behandeld wordt, onvolledig overgeleverd.

Ptolemaeus kent het verschijnsel van de lichtbreking. Hij weet dat een loodrecht invallende straal ongebroken doorgaat. Hij weet ook dat bij scheef invallende stralen de beide deelen van de straal in één plat vlak gelegen zijn.

Langs experimenteelen weg heeft hij de grootte der hoeken, welke de invallende en de doorgaande stralen met de loodlijn op het scheidingsvlak maken, gemeten.

Om het verschijnsel van de lichtbreking te demonstreeren beschrijft *Ptolemaeus* de volgende proef. Men legt een munt in een kom en men plaatst het oog zoo dat de munt juist door de rand van het vat aan het gezicht onttrokken wordt. Wanneer men dan langzaam water in de kom laat gieten wordt de munt zichtbaar ofschoon het oog en de munt ten opzichte van elkaar niet van plaats veranderd zijn. [1])

Hier volgt een tabel, die ons toont met welke mate van nauwkeurigheid *Ptolemaeus* de hoeken van breking gemeten heeft met behulp van een graadboog. (Vgl. Hirschberg, p. 158. Gesch. d. Augenheilk. im Alterthum).

Bij overgang van het licht uit lucht naar water. (Optica, p. 146).

Hoek van inval	Hoek van breking, door Ptolemaeus bepaald	Hoek van breking, berekend voor n-1,3335
10°	8°	7° 29′
20°	15° 30′	14° 51′
30°	22° 30′	22° 1′
40°	29°	28° 49′
50°	35°	35° 3′
60°	40° 30′	40° 30′
70°	45° 30′	44° 48′
80°	50°	47° 36′

[1]) Deze proef was al zeer oud. **Olympiodorus** (6e eeuw n. C.) zegt in zijn Commentaar op het derde boek van de **Meteorologica** van **Aristoteles** (ed. Ideler II, p. 94) dat **Archimedes** (± 287—212 v. C.) de breking heeft aangetoond met behulp van een ring die in een bakje met water gelegd wordt (vgl. Vollgraff, l.c. II). In een boek dat de titel „Catoptrica" draagt, en dat vroeger aan **Euclides** toegeschreven werd, lezen wij: (p. 287) „Si res aliqua in vas coniecta et tam longe remota erit, ut non iam cernatur, si eadem distantia manente aqua infusa erit, res in vas conjecta cernetur" (Catoptrica. Ed. Heiberg)

Heiberg heeft echter gezegd dat de Catoptrica niet door **Euclides** geschreven zijn en dat zij nooit vroeger dan ten tijde van **Proclus** vermeld worden.

In dezen tijd worden de beelden, die men in verschillende vormen van spiegels zien kan, het belangrijkste van de optiek gevonden. Zoo geeft **Aulus Gellius** (omstr. 117—180) de volgende beschrijving van de Optica, die hij „pars quaedam geometriae" noemt: „Optica facit multa demiranda id genus, ut in speculo uno imagines unius rei plures appareant; item ut speculum in loco certo positum nihil imaginet (afbeeldt), aliorsum translatum faciat imagines; item si rectus speculum spectes, imago fiat tua eiusmodi, ut caput deorsum videatur, pedes sursum. Reddit etiam causas ea disciplina cur istae quoque visiones fallant, ut quae in aqua conspiciunter majora ad oculos fiant, quaeque procul ab oculis sunt, minora...." (Noctes Atticae, Lib. XVI, cap. 18). Over de hier genoemde vergrootende werking van het water. Vgl. **Seneca.** (Quaest, nat. I, 6).

Bij overgang van het licht uit lucht naar glas. (Optica, p. 148).

Hoek van inval	Hoek van breking, door Ptolemaeus bepaald	Hoek van breking, berekend voor n-1,5289
10°	7°	6° 31′
20°	13° 30′	12° 56′
30°	19° 30′	19° 5′
40°	25°	24° 51′
50°	30°	30° 4′
60°	34° 30′	34° 30′
70°	38° 30′	37° 55′
80°	42°	40° 5′

De plaats van het beeld dat gezien wordt, wanneer de lichtstralen zich van het eene medium naar het andere voortplanten, heeft Ptolemaeus theoretisch op de volgende wijze bepaald.

Hij gaat hierbij uit van het feit dat een straal, welke loodrecht op het scheidingsvlak valt, ongebroken doorgaat, en dat alle scheef invallende stralen gebroken worden. Bij de breking wordt het beeld van ieder punt gevormd in het snijpunt van de loodlijn uit dat punt op het grensvlak neergelaten en het verlengde van de gezichtsstraal, die, na de breking, naar het punt gaat. (Vollgraff, l.c. p. 28).

Deze onjuiste beschouwing is door vele schrijvers overgenomen. Zij wordt nog aanvaard door *Alhazen, Vitello, Baco, Peckham, Biaggio van Parma* en zelfs nog door *Risner* [1]).

Wanneer men zich vraagt hoe men er in de Oudheid toe gekomen is deze constructie als de juiste te beschouwen, zou men het vermoeden kunnen uiten dat men uitgegaan is van de kennis van het feit dat een lichtend punt in alle richtingen langs rechte lijnen licht uitzendt. Wanneer men *twee* van deze stralen in omgekeerde richting volgt (dus naar de lichtbron toe) moeten zij elkaar in het lichtende punt snijden.

De plaats van de lichtbron was dus met behulp van slechts twee lijnen te vinden.

Voor de bepaling van de plaats van het schijnbeeld, dat bij lichtbreking ontstaat, heeft men ook van slechts twee lijnen gebruik willen maken. De eene lijn werd gevonden in de richtingslijn. Als tweede lijn heeft men gebruikt een andere straal, waarvan men wist, dat zij een constante richting had. Het snijpunt van deze twee stralen werd als de plaats van het virtueele beeld beschouwd.

---

[1]) Ook **Snellius** schijnt nog een aanhanger van deze opvatting te zijn geweest (vgl. **J. C. Fischer,** besch. d. Naturwiss. Bd. II, p. 41). Pas **Isaac Barrow** (optical lectures 1674) heeft op de onjuistheid van deze meening gewezen.

Had Ptolemaeus zijn tabel gebruikt dan had hij de plaats van het beeld beter kunnen bepalen.

Maar hij werd hiervan afgehouden door zijn leer van de gezichtsstralen. Volgens deze leer toch kan één punt van een object *langs* één gezichtstraal gezien worden. Hij moest dus een andere straal zoeken, die geen gezichtstraal was, en als zoodanig moest de loodrechte ongebroken straal, door haar bizondere qualiteit, wel het meest geschikt zijn.

Zeer belangrijk is *Ptolemaeus geweest*, omdat hij gewezen heeft op het feit, dat allerlei psychologische factoren hun invloed doen gelden bij het tot stand komen van de optische waarnemingen. Hij wijst er op, dat onze oordeelskracht ons optische wereldbeeld in sterke mate beïnvloedt. Bij het zien werkt de „ratiocinatio" zoo snel, dat wij ons er niet van bewust worden, dat wij de gezichtsindrukken verstandelijk modificeeren. (Visus utitur diligenti ratiocinatione cum mirabili virtute fere incredibili et agit haec insensibiliter propter celeritatem suam. p. 33). Wij vinden hier een ervaringspsychologie en associatieleer in primitieven vorm, en deze elementen uit het werk van *Ptolemaeus* zijn, door bemiddeling van *Alhazen* en zijn volgelingen aan *John Locke*, *Berkeley* en aan *Helmholtz* („unbewusste Schluesse") overgeleverd. (Helmholtz. Hdb. d. Physiol. Opt. III, 25) [1].

Ptolemaeus kende de aanvullende associaties. Wanneer wij iets niet volledig kunnen zien, dan is het ons, op grond van onze ervaring, toch dikwijls mogelijk uit slechts enkele details een volledig beeld te vormen. Hierin kan echter ook de grond van gezichtsbedrog gelegen zijn (Sensus ergo cum non poterit videre subjectam rem eo modo qui ei convenit, cognoscit eam per manifestationem ceterarum diversitatum; et sic quandoque apparet ei res vere, et quandoque imaginatio falsa).

Dat *Nemesius* in zijn geschrift *Galenus* ook vermeldde, hebben wij reeds gezegd. Waar deze schrijver op *Alhazen* een grooten invloed gehad heeft, zal hier iets over zijn beschouwingen over het gezichtszintuig en over het Zien medegedeeld worden.

Claudius Galenus werd in 131 n. C. in Pergamus in Klein-Azië geboren. Hij ontving onderwijs in verschillende philosophische leerstelsels en hij is steeds, evenals *Ptolemaeus* en vele andere schrijvers uit dit tijdperk, eclecticus gebleven, terwijl het hem niet gelukt is een goed omschreven systeem van de leer van het Zien te schrijven. Hij is tegen het einde van de 2e eeuw gestorven.

Galenus heeft niet slechts over de geneeskunde maar ook over de logica geschreven en men denkt dat de logische bouw van zijn geschriften er toe geleid heeft, dat de Arabieren en de scholastici zoo veel aandacht aan dit werk besteed hebben. Aan de realiteit

---

[1]) **Ptolemaeus** schijnt hier onder invloed te staan van **Aristoteles** in wiens geschrift „de Memoria" reeds soortgelijke beschouwingen te vinden zijn. Vgl. **Reid's** collected Writings with **Hamilton's** notes and dissertations, p. 889.

der objecten twijfelt *Galenus* niet en het maakt den indruk, dat hij zich voorstelt dat wij, onder normale omstandigheden, de dingen zóó waarnemen, als zij in werkelijkheid zijn. (Voor verdere biografische bizonderheden zie: "On the natural Faculties". Loeb's class. Library).

Vooral op het terrein van de anatomie van het oog is *Galenus* zeer lang *de* autoriteit gebleven. Men vindt de beschrijving van het oog in het 10e boek van „de Usu partium". (Een afzonderlijke uitgave hiervan, met een Duitsche vertaling, is te vinden in „die Augenheilk. d. Galenus", O. Katz. 1890). Zijn theorie over het Zien is het uitvoerigst uiteengezet in „de Placitis Hipp. et Plat." Cap. VI en VII (Ed. Kühn).

Voor zoover het mij bekend is, komen er in de oude handschriften geen afbeeldingen van het oog voor en daar de tekst niet zoo exact is als die van de moderne boeken over de anatomie, is het niet altijd mogelijk een juiste voorstelling te krijgen van de opvattingen van *Galenus* [1]).

De schrijver vergaarde zijn anatomische kennis bij het ontleden van dierenoogen en daarom beschrijft hij, behalve de 6 uitwendige spieren, welke ook bij den mensch gevonden worden, nog een 7e spier (tegenwoordig m. retractor bulbi genaamd) [2]).

Galenus gaf een beschrijving van de anatomie van het oog, die hier zeer verkort zal worden weergegeven.

Aan de voorzijde van de hersenen ontspringen symmetrisch twee *holle* zenuwen. (De meening dat er in de oogzenuwen holtes zouden zijn was zeer oud. Men vindt deze opvatting reeds bij *Alkmaeon* uit Croton (omstr. 520 v. C.), bij *Heraclitus* (omstr. 500 v. C.) en bij *Herophilus* (omstr. 300 v. C.)).

De twee zenuwen komen met elkaar in aanraking op de plaats, die later het chiasma genoemd werd. Elke zenuw treedt door een opening van de schedel in de oogkas, waarin zij zich verbreedt, het glasachtig lichaam omhult en daarna aan den omtrek van de lens vasthecht.

Galenus zegt uitdrukkelijk, dat de twee zenuwen elkaar in het chiasma niet kruisen, maar dat de holtes der twee zenuwen hier slechts met elkaar in communicatie treden.

De *lens*, die als de *zetel van het Zien*, beschouwd wordt, ontvangt voedsel uit het glasachtige lichaam, dat zelf weer van de retina uit gevoed wordt. Noch in de lens, noch in het glasachtige lichaam zijn bloedvaten.

---

[1]) De anatomie van het oog volgens Galenus wordt overgenomen door **Oribasius** (omstr. 325—363 n. C.), den lijfarts van **Julianus Apostata**, en heeft langs dezen weg waarschijnlijk de latere Arabieren beïnvloed (Oeuvr. d'Oribase. Ed. Bussemaker et d'Aremberg).

[2]) Latere schrijvers hebben deze 7e spier nog weer onderverdeeld en zoo vinden wij b.v. door **Constantinus Africanus** 9 uitwendige oogspieren vermeld. Bij **Fallopius** wordt het aantal pas tot 6 gereduceerd.

Behalve het voeden van de lens heeft de retina nog een andere functie. Dit vlies zou n.l. de veranderingen, die de lens bij het Zien ondergaat, naar de hersenen geleiden.

De gezichtszenuw wordt omgeven door twee scheden, waarvan de binnenste een voortzetting van de pia mater en de buitenste een voortzetting van de dura mater zijn zou. Uit de binnenste schede ontstaat de uvea, uit de buitenste de sclera. De sclera is aan de voorzijde doorschijnend en gelijkt hier op een dun gepolijst plaatje dat uit hoorn bestaat.

Het is niet goed te begrijpen, welke opvattingen *Galenus* over de plaats en de vorm van de lens had.

Hij zegt ergens dat de lens zich in het midden van het oog bevindt en dat zij den vorm van een halve bol heeft. Men zou hieruit kunnen afleiden dat de schrijver meende, dat het middelpunt van de lens met dat van het oog samenviel, en daarom hebben waarschijnlijk vele latere schrijvers de lens in hun afbeeldingen tè ver naar achteren geteekend.

Om de sclera zou een vlies liggen, dat door Galenus als een peesblad van de uitwendige oogspieren beschreven wordt, en hier om heen zou nog een omhulsel gelegen zijn (waarmede waarschijnlijk het bindvlies en het orbitale vet te samen bedoeld zijn).

Achter het hoornvlies, waarvan *Galenus* wist dat het sterker gekromd was dan de sclera, is er in de *uvea* een centrale opening, de pupil.

Tusschen de cornea en de uvea *(iris)* [1]) is een holte, die gevuld is met vloeistof, die op het wit van een ei gelijkt.

De pupil zou *pneuma* bevatten (hierover zal nog gesproken worden). De voorvlakte van de lens is met een uiterst dun vliesje bekleed. Dit vliesje, dat dunner dan spinrag zou zijn — en dat *tela aranea* genoemd wordt — zou de achtervlakte van de lens niet bekleeden. *Galenus* is van meening, dat het reflexbeeldje (dat in werkelijkheid op een spiegeling op het hoornvloes berust) op deze tela aranea ontstaat.

Hierboven werd gezegd dat Galenus de lens als een halve bol beschreef. Maar elders spreekt hij over de lens als over een *biconvex* lichaam. (Het is echter mogelijk dit zoo te lezen dat Galenus wilde zeggen, dat de lens geen zuiver bolvormig lichaam was, p. 53).

Galenus wist, in navolging van Euclides, dat de beelden in de twee oogen van elkaar verschillen. Hij kende de dubbelbeelden, welke kunnen worden waargenomen, wanneer men met een vinger tegen het oog drukt, en hij kende ook het verschijnsel van het dubbelzien, dat bij scheelzien met hoogteverschil kan worden

---

[1]) Het woord **iris** wordt door Galenus wel gebruikt, maar in een andere beteekenis dan die welke wij er aan hechten. In de moderne beteekenis komt het woord **iris** voor bij **Rufus** (vgl. **Hirschberg.** Woerterb. d. Aughk., p. 9). Bij de latere schrijvers wordt de iris gewoonlijk „uvea" genoemd.

geobserveerd. (Hij meende ten onrechte, dat bij binnenwaarts en buitenwaarts scheelzien geen diplopie voorkwam).

Deze schrijver kende de verschijnselen van het *lichtcontrast* (misschien ontleend aan *Plato*, Politeia, 585 A).

Men heeft wel eens de meening verkondigd, dat *Galenus* geloofde dat het Zien in het chiasma tot stand zou komen. Dit is echter niet waar. De schrijver zegt slechts dat in het chiasma het pneuma van het eene oog met dat van het andere oog in verbinding treden kan.

Wij zien uit het bovenstaande, dat *Galenus* reeds een vrij goede voorstelling van de macroscopische anatomie van het gezichtsorgaan had.

En het doet dan ook vreemd aan wanneer bij bij een lateren schrijver, *Pellier de Quengsy* fils, in een hoofdstuk, dat „erreurs des anciens" heet, te lezen :

1. la sclérotique et la cornée ne formoient qu'une seule et même membrane;
2. suivant eux, l'iris n'étoit qu'une continuation de la choroide;
3. ils prenoient le plexus ciliaire pour être une continuation de la choroide ;
4. les vaisseaux de la lentille étoient une fable pour eux".

En hij voegt er aan toe : „Tels sont les faux préjugés de nos Anciens" (!). (Receuil de mémoires et d'observations etc., p. 18, 1783).

Het is niet duidelijk, welke voorstelling *Galenus* over het ontstaan van de lichtwaarneming had.

Want in „de Usu partium" (vertaling Katz, p. 21) staat : „die Retina verwaechst mit dem Krystallkoerper (Linse) und kan so ein guter Bote fuer das vom Krystallorgan Empfundene werden." Hieruit zou men kunnen afleiden dat het netvlies de weg is, waarlangs de veranderingen, welke door het licht in de lens zijn veroorzaakt, worden voortgeleid. (Dat de lens de zetel van het Zien zou zijn is een oude opvatting — die ook bij *Celsus* (1e eeuw n. C.) voorkomt — en die pas in de 16e eeuw overwonnen werd).

Maar elders lezen wij (*Siebeck* 1. c. I, 2, p. 192), dat *Galenus* meende, dat de waarneming niet in de hersenen, maar in het oog zelf geschieden zou. Het oog werd dan als een uitstulping van de hersenen beschouwd.

Verder zegt *Galenus* (*Hirschberg*, Gesch. d. Augenh., p. 173), dat het oog een lichtend pneuma uitzendt, dat zich in de omringende lucht verbreidt en daarmede tot overeenstemming komt. Deze opvatting — welke aan Plato doet denken — is die, welke door *Nemesius* aan Galenus toegeschreven wordt.

Het schijnt mij niet mogelijk een scherp omschreven voorstelling van de opvatting van *Galenus* over deze kwestie te krijgen (zie ook : de Hippocratis et Platonis placitis, p. 615 vlg., ed. Mueller).

Daar *Galenus* een autoriteit werd komt bij zijn volgelingen deze vaagheid ook tot uitdrukking en wel in de driedubbele perceptie, zooals deze bij *Alhazen* voorkomt n.l. :

1. een perceptie door de lens, die langs het netvlies verder geleid wordt ;
2. een dóórdringen van „species" — welke door de lens, het glaslachtig lichaam en de gezichtszenuw heen gaan — naar de hersenen ;
3. de werking van het pneuma [1]).

(Hierover zal later nog uitvoerig gesproken worden).

Wil een aandoening van het gezichtsorgaan tot een voldoend effect leiden, dan moet hierbij ook het geheugen en de „connumeratio" medewerken, en het volledige effect wordt pas verkregen door de discursieve en diagnostische vermogens van de ziel (Comm. I in Hippocr. Lib. d. Med. Officina, text 3) en ook door „syllogismus" (waarover later nog bij Alhazen gesproken zal worden).

Bij ieder zintuig behoort een bepaalde soort van prikkels, waardoor dit zintuig geprikkeld kan worden. *Galenus* ziet hierin een bevestiging van de oude stelregel, dat *het gelijke slechts door het gelijke gekend* kan worden. Het oog kan, tengevolge van zijn Licht-natuur het licht waarnemen. *(Siebeck,* 1. c. 192) [1]).

De ervaring is volgens deze auteur een belangrijke factor bij het duiden van de gezichtsindrukken en hij zegt, dat wij allerlei „entoptische" verschijnselen buiten het oog waarnemen, omdat wij gewoon zijn dingen te zien, die buiten ons oog gelegen zijn. Zoodat wij ook in de weinige gevallen, waarin de objecten binnen ons oog gelegen zijn, uit gewoonte exterioriseeren.

Evenals *Ptolemaeus* heeft ook *Galenus* de aandacht gevestigd op het gebruik van de redeneering, een redeneering, die zoo snel geschiedt dat wij niet bemerken dat wij redeneeren. (Aanduidingen van deze denkwijze zijn reeds in *Aristoteles'* „de Memoria" te vinden).

Hierboven werd reeds over het *Pneuma* gesproken. Daar bij de Middeleeuwsche schrijvers over dit onderwerp zoo veel geschreven werd zal hier een korte uitweiding over dit begrip gegeven worden.

In de Oudheid en ook nog lang daarna (b.v. bij *Boerhaave)* wordt het *Pneuma* of de *Spiritus* beschouwd als een stof, waar-

---

[1]) Volgens **Galenus** is de gewaarwording niet het zelfde als de verandering welke het zintuig ondergaat ; de gewaarwording is de „diagnosis" van de verandering (de Plac. Hipp. et Plat. VII C. 14, 16, 17).

Vgl. „das Sonnenhafte Auge" bij **Goethe.** „Goethe war davon überzeugt dass zwischen der sinnlichen Wahrnehmung und den physischen Vorgängen eine Verwandschaft des Wesens bestehe, dass die Sinnesempfindungen nicht nur „Zeichen" dieser Vorgänge seien, wie später **Helmholtz** es formulierte." **(Jablonsky,** Sudhoff's Archiv. 1930, 306—331).

van het bestaan niet aan twijfel onderhevig is. („Spiritus qui est medius inter animam et corpus." *Avencebrol.* Fons vitae, 75).

In verschillende periodes heeft men verschillende opvattingen over den aard van het Pneuma gehad. Soms dacht men dat het een uiterst fijne stof was, terwijl in andere periodes aan een tamelijk grove materie gedacht werd. Zoo meende b.v. *Alhazen,* dat het lichtbrekend vermogen van de Spiritus met dat van het corpus vitreum overeenkwam. Latere schrijvers, b.v. *L. F. Deshais Gendron* beschouwen de „esprit animal" als een dunne vloeistof, welke tusschen de zenuwvezels stroomt.

Ter voorkoming van misverstanden zij er op gewezen, dat het woord „spiritus" ook gebruikt werd om bepaalde vermogens aan te duiden, b.v. spiritus visivus (gezichtsvermogen).

Hoe is men aan dit begrip gekomen ?

De beteekenis van het woord *Pneuma* is *wind* en *(levens-)adem.* Van oudsher werd door de Grieken aan de in beweging verkeerende lucht het vermogen toegekend de materie te bezielen en zoo kwam men er toe de Ziel als lucht te beschouwen. De wijsgeer *Anaximander* had de lucht zelfs als het principe van het Heelal beschouwd. (610—547 v. C.) [1]).

De medici hebben groote waarde gehecht aan den invloed van de ingeademde lucht (o.a. *Hippocrates).* De aard van het pneuma zou de gezondheid beïnvloeden. De lucht zou door de bloedvaten voortbewogen worden. De oude meening, dat de arterien slechts lucht zouden bevatten begint in den Romeinschen Keizertijd te wijken voor de opvatting, dat in de arterien bloed en lucht aanwezig zijn. *(Aulus Gellius,* Noctes Atticae, Lib. XVIII, Cap. X).

Dikwijls krijgt men den indruk, dat de schrijvers zich voorstellen, dat het Pneuma zoowel physische als psychische eigenschappen heeft.

Het begrip Pneuma of Spiritus wordt tot een factotum of een Deus ex machina, waarvan men zich bedient, wanneer men een kloof tusschen materieele en geestelijke processen overbruggen wil.

Galenus laat zich niet uit over de kwestie of het Pneuma de ziel zelf of een werktuig van de ziel is. Het maakt echter den indruk, dat hij er instrumentale eigenschappen aan toekende [2]).

Het Pneuma zou invloed hebben op het ontstaan van lichaamswarmte en zoo wordt er ook gedacht aan een verband tusschen pneuma en vuur.

Het is noodig, dat men bij het lezen van de werken van iederen schrijver afzonderlijk eerst nagaat, wat hij bedoelt, wanneer er over pneuma of spiritus gesproken wordt (zoo wordt het woord ook wel eens gebruikt in den zin van innervatie).

---

[1]) Dit is de meening van **Schwegler;** Gesch. d. Philos; ed. Reclam p. 23; volgens **Zeller** l.c. I, 188, is dit niet zeker.

[2]) Later gaat men aan de spiritus lichtend vermogen toeschrijven. Vgl. **O. G. Gruner.** The Canon of Medicine of **Avicenna,** p. 535.

Bij *Galenus* vinden wij het woord in de volgende beteekenissen:

1. *Lucht*, die ingeademd wordt en naar de linkerhelft van het hart gaat, van waar uit zij langs de arterien door het geheele lichaam verbreid wordt ;
2. een zeer *ijle stof* (uit de lucht gevormd) die als *levensprincipe* beschouwd wordt. Van deze stof bestaan drie modificaties :
   A. *spiritus naturalis* (pneuma physicum) ;
   B. *spiritus vitalis* (pneuma zoticum) ;
   C. *spiritus animalis* (pneuma psychicum) [1].

Deze stof zou van de hersenventrikels uit, door de holle gezichtszenuwen naar de oogen gedreven worden. Wij hebben reeds gezien, dat *Galenus* meende, dat deze stof in de pupil aanwezig was en ook naar buiten gedreven kon worden. (Vgl. Galen on the natural faculties. Ed. A. J. Brock).

Niet slechts door zijn anatomische kennis en door zijn leer van het pneuma heeft *Galenus* veel invloed uitgeoefend; ook zijn *teleologische* opvattingen hebben vele latere schrijvers beïnvloed. Volgens *Galenus* is de „Physis" een scheppend kunstenaar en het levende organisme, als een eenheid van psyche en materie, zou zijn meesterwerk zijn. Elke eigenschap van het lichaam heeft een bepaald nut. Steeds is de Natuur uitgegaan van de bedoeling alles zoo goed en zoo nuttig mogelijk in te richten (onder invloed van *Aristoteles;* vgl. *Vollgraff*, l.c. p. 54—55). Tot zijn tijdgenooten, die deze opvatting niet deelen zegt de schrijver (ik neem hier de vertaling van *Katz* over) : „Entweder soll man zeigen, dass es wirklich eine bessere Einrichtung gibt, als die jetzt bestehende, oder wenn das nicht kann, das Vorhandene bewundern" (Katz, p. 29), en het is vermakelijk te lezen hoe hij, in het bewustzijn van zijn geestelijke superioriteit, zijn denkbeeldige tegenstanders behandelt. Men moet hier denken aan de houding van een oudere-jaars student tegen een novitius.

Galenus verklaart veel met argumenten, die verband houden met de teleologie. Een gevaar schuilt hierin, dat men verklaringen onweerlegbaar *acht*, omdat zij overeenkomen met de bij voorbaat als *waar* aangenomen teleologische strekking.

Galenus, die een buitengewoon man was, ondervond hiervan weinig hinder. Maar de latere schrijvers, die meestal niet op hetzelfde geestelijk peil stonden, maken den indruk, dat zij overgelukkig zijn, wanneer zij, door gebruik te maken van teleologische slagzinnen, van verder onderzoek ontheven zijn.

Ten slotte zij nog op een uitlating van *Galenus* de aandacht

---

[1]) Later vindt men de onderscheiding in spiritus physicus, naturalis en animalis (die Philosophie d. **Alanus de Insulis**; ed. Baumgartner 1896, p. 19). Een uitvoerige middeleeuwsche verhandeling over dit onderwerp vindt men in : „de Motu Cordis' van **Alfredus Anglicus** (ed. Baeumker) dat omstreeks 1210 geschreven werd.

gevestigd : „Ich habe 10.000 Mahl in meinem Leben die Erfahrung gemacht, dass Leute, die gern mit mir zusammenkamen, wegen meiner aerztlichen Thaetigkeit bei Kranken, in der ich ihnen grosse Uebung zu besitzen schien, sobald sie erfuhren dass ich auch in der Mathematik bewandert sei, mich ganz und gar mieden und gar kein Vergnuegen empfanden, wieder mit mir zusammenzusein." (Vertaling van Katz, p. 119).

Deze opmerking is daarom zoo belangrijk, omdat er uit blijkt, dat reeds in dezen tijd de belangstelling voor de wiskunde gaat verflauwen, een gebrek aan belangstelling, dat in de Latijnsche wereld tot in de 12e eeuw is blijven heerschen. Voor de optiek lag hierin een nadeel, daar men de mogelijkheid van een geometrische behandeling van problemen, welke met het Zien en met het Licht in verband stonden, over het hoofd zag.

HOOFDSTUK III.

In de voorgaande bladzijden zijn besproken de elementen van de klassieke Optica, die de latere schrijvers, voor wie Ghiberti zich zoo zeer interesseerde, in sterke mate beïnvloed hebben.

Om de optiek van de schrijvers uit de 13e eeuw, en vooral van *Roger Bacon* te begrijpen, moet men weten hoe de kennis van de klassieke schrijvers overgeleverd werd.

Hierbij moeten twee wegen onderscheiden worden.

1. de *Latijnsche* weg ;
2. de *Arabische* weg.

Deze twee wegen komen in de 12e en 13e eeuw tot vereeniging.

Wij zullen hier eerst behandelen de ontwikkeling der optiek bij de vroeg-middeleeuwsche schrijvers, die in het Latijn schreven.

Gibbon (Dl. I, p. 73, Chandos ed.) heeft gezegd : "If a man were called to fix the period in the history of the world, during which the condition of the human race was most happy and prosperous, he would, without hesitation, name that which elapsed from the death of Domitian to the accession of Commodus" (96—192).

Wanneer men echter de geschriften uit de vroege middeleeuwen leest krijgt men den indruk, dat de meeste schrijvers geen optimistischen kijk op het leven hadden. En zoo gaat een Godsdienst, waarin het aardsche leven slechts als een voorafgaand stadium van een ander en beter leven beschouwd wordt, veld winnen.

Aanvankelijk waren de aanhangers van het nieuwe Christelijke geloof geen voorstanders van de beoefening der wetenschap. (*Baeumker*, Allg. Gesch. d. Philos., p. 265). Hun wereld was een andere dan die van de wijsgeeren. Men was zelfs bang voor de wetenschap, die als een bron van kettersche opvattingen beschouwd werd. Geleidelijk is hierin verandering gekomen. Verschillende aanhangers van de nieuwe leer waren, vóór het tijdstip van hun bekeering, wijsgeerig geschoold en zij meenden hun kennis bruikbaar te kunnen maken om de nieuwe leer te verdedigen of aannemelijk te maken. Zij trachtten de tegenstanders met hun eigen middelen te bestrijden.

Zoo is er langzamerhand een wetenschap van het geloof ontstaan, waarin allerlei elementen uit de Grieksche wijsbegeerte teruggevonden kunnen worden. Men hoort stemmen, die de wijsbegeerte als een geschikte propaedeuse voor het godsdienstig denken beschouwen.

De wetenschap wordt tot wetenschap van de Christelijke Kerk en men heeft bijna alleen belangstelling voor die problemen, die als de hoogste beschouwd worden.

Aan de natuurkunde wordt dan ook weinig aandacht besteed. Het schijnt de menschen, die in de vroege middeleeuwen leefden,

weinig geïnteresseerd te hebben, hoe het eene object zich tot het andere verhield. De uitgebreide kennis van de natuur, die men aan *Aristoteles* had kunnen ontleenen, werd niet gewaardeerd, en het is waarschijnlijk geen toeval geweest wanneer onder de geschriften van *Aristoteles* slechts diegene, waarin over de logica gesproken werd, de belangstelling bleven trekken. Zijn geschriften over de Physica, die gedurende de 1e eeuw van onze jaartelling nog een algemeene bekendheid genoten, schijnen in de 3e en 4e eeuw nauwelijks meer bekend te zijn geweest. (In het algemeen werd het aantal klassieke geschriften, dat gelezen werd, kleiner. Zoo zijn er vele boeken in de vergetelheid geraakt, die pas later onder invloed van de wetenschap der Arabieren, een hernieuwde belangstelling gingen trekken [1]). Het aantal diergenen, die Grieksch konden lezen nam af.

Onder de problemen, die de aandacht bleven trekken, behoorde de vraag, hoe het mogelijk was, dat een object waargenomen werd, en hiermede bleef het Zien de belangstelling trekken. Maar hierbij werd niet zoo zeer gelet op de afzonderlijke verschijnselen, die men aan de objecten kon waarnemen, als wel op de verhouding, waarin de objecten in het algemeen tot de ziel stonden. Men schijnt er geen behoefte aan gehad te hebben het feitenmateriaal uit te breiden. Het aantal der bekende feiten werd voldoende geacht om er, langs den weg der redeneering, allerlei conclusies aan vast te knoopen. Zoo treft men steeds dezelfde voorbeelden aan, die van den eenen schrijver op den anderen overgaan. De belangstelling in de wiskunde gaat verdwijnen. In de wetenschap gaat het om andere dingen dan de zuivere natuurkunde. Alle wetenschap is hier encyclopaedisch en in het middelpunt van deze wetenschap is de Theologie gelegen. De afzonderlijke physische verschijnselen worden slechts in zoo ver belangrijk geacht, dat zij het mogelijk maken een theologische stelling aanvaardbaar te doen zijn.

Op het gebied der Optiek worden dan ook geen nieuwe verschijnselen beschreven. Zelfs worden vele verschijnselen, waarin men vroeger een tamelijk goed inzicht had, op veel minder juiste wijze beschouwd.

Een voorbeeld is het volgende. Zooals wij reeds zagen hadden *Euclides* en *Ptolemaeus* een verband gelegd tusschen de grootte van de gezichtshoeken en de schijnbare grootte der objecten. Dit alles schijnt vergeten te zijn. Zoo beschouwt b.v. *Ambrosius* (omstr. 337—397 n. C.), dat wij de Zon slechts ter grootte van een el zien (cubitalis), omdat de afstand van ons oog tot de zon

---

[1]) Ten tijde van **Seneca** (2—66 n. C.) waren de geschiften van **Aristoteles** nog in ruimte mate bekend; in den lateren **Keizerstijd** werd deze bekendheid al minder. Nestoriaansche Syriërs gingen zich in de 5e eeuw met de geschriften van Aristoteles bezighouden. Deze gingen later naar Perzië, waar zij invloed kregen op de Arabieren, waarover nog gesproken zal worden. (**G. v. Hertling**; Beitr. z. Gesch. d. Philos. d. Mittelalt. Bd. XIV, p. 52).

zoo groot is, dat onze blik er slechts moeielijk kan doordringen en daardoor verduisterd wordt. Het beeld („species") wordt kleiner, niet de vorm van de zon. (Patral. Lat. XIV, 201).

Dikwijls wordt de meening verkondigd, dat de Wetenschap gedurende de middeleeuwen aan weinig variaties onderhevig is geweest. Wanneer men echter de geschiedenis nauwkeurig bestudeert kan men bemerken, dat er een bonte verscheidenheid in de opvattingen bestaan heeft.

De belangstelling voor de Optica, die in de middeleeuwen ook aan groote schommelingen onderhevig was, moet steeds beschouwd worden in verband met de houding, die het meerendeel der geleerden op een bepaald tijdstip ten opzichte van de profane wetenschappen innam. *(H. Felder,* das Studienprogramm der Franziskanerschulen im 13 Jh., 1904).

Bij verschillende monniksorden heerschte soms de opvatting, dat het bestudeeren van profane onderwerpen met het monnikzijn onvereenigbaar was. Het wereldsche element moest zoo veel mogelijk uitgeschakeld worden, opdat men zich met des te meer energie op theologische onderwerpen zou kunnen richten en opdat men meer tijd zou overhouden voor bespiegelingen over de hoogste en laatste problemen.

Maar naast de wereld der geleerden waren er de leeken en dezen ondervonden in den strijd om het bestaan behoefte aan eenige kennis van aardsche problemen, en zoo moesten er wel eens nieuwe feiten opgemerkt worden, die dan stof tot denken gaven. En ook de kloosterbroeders, die dikwijls voor problemen van landbouwkundigen- en veeteeltkundigen aard gesteld werden, en die met de geneeskunde in aanraking kwamen, hebben hun exclusief-theologische houding wel eens moeten laten varen.

Sommige schrijvers zijn van meening, dat in de kloosters, waar de beoefening der theoretische wetenschap naast die der practische vakken stond, een hernieuwde belangstelling voor de natuurwetenschappen ontstaan is.

De belangstelling voor de profane wetenschappen was niet constant. Soms waren er tegelijkertijd geleerden, wier appreciatie van de natuurwetenschappelijke feiten onderling sterk verschilde.

Het is dan ook moeielijk met nauwkeurigheid aan te geven in welke periodes de belangstelling voor de physica het grootst was.

De grondslag van de wetenschappelijke opvoeding gedurende de vroege middeleeuwen werd gevormd door de zeven *artes liberales*, die onderverdeeld waren in *trivium* (grammatica, rhetorica en logica) en *quadrivium* (arithmetica, geometria, astronomia en musica). Men krijgt een inzicht in de kennis van de ontwikkelde menschen uit deze tijden, wanneer men het bekende boek van *Martianus Capella* (5e eeuw), waarin op encyclopaedische wijze over de 7 artes liberales gesproken wordt, leest (De Nuptiis philologiae et Mercurii). Met dit boek staan in verband latere encyclopaedische werken o.a. Etymologiarum sive originum van

Isidorus Hispalensis (570—636) [1]) en de geschriften van *Beda venerabilis* (omstr. 700). In deze boeken is weinig te vinden wat op de optiek betrekking heeft en datgene wat er over het Zien gezegd wordt is zeer elementair.

Een groot verschil tusschen de natuurwetenschap der klassieken en die van de vroege middeleeuwers is hierin gelegen, dat de Grieken meenden, dat zij door de natuur te bestudeeren, de hoogste problemen konden benaderen, terwijl de Christenen uit de vroege middeleeuwen van oordeel waren, dat datgene, wat men zonder bemiddeling der natuurwetenschap bereiken kon, het belangrijkste was. Hierdoor geraakte de physica op den achtergrond en werd de psychologie belangrijker geacht, en wel een psychologie, die er o.a. op gericht was te leeren, hoe het mogelijk was, dat een materieel object tot waarneming zou kunnen komen.

Dit metaphysische denken had minder behoefte aan natuurobservatie dan aan een volledige ontwikkeling der begrippen.

Naar aanleiding van een van ouds bekend feit gaat men redeneeren ; er is slechts een physische belangstelling uit de tweede hand.

Sommige schrijvers vinden zelfs, dat het waarnemen van verschijnselen der buitenwereld het denken belemmert [2]) en zoo vindt men wel eens de opvatting verdedigd, dat de achteruitgang van de gezichtsscherpte, welke bij grijsaards gevonden wordt, zeer nuttig is, omdat de geest van oude menschen minder door de aardsche verschijnselen gestoord wordt.

Als uitgangspunt van redeneering gebruikte men feiten, die bij bekende oude schrijvers vermeld werden. Men erkende als autoriteit, naast de Heilige Schrift, een aantal klassieke en vroeg-Christelijke auteurs. Wanneer in deze geschriften een feit beschreven wordt, is er aan de juistheid niet te twijfelen. Wanneer een feit maar herhaaldelijk door verschillende schrijvers vermeld wordt geldt dit als een axioma. Zoo worden bepaalde verschijnselen, die op zichzelf niet bizonder belangrijk zijn, gedurende vele eeuwen telkens herhaald. Wat Euclides gezegd heeft wordt dikwijls in nagenoeg gelijke bewoordingen nog bij *Aguilonius* (omstr. 1600) teruggevonden. Om de een of andere dikwijls onnaspeurbare reden schijnen bepaalde stellingen tot het menschelijk verstand te spreken. Tot deze stellingen behoort de beschrijving van het feit dat een vierkant, wanneer het van verre gezien wordt, rond kan schijnen; dat de lynx door een laag aarde heen kan zien ; dat Keizer Tiberius bij het

---

[1]) **Isidorus** en **Martianus** staan beiden onder invloed van **Solinus'** (3e eeuw) „Collectanea rerum mirabilium" en dit geschrift hangt weer met **Plinius** samen. (Vgl. de uitgave van **Mommsen** (1895) waarin een overzicht van de correspondeerende plaatsen voorkomt).

[2]) Deze meening werd ook reeds in de Oudheid verkondigd. O.a. wordt vermeld dat **Democritus** zichzelf van het gezicht beroofde. (**Aulus Gellius**, Noct. Att. Lib. X. C. XVII).

ontwaken in volkomen duisternis scherp kon zien, enz. Zoo wordt ook herhaaldelijk gezegd dat de groene kleur heilzaam voor de oogen is [1]), terwijl de duisternis schadelijk voor de oogen zou zijn. In verband hiermede zegt *Isidorus Hispalensis*, dat „Nox" afgeleid is van „nocere" (Lib. V. Cap. 31).

Dit autoriteitsgeloof kwam niet alleen bij Christelijke schrijvers voor. Men treft het ook aan in de geschriften der Arabieren. Een merkwaardig voorbeeld vindt men in het werk van *Alkindi*. Deze schrijver bespreekt de leer van de gezichtstralen. Hij vermeldt de meening van *Euclides*, die aan tusschenruimtes geloofde. Volgens *Alkindi* zijn er, in overeenstemming met *Ptolemaeus*, geen tusschenruimtes. Maar nu is *Alkindi* zoo zeer van de autoriteit van *Euclides* overtuigd, dat hij zegt, dat deze schrijver de bezwaren tegen zijn opvatting wel gekend moet hebben. *Euclides* moet dus wel een geldige reden gehad hebben, wanneer hij aan de ruimtes tusschen de stralen gelooft. *Alkindi* redt zich uit de moeielijkheid door de volgende redeneering: door een punt kunnen een oneindig aantal rechte lijnen getrokken worden. Daar het aantal stralen onbeperkt is, moeten er tusschenruimtes zijn. Want als er geen tusschenruimtes waren zou het aantal bepaald moeten zijn. En dit zou *Euclides* wel bedoeld hebben (!)

De ontwikkeling van een bepaalden tak van wetenschap, zooals b.v. de Leer van het Zien, werd ook belemmerd door het feit, dat alle schrijvers een algemeene philosophische opleiding genoten hadden, en dat het werken aan deze algemeene ontwikkeling geen tijd overliet een bepaald onderdeel — dat bovendien niet belangrijk geacht werd — uitvoerig te bestudeeren. Ook waren verschillende schrijvers de meening toegedaan, dat men de wetenschap niet kon vooruitbrengen door slechts een bepaald onderdeel te bestudeeren. Zoo zegt b.v. *Hugo van St. Victor* (Patrol. Lat. 176, 769 C.), dat de wijsgeer een encyclopaedische kennis bezitten moet, en dat zij, die zich een bizonderen tak van wetenschap kiezen, en daarbij meenen, dat zij tot een volledige kennis geraken, zich vergissen. (Waarbij de schrijver over het hoofd zag, dat de specialist door een vermeerdering van feitenkennis, het algemeene peil der wetenschap kan helpen verhoogen).

De tijdroovende studie der natuur wordt vermeden en de kennis van de natuur, zooals deze in de oudheid vergaard was, wordt geschematiseerd. Dit is te bemerken aan de anatomische beschrijvingen van het oog, die geheel in een combinatie van meetkundige figuren opgaat, terwijl ook de functies van dit oog geschematiseerd worden. Dit is reeds te vinden in een geschrift van *Heliodorus van Larissa* dat „Capita opticorum" heet.

Het Boek van *Heliodorus* (dat ook wel aan Damianus, waar-

---

[1]) Misschien hangt dit samen met de oud-Egyptische opvatting, waar het groen als een levenbrengende kleur beschouwd werd. (**W. J. Perry**, the growth of civilisation, p. 49—50).

schijnlijk 4e eeuw n. C.) toegeschreven wordt levert ons typische voorbeelden van deze neiging tot schematiseeren.

Het maakt dikwijls den indruk, dat men zich niet kon voorstellen, dat de Natuur een orgaan zou kunnen doen ontstaan, dat niet precies, wat vorm en kleur betreft, aan een aantal meetkundige eischen zou voldoen. Met een „ongeveer" scheen men geen genoegen te nemen.

In *Heliodorus'* geschrift lezen wij nu dat *Ptolemaeus* in het eerste gedeelte van zijn Optica (dat, zooals reeds vermeld werd, verloren geraakt is) gezegd heeft, dat het licht, dat van het oog uitstraalt, de vorm van een kegel met een *rechten* tophoek heeft. (Volgens deze opvatting moet het gezichtsveld een zuiver-cirkelvormigen omtrek en in alle meridianen een uitgebreidheid van 45 graden hebben). *Heliodorus* zegt in verband hiermede, dat het noodzakelijk is, dat de doorsnede van de gezichtskegel de vorm van een cirkel heeft, want van alle figuren, die een gelijken omtrek hebben, heeft de cirkel de grootste oppervlakte. Wanneer de omtrek van het gezichtsveld cirkelvormig is kan men op één oogenblik het grootst-mogelijke aantal dingen zien.

Het zou mogelijk zijn, dat de omtrek van het gezichtsveld een cirkel was, terwijl de stralen toch geen kegel vormden maar een cylinder. Maar wanneer de stralen een cylinder vormden zou men slechts objecten kunnen zien, die de grootte van de pupildoorsnede niet overtroffen. Daarom kunnen de stralen geen cylinder vormen.

De top van de stralenkegel ligt, volgens *Heliodorus*, precies achter de pupil en wel juist in het middelpunt van den bol waarvan de pupil het vierde gedeelte vormt. Daarom heeft de gezichtkegel een rechten tophoek, en men kan met één blik een vierde gedeelte van de hemispheer overzien.

De tophoek is recht „quia Natura definitum antefert indefinito".

Hirschberg heeft er op gewezen (Gesch. d. Aughk., p. 169), dat men met een tophoek van 90 graden niet precies een vierde deel van de hemispheer zou kunnen overzien. Maar ofschoon de oude schrijvers dit ook wel hadden kunnen berekenen lag er in dit „precies vierde gedeelte" zooveel aantrekkelijks, dat zij de meening van *Heliodorus* dikwijls overgenomen hebben. *Bartholomaeus Anglicus* (de proprietatibus rerum, Lib. III c. 17, 1250) zegt nog: „Visus... comprehendit sub angulo recto" en ook *Piero della Francesco* (de Prosp. Pingendi, p. 30) schijnt nog deze beschouwingen te deelen.

Pas betrekkelijk laat heeft men gevonden, dat het gezichtsveld geen cirkelvorm heeft. Het pleit voor de zelfstandigheid van *Roger Bacon* wanneer hij zegt, dat het niet vaststaat dat de tophoek recht is en wanneer hij de meening oppert dat deze hoek bij verschillende menschen zou kunnen verschillen en dat de individueele pupilgrootte hier wel eens van invloed zou kunnen zijn.

(Voor de verdere geschiedenis van de kennis van het gezichtsveld zie : Arch. f. Aughk. 1933, Bd. 108, p. 317).

Het belangrijkste vraagstuk, waarmede men zich op optisch gebied bezig hield, was dat van de *verhouding van object, psyche en zintuig.*

Uit het feit dat men zich met onvoldoende kennis van feiten aan het bestudeeren van dit moeielijke vraagstuk wijdde, laat zich gedeeltelijk verklaren, dat de wetenschappelijke optiek zoo weinig vorderingen gemaakt heeft.

In de *Oudheid* had Plato het dwaas gevonden, dat men zich met ondergeschikte problemen der natuur bezig hield. Hij geloofde dat men slechts door het bestudeeren van de allerbelangrijkste vraagstukken tot de ware kennis der natuur zou kunnen komen. En de invloed van *Plato* was gedurende de vroege Middeleeuwen grooter dan die van *Aristoteles. Augustinus* was n.l. de leidende figuur in deze periode en in zijn geschriften was de invloed van *Plato* in hooge mate te bespeuren.

Over het object, zooals het *waargenomen* wordt, heeft men in den loop der tijden zeer verschillende opvattingen verkondigd. Terwijl in de nieuwere philosophie herhaaldelijk een duidelijk verschil tusschen het *„werkelijke"* voorwerp en het *„waargenomen"* voorwerp gemaakt werd krijgt men bij het lezen van de Grieksche schrijvers den indruk, dat er tusschen het object als realiteit en als voorstelling niet of nauwelijks onderscheid gemaakt wordt.

Ditzelfde geldt ook voor de vroeg-middeleeuwsche schrijvers, waarbij opgemerkt kan worden, dat er algemeen aan een dualistische opvatting vastgehouden werd. Lichaam en Ziel werden beschouwd als verschillende substanties, die tijdelijk met elkaar verbonden kunnen zijn.

Over het aandeel van de Ziel bij het Zien treft men verschillende meeningen aan.

1. de Ziel is actief ;
2. de Ziel is passief ;
3. zoowel de Ziel als het object zijn beiden actief.

Ad. 1. De kerkvader *Lactantius* (gest. 325 n. C.) zegt, dat de ziel door de oogen, als door vensters naar buiten ziet. („Mens quae per oculos ea quae sunt opposita transpiciat quasi per fenestras perlucente vitro obductas." De Opif. Dei Lib. VIII) [1].

Augustinus (354—430 n. C.) zegt : „Neque enim corpus sentit, sed anima per corpus." (De genes. ad litt. Lib. XII, c 24). In aan-

---

[1]) Deze meening schijnt met die van **Heraclitus** samen te hangen. **Tertullianus** („de Anima", C. 14) zegt, dat deze oude Grieksche filosoof over de Ziel gezegd heeft, dat deze door het geheele lichaam verbreid is „et ubique velut flatus in calamo per cavernas, ita per sensualia... emicet."

sluiting aan de zintuigelijke indrukken brengt de ziel spontaan de beelden, die behooren bij de lichamelijke indrukken der objecten, voort. *Augustinus* beschouwde het verstand zoozeer als actief, dat hij de indrukken op de zintuigen min of meer als een toevallige aanleiding tot eigen-werkzaamheid van de ziel beschouwde. Deze schrijver was ook van meening, dat er bij het Zien stralen van het oog uitgaan. (Musica VI B VIII Cap. 21).

Albertus Magnus (die zelf een andere opvatting toegedaan is) beschrijft de meening van *Augustinus* op de volgende wijze : „Omnia sensibilia esse in anima et per radios pyramidales tangentes sensibilia et vehentes virtutem visivam usque ad ipsam excitari animam, ut convertatur ad ea quae sunt apud eam recondita per naturam et inspicit ea." (Alb. d. Grossen Verh. z. Plato ; Leop. Gaul, 1913).

Men meent dus dat de beelden der voorwerpen reeds in latenten toestand in de ziel aanwezig zijn. Wanneer dan de ziel, door middel van de pyramidevormige uitstraling de voorwerpen bereikt, komt zij er toe aan deze voorwerpen aandacht te besteden en hierdoor ontwaakt in de ziel de herinnering aan de „oerbeelden". (Vgl. „De eodem et Diverso", Adelard van Bath, p. 44). Soortgelijke beschouwingen vindt men ook in het werk van *Anselmus van Canterbury* (Patrol. Latina, 158 ; die Erkenntnislehre d. Ans. v. C.; ed. J. Fisher, 1911).

(Er wordt ook dikwijls de meening verkondigd „sentire *pati* est" (b.v. *W. van Auvergne*, de Unitate II p. I. C. 14) maar dan betreft het „pati" slechts het orgaan en niet de ziel. De beeldvorming in het oog is slechts een voorwaarde voor het ontstaan van een begeleidende gewaarwording, die zelf niet als een „lijden" beschouwd mag worden).

De objecten werken dus niet op de ziel in.

Ad 2. De meening, dat de Ziel bij het Zien passief zou zijn, was in de Oudheid door Stoici en Sceptici geopperd. Deze meening vindt onder de Middeleeuwsche Christelijke schrijvers geen aanhangers. (Bij Arabische schrijvers komt de meening, dat de ziel zou lijden wel eens voor b.v. bij *Isaac ben Salomon Israeli* (omstr. 845—940).

Ook de leer van het Zien, zooals deze door *Epicurus* verkondigd was, heeft zich, waarschnijlijk als gevolg van de materialistische opvattingen van dezen philosooph, niet in de gunst der Christelijke schrijvers mogen verheugen. Er is mij slechts één Kerkvader en wel de Griek *Gregorius van Nyssa* (331—394) bekend, die een aanhanger schijnt te zijn van de leer der door de objecten uitgezonden beeldjes. Maar hij modificeert de leer van *Epicurus* in zooverre, dat hij niet gelooft, dat de „simulacra" door eigen kracht of door de kracht van het object naar het oog komen, maar hij meent, dat het oog de beeldjes aantrekt en

hiermede is het oog van passivum tot activum geworden. (Gregorii Nysseni episcopi Opera, 1617, p. 16).

Volgens deze beschouwing zouden er dus alleen beeldjes uitgaan naar de plaats, waar zich een oog bevindt. Hiermede hangt waarschijnlijk een plaats in de inleiding van *Vitello's* optica samen waar de meening, als zouden de „species" niet in alle richtingen gaan, bestreden wordt.

Ad. 3. De meening, dat bij het Zien, zoowel de psyche als het object beiden actie zijn, is aan *Aristoteles* ontleend. Deze meening komt in de Middeleeuwsche optiek pas laat haar intrede doen. Bij de bespreking van de leer van *Alhazen* zal hierover nog uitvoerig gesproken worden.

Hier zij er op gewezen, dat volgens deze meening in het orgaan een verandering te voorschijn geroepen wordt; er wordt n.l. een beeld gevormd, dat de eigenschappen van het object heeft; dit beeld is een beeld zonder materie. Maar de eigenschappen van het beeld zijn dezelfde als die van het voorwerp, dat tot afbeelding komt [1]). Dit geloof aan de gelijkheid van de eigenschappen van voorwerp en beeld heeft later de ontwikkeling der optiek tegengehouden. Men was n.l. in de 16e eeuw zoo ver in de kennis der physische optiek gevorderd, dat men er bijna toe gedwongen werd de leer van het omgekeerde beeld op het netvlies te aanvaarden. Het geloof dat een rechtopstaand voorwerp ook een rechtopstaand beeld moest veroorzaken heeft echter het aanvaarden van de juiste opvatting lang tegengehouden.

Sommige schrijvers, die ook aanhangers van *Aristoteles* waren, vonden dat de ziel te veel als passief beschouwd werd en zij hebben door toevoegingen getracht tot een theorie te komen, waarin aan de ziel een grootere mate van activiteit toegekend werd. Hierover zal later nog gesproken worden, wanneer de leer van *Roge Bacon* ter sprake zal komen.

Naar aanleiding van het bovengenoemde *beeld zonder materie* zij de aandacht gevestigd op het feit, dat vele Middeleeuwsche schrijvers zich de verschillende hoedanigheden der objecten als krachten voorstelden, welke ook zonder materieele basis tot verwerkelijking konden komen. Zoo kon men zich voorstellen, dat het licht eerder geschapen was dan de zon(*Basilius*, Hexaemeron, II, c. 7). En ook kon men zich warmte zonder materie voorstellen. Alle natuurkrachten werden als afzonderlijke wezens beschouwd. En aan de mogelijkheid van een overgang van de eene soort van energie in de andere schijnt men niet (of zelden) gedacht te hebben. Zoo wordt niet aan een overgang van licht in warmte

---

[1]) Verschillende schrijvers meenen dat de aanwezigheid van een beeld de ziel tot werking brengt. „Sed objecto praesente intellectui ipse intellectus fit in actu in quo non erat objecto absente. (Gottfr. v. Fontaines; Quodlibeta I. qu. 7, 1 T. p. 20; 1283).

geloofd [1]). Een lichaam dat verlichten en verwarmen kan heeft daarvoor twee *virtutes* noodig. De meeste schrijvers geloofden dat naast elke kracht een tegenovergestelde kracht moest staan. Wanneer een licht zwakker wordt schreef men dit niet altijd toe aan een vermindering van de hoeveelheid uitgezonden licht maar aan een toename van de verduisterende kracht.

Deze opvatting had men niet altijd gehad. *Aristoteles* [2]) had de duisternis beschouwd als de afwezigheid van vuur in het doorschijnende medium en zijn volgeling, de Arabier *Alhazen*, heeft deze meening overgenomen. „Obscuritas comprehenditur ex privatione lucis." (II, 58).

Wanneer men echter aan een verduisterende kracht gelooft, die aan het licht tegenovergesteld zou zijn, dan is het te begrijpen dat men, in verband met de Lichtmetaphysica (welke nog ter sprake zal komen) de Duisternis als een schadelijk agens voorstelde, en zoo kan men tot het verband brengen tusschen „nox" en „nocere" gekomen zijn. En waar men ook wist dat sterk licht het oog kon beschadigen heeft men het „groen", dat als een mengsel van licht en donker beschouwd werd, als een heilzame kleur kunnen aanbevelen.

Alkindi, die een groote mate van werkelijkheidszin vertoonde, had, naar aanleiding van zijn proeven met brandglazen, de meening verkondigd dat Licht verwarmen kon. Deze meening werd door *Averroës* bestreden met het argument dat er in het licht geen contrarium van de verwarmende kracht, dus geen afkoelende kracht, aanwezig kon zijn (*A. Mitterer*, Der Waermebegriff des Hl. Thomas v. Aquino, 1935).

In verband met deze opvattingen werd het licht niet van quantitatief standpunt uit beschouwd. De geleidelijke verzwakking van het licht, naar mate het verder van de lichtbron verwijderd is, werd dan ook niet in verband met de grootte der oppervlakken beschouwd. (Pas *Kepler* heeft op de omgekeerde verhouding tusschen de grootte der oppervlakken en de lichtsterkte gewezen. „Sicut se habent sphaericae superficies... ita se habet fortitudo seu densitas lucis in angustiori ad illam in laxiori sphaerica superficie, hoc est, conversim (Ad. Vitell, Paral., Prop. IX).

In de Middeleeuwsche literatuur wordt dikwijls over *gezichtsbedrog* gesproken, waarbij opgemerkt moet worden dat men vele verschijnselen, welke thans niet hiertoe gerekend worden, voor gezichtsbedrog hield. Men beschouwde b.v. ook als gezichtsbedrog de brekingsverschijnselen, het schijnbare convergeeren van evenwijdige lijnen enz.

---

[1]) Baco tracht zich uit de moeielijkheid te redden door species univocales en aequivocales te onderstellen. (Zie hierover „de Multiplicatione specierum").

[2]) Probleem XVI, 1: „Indien schaduw is datgene wat (vanuit de zon) niet gezien wordt....". (Vgl. **Vollgraff**, l.c., p. 5).

De talrijke opvattingen over het gezichtsbedrog kunnen in eenige rubrieken ondergebracht worden.

A. *Er bestaat geen gezichtsbedrog.*

Deze meening wordt verdedigd door Quintus Septimius Florens *Tertullianus* (omstr. 200 n. C.), een Christelijk schrijver (Liber de Anima Cap. XVII). Hij ontkent de mogelijkheid van het gezichtsbedrog. Want wanneer er gezichtsbedrog mogelijk was, zouden wij nooit zeker kunnen zijn van de waarheid van een aantal verschijningen, welke in de Bijbel beschreven worden, waarbij verwezen wordt naar Mattheus XVII 1—3 en Johannes I, 33. (Elders neemt deze schrijver echter wel aan dat er gezichtsbedrog mogelijk is en hierbij kiest hij de meening, die onder B. 2 beschreven zal worden; Tertulliani opera omnia, 1854, p. 1020).

B. 1. *Alles is gezichtsbedrog* [1]).

In een latere periode der Middeleeuwen schijnen er aanhangers geweest te zijn van de opvatting dat alles slechts schijn was, en in zooverre zouden alle zichtbare verschijnselen als gezichtsbedrog beschouwd moeten worden. Er bestaat een boek dat bekend is onder den naam „Impossibilia" en dat wel eens toegeschreven wordt aan *Siger van Brabant*, die in de 2e helft der 13e eeuw in Parijs doceerde (Die Impossibilia des Siger von Brabant, Ed. Baeumker, 1898). Het is een strijdschrift dat ontstaan is in verband met het feit dat een „Sophist" in Parijs verschillende ongerijmdheden verdedigde en bewees. „Convocatis sapientibus studii Parisiensis proposuit sophista quidam impossibilia multa probare et defendere."

Tot deze stellingen behoorde o.a. deze, dat de Trojaansche oorlog in de 13e eeuw nog voortduurde en verder dat alles wat aan ons oog verschijnt slechts beeld of droomgezicht is („Omnia quae nobis apparent sunt simulacra et sicut somnia, ita quod non simus certi de existentia alicuius rei").

Het geschrift leert ons dat er in dien tijd door sommige geleerden aan de mogelijkheid gedacht werd dat de ruimte en de tijd zuiver phaenomenaal waren. Dat zij bij deze meening ook in theologisch opzicht bleven volharden is niet zeker. Want naar aanleiding van dergelijke disputen schrijft *Stephanus de Aurelianis*, Bisschop van Parijs, in 1277 : „Dicunt enim ea esse vera secundum philosophiam, sed non secundum fidem catholicam, quasi sunt duae veritates" (p. 106). Hier vindt men de dubbele waarheid beschreven.

2. *Het gezichtsbedrag* kan *door omstandigheden buiten het oog* veroorzaakt worden.

In de oudheid had *Epicurus* geleerd hoe de beeldjes op hun

---

[1]) In dit verband zij gewezen op de uiterst sceptische beschouwingen van den Arabier **Al-Gazzali** (geb. 1058); vgl. **W. Draper**: Hist. of the intellectual development of Europe, p. 50, vlg.

weg naar het oog beschadigd konden worden en hierdoor tot onjuiste voorstellingen konden leiden. Daar deze schrijver in de Middeleeuwen geen aanhangers vond, komt deze opvatting over het gezichtsbedrog bij de middeleeuwsche schrijvers niet voor. Ook *Ptolemaeus* had er op gewezen, dat omstandigheden buiten het oog verschijnselen van gezichtsbedrog kunnen veroorzaken. Hij noemt het voorbeeld van de roeiriem, die bij de overgang van lucht naar water gebroken schijnt te zijn, van den nevel, die de objecten grooter kan doen schijnen, van de schijnbare vergrooting der voorwerpen als gevolg van lichtbreking enz.

Deze beschouwingen over het gezichtsbedrog vinden in de 13e eeuw weer aanhangers.

In de vroege Middeleeuwen waren de geometrische beschouwingen op de achtergrond geraakt. Het kleiner-schijnen van ver verwijderde voorwerpen wordt niet meer met de gezichtshoeken in verband gebracht met een vermindering van de kracht der spiritus buiten het oog. Deze meening wordt verkondigd door *Chalcidius* (omstr. 300 n. C.) „Oneraria quippe navis eminus visa exigua apparet, deficiente contemplationis vigore nec se per omnia navis membra fundente spiritu." (In Timaeum Cap. 235). Het pneuma dat in een kegel door het oog uitgestraald wordt kan de ver verwijderde voorwerpen niet geheel bestrijken [1]).

3. De *oorzaak van het gezichtsbedrog kan in het zintuig* gelegen zijn. Reeds vroeg had men er op gewezen, dat bij icterus xanthopsie gevonden kan worden en men had dit toegeschreven aan een gele verkleuring van de doorzichtige deelen van het oog. (Vgl. *Lucretius* IV 328—332).

Sextus Empiricus (3e eeuw n. C.) zocht de oorzaak van het gezichtsbedrog ook in het oog. (Pyrrhon. Hypotyp. Lib. I C 4). Hij wees er op, dat een zelfde voorwerp op oogen van verschillenden bouw en samenstelling een verschillenden indruk zal maken ; verder vermeldt hij de xanthopsie, de nabeelden en de vervormde beelden, die waargenomen kunnen worden wanneer men met een vinger op het oog druk uitoefent. Latere schrijvers, vooral medici, hebben herhaaldelijk gewezen op abnormale waarnemingen, welke berusten zouden op veranderingen van het oog onder invloed van ziekte en vermoeienissen.

4. Het *gezichtsbedrog* kan een *gevolg zijn van onjuiste oordeelvelling*. Zooals reeds gezegd werd heeft Ptolemaeus er de aandacht op gevestigd, dat een onjuiste interpretatie van de sensaties tot gezichtsbedrog voeren kan. Deze beschouwingen over

---

[1]) Het vraagstuk van de schijnbare grootte van de zon werd reeds in de Oudheid besproken. Heraclitus zou gezegd hebben dat de zon zoo groot als een voet gezien wordt. **Seneca** (Quaest. nat. I, 3, 10) schrijft : „Ad ipsum solem revertere. Hunc acies nostra sic **contraxit** ut sapientes viri **pedalem** esse contenderunt". En **Ambrosius** (337—397) neemt deze meening over. (Patrol. Lat. XIV, p. 201).

het gezichtsbedrog werden uitgewerkt door *Alhazen* en zijn volgelingen.

Het gezichtsbedrog dat hier besproken wordt is dat waarvan *Helmholtz* later schreef: „Es ist vielmehr eine Taeuschung in der Beurteilung des dargebotenen Materials von Sinnesempfindungen, wodurch eine falsche Vorstellung entsteht." (Physiol. Opt. III, 5).

Verschillende vroeg-middeleeuwsche schrijvers gelooven ook aan gezichtsbedrog op grond van onjuiste oordeelvelling. Toch verschillen zij in zooverre van Ptolemaeus, dat zij meenen, dat het gezichtsbedrog verdwijnt, wanneer men goed oplet. Zoo zegt *Macrobius* (omstr. 400 n. C.) „ratione cessante visus inefficax est." (Saturnalia VII, 14, 20). Maar hij voegt er aan toe dat wij, wanneer wij onze opmerkzaamheid op het verschijnsel richten, direct de foutieve waarneming kunnen corrigeeren.

Wanneer men de indices, die aan de werken van vele middeleeuwsche schrijvers toegevoegd zijn, naslaat, bemerkt men dat er zeer dikwijls melding gemaakt wordt van „Lux" en „Lumen".

Dit veelvuldige gebruik van deze woorden hangt niet samen met een physische maar wel met een metaphysische belangstelling. Er is n.l. een beschouwingswijze geweest, die later met den naam „Lichtmetaphysica" aangeduid werd.

Reeds in de oudheid waren er godsdiensten geweest, waarin Licht en Vuur als het hoogste principe golden.

In het begin van de Middeleeuwen was in het Manichaeisme nog een combinatie van parsische elementen (van het lichte en duistere principe) en christelijke elementen te vinden. Ook het emanatieprincipe van het Neo-Platonisme heeft tot de ontwikkeling van de Lichtmetaphysica bijgedragen.

Bij verschillende schrijvers vindt men beschouwingen, die met de bovengenoemde richtingen verband houden terug. Dikwijls wordt van het Licht slechts als van een symbool gesproken. Maar er treedt een neiging voor den dag om aan het gesymboliseerde meer en meer de eigenschappen van het symbool te gaan toekennen, en zoo wordt het geestelijke element in den mensch niet meer met licht *vergeleken*, maar zelf ook als licht beschouwd. Dit kan een licht van anderen aard zijn dan het natuurlijke licht. Zoo spreekt b.v. *Augustinus* van het grovere licht dat zich aan de materie manifesteert en van het fijnere licht dat geestelijk is („lux corporea" en „lux incorporea"). Maar ook wordt het gesymboliseerde met het symbool geïdentificeerd, wat blijkt uit een passage uit een geschrift „de Intelligentiis" (dat door *Baeumker* aan *Vitello* toegeschreven wordt), waar wij lezen : „Deus dicitur lux proprie et non translative" (VI).

Naarmate iets in hoogere mate aandeel aan het Licht neemt is het van hoogeren rang („substantia habens magis de luce quam alia dicitur nobilior ipsa," de Intell. VIII). Evenzoo denken *R. Grosseteste* en *Albertus Magnus*.

Bonaventura die overeenkomstige beschouwingen geeft denkt zich het licht als de verbinding tusschen lichaam en ziel („lux est illud, quo mediante unitur corpus animae).

In deze metaphysica wordt onderscheid gemaakt tusschen „Lumen" en „Lux". *Lux* is het licht *in* het lichtgevende lichaam (lichtkracht); *Lumen* is het uitgestraalde licht.

Het licht wordt ook beschouwd als ruimtevormende factor. Zoo zegt *Grosseteste* „Lux multiplicatione sui infinita extendit materiam in dimensionem". (De Luce, ed. Baur). (Herinneringen aan deze opvatting vindt men bij Hegel : „Das Licht ist unendliche raeumliche Zerstreuung oder vielmehr unendliche Erzeugung des Raums").

Men moet zich niet voorstellen dat hier van een monistische opvatting sprake is. Steeds wordt er onderscheid gemaakt tusschen licht en materie. En zoo rijst de vraag hoe het mogelijk is — wanneer toch het licht het hoogste principe is — dat men met andere zintuigen dan het oog ook iets kan waarnemen. Op deze vraag vinden wij een antwoord bij *Bonaventura,* die zich beroept op *Augustinus* (De red. art. No. 3) „Lumen sive lux faciens ad distinctionem rerum corpeorearum aut est in suae proprietatis eminentia et quadam puritate, et sic est sensus visus ; aut commiscetur aeri et sic est auditus, aut vapori et sic est odoratus aut humori et sic est gustus aut terrae grossitiei et sic est tactus."

Men heeft ook de moeielijkheid ingezien van een verklaring van het bestaan van materie op plaatsen waar het licht niet kan doordringen. Daarom zegt men herhaaldelijk, dat geen lichaam zoo dicht is of er kan toch licht in doordringen. (En men moet dergelijke uitlatingen niet opvatten als een voorspelling van de mogelijkheid van Röntgenstralen ; toch hebben hedendaagsche schrijvers naar aanleiding van dergelijke uitlatingen gezegd, dat *Roger Bacon* de Röntgenstralen beschreven had). Men wees ook op het feit, dat er in de diepe aardlagen doorzichtige kristallen voorkwamen. En het feit dat hier in de aarde „diaphanitas" aanwezig was werd voldoende geacht om een verband tusschen het licht en de diepe aardlagen aan te nemen. Ook meende men dat het feit, dat men uit de asch van een uitgebrand vuur doorzichtig glas kon vervaardigen, er voor zou pleiten, dat in deze resten van het vuur nog een verwantschap met het licht aanwezig zou zijn. Hier wordt men er aan herinnerd dat „elke associatie op grond van eenigerlei gelijkheid zich onmiddellijk kan omzetten in het besef van een wezenlijk en mystisch verband. (J. Huizinga, Herfsttij der ME, p. 290). Men acht zich gelukkig wanneer men maar op de een of andere wijze een ver verwijderd verband met het licht kan aantoonen. Dit voorbeeld is typisch voor het denken van vele Middeleeuwers.

Wanneer men den Wind als het hoogste principe beschouwd had, zou men uit het feit, dat er onder de aarde metaal gevonden werd waaruit men windijzers kan vervaardigen, hebben kunnen

afleiden, dat het ook in de diepe aardlagen woei, of dat er tenminste eenig verband met wind aanwezig was.

In de lichtmetaphysica spreekt men slechts over de algemeene eigenschappen van het licht, over emanatie, verduistering enz. en de physische kennis is er niet door uitgebreid. Toch heeft dit voortdurende spreken over het licht de belangstelling voor dit natuurverschijnsel gaande gehouden. Men beschouwde het licht als het belangrijkste natuurverschijnsel, en toen er van een onvermoede zijde, n.l. van de literatuur der Arabieren, een groote hoeveelheid nieuwe opvattingen over het licht bekend werden, hebben deze spoedig die aandacht getrokken, welke zij ten volle waard waren. En zoo zien wij dat *Witelo*, die zelf Lichtmetaphysicus was, het werk van *Alhazen* (die op *Aristoteles* en *Ptolemaeus* steunde) zeer uitvoerig bewerkte. En hij zegt in de voorrede van zijn boek dat het licht daarom zoo belangrijk is, omdat het het hoogste principe in de aardsche verschijnselen is.

Het verschil tusschen *Alhazen* en *Witelo* is hierin gelegen, dat de eerste in het licht slechts een waarneembare qualiteit der objecten ziet. Iets kan meer of minder licht zijn en toch in wezen hetzelfde blijven; *Witelo* daarentegen, ziet in het lichtgehalte een waardebepaling. Hoe lichter iets is, des te hooger staat het in de rij der objecten.

Voor *Thomas van Aquino*, die zoo zeer op Aristoteles steunde, was deze lichtspeculatie onaanvaardbaar. Wanneer deze schrijver over het licht spreekt dan geschiedt dit in den zin van beeldspraak en hij verzet zich er tegen dat op het geestelijke terrein het licht in den zin van het woord gebruikt wordt.

Geleidelijk is men gaan inzien dat men langs dezen weg van bespiegeling en deductie niet verder kwam. Er kwamen langzamerhand meer schrijvers, die aandrongen op het vermeerderen van de feitenkennis en op een diepergaande studie der natuurverschijnselen.

Het bleef echter bij het formuleeren van den eisch naar proefondervindelijk onderzoek, en waarschijnlijk zou het nog zeer lang geduurd hebben vóórdat van een werkelijken vooruitgang van de natuurwetenschap iets te bespeuren zou zijn geweest, wanneer niet de Westersche wetenschap in betrekkelijk korten tijd de beschikking over een zeer belangrijk en uitgebreid materiaal gekregen had. Dit nieuwe werd gretig opgenomen en geassimileerd. Het was de wetenschap der geleerden, die zich van de Arabische taal bedienden.

HOOFDSTUK IV.

De wetenschap der *Arabieren* berustte ook op die der oude Grieken. Maar er was een belangrijk verschil tusschen de wijze, waarop de Christenen en de Arabieren de Grieksche wetenschap gebruikt en getransformeerd hadden.

De samenhang tusschen de Grieksche en de Arabische wetenschap schijnt ongeveer op de volgende wijze tot stand gekomen te zijn.

In de 4e en 5e eeuw n. C. was Athene een belangrijk cultuurcentrum. Hier bleven de Neo-Platonici zich verzetten tegen het Christendom. Toen Keizer *Justinianus* in 529 de school van Athene ophief en het werken in Griekenland voor de Neo-Platonici onmogelijk geworden was, weken er velen naar het Oosten uit. De universiteit, welke in 425 in Constantinopel gesticht was nam in bloei toe en hier werd *Aristoteles* bestudeerd, en vooral de dialektiek werd vlijtig beoefend. Maar ook in het Oosten bleef men belang stellen in de wetenschap (o.a. in Edessa en in Nisibis). In *Gandisapora* was een medische en philosophische school waar ook *Aristoteles* bestudeerd werd. En ook elders werd in Syrië veel belang gesteld in de klassieke wetenschap.

De Arabieren, die zich aanvankelijk niet voor wetenschap interesseerden, begonnen pas nadat zij Syrië en Perzië veroverd hadden, belangstelling voor de wetenschap te toonen. Syrische christenen hadden verscheidene Grieksche geschriften in het Syrisch vertaald. Later werden deze geschriften weer in de Arabische taal overgebracht. *(Zeuthen,* Die Mathematik i. Altert. u. i. Mittelalt.).

In de eerste periode van het Mohammedanisme (622—772) namen de heerschers vooral Christelijke artsen in dienst en in deze periode waren er nog geen Arabieren, die over natuurwetenschap en medicijnen schreven. *(F. Wuestenfeld,* Gesch. d. Arab. Aerzte u. Naturf.). In het tijdvak tusschen 772 en 922 waren ook nog de meeste artsen christenen. De Arabieren bevorderen bewust de studie. Zij laten buitenlandsche artsen (ook uit Constantinopel) overkomen en zij stellen dezen als leermeesters aan. Zij laten ook vele boeken uit het Grieksch in het Arabisch vertalen. Hierin munten uit *Honein* en zijne nakomelingen. Deze *Honein* (808—873) heeft veel over de oogheelkunde geschreven. Een boek van de 10 verhandelingen over het oog werd door *M. Meijerhof* vertaald en uitgegeven (Cairo, 1928). Volgens *Hirschberg* zouden „Liber de Oculis a *Demetrio* translatus" en „Liber de Oculis" van *Constantinus Africanus* ook geschriften van *Honein* zijn. De schrijver staat onder invloed van *Galenus* [1]).

De belangrijkste schrijver op dit gebied, wiens werken in deze

---

[1]) De naam van **Honein,** die in de Westersche literatuur ook wel **Hunain** genoemd wordt is : Abu Zeid **Honein Ben Ishaq** El-Abadi. Hij wordt ook wel eens **Johannitius** genoemd.

periode geschreven werden, was wel *Alkindi* (Abu Jusuf Jacub Ben Ishaq Ben el Subbah el-Kindi), een zeer vruchtbaar auteur, die de werken van Grieksche, Perzische en Indische schrijvers bestudeerd heeft. Hij kwam tusschen 813 en 841 tot hoog aanzien in Bagdad en hij kreeg vele opdrachten Grieksche geschriften te vertalen. In 873 zou hij gestorven zijn. Zeer bekend, niet alleen in de 9e eeuw, maar ook nog in de 13e eeuw werd zijn boek, dat gewoonlijk met den naam „de Aspectibus" aangeduid wordt. *(Ja"qub al Kindi*, ed. Bjoernbo & Vogl). In dit boek, dat onder invloed van *Euclides, Ptolemaeus, Galenus* en *Hippocrates* staat, wordt het zien nog volgens de leer der gezichtstralen behandeld. *Alkindi* zou de eerste Arabier geweest zijn, die de geschriften van *Aristoteles* ging bestudeeren. Daar veel van datgene, wat door *Alkindi* behandeld wordt, beter en uitvoeriger bij *Alhazen* te vinden is, zal hier niet meer over „de Aspectibus" gezegd worden. (Die philos. Abh. d. *Alkindi;* ed. *A. Nagy).*

In het tijdvak na 922 beginnen de Arabieren, die voordien voornamelijk vertalingen vervaardigd hebben, en die zich hierdoor een grooten schat van boeken op het gebied van de philosophie, de wiskunde en de medicijnen verworven hadden, zelfstandig te werken.

Als geneeskundig schrijver werd zeer bekend *Rhases* (Abu Bekr Mohammed Ben Zakarja el Razi), die als de Galenus van zijn tijd beschouwd werd, en wiens voornaamste werk later *Comprehensor* of *Continens* genoemd werd.

Ook kreeg *Ali ben Issah* (Ihesu Haly, gest. omstreeks 1110), door zijn „memoriale oculariorum" (Ed. Pansier) een groote vermaardheid. Het werk gelijkt veel op dat van *Constantinus Africanus* (vgl. *Hirschberg* Gesch. d. Aug. § 268).

De invloed van *Aristoteles* die bleef doorwerken, nadat *Alkindi* de aandacht op het werk van dezen philosooph gevestigd had, gaf aanleiding tot het ontstaan van geschriften, waarin uitvoerige beschouwingen over de verhouding tusschen ziel en materie bij de zintuigelijke waarnemingen gegeven werden, en indirect hebben deze geschriften, die in de Latijnsche wereld als kettersch beschouwd moesten worden, aanleiding gegeven tot het dramatische gebeuren in het leven van *Roger Bacon*, waarover nog gesproken zal worden.

Onder de Arabische Aristotelici zijn het belangrijkst drie schrijvers, die allen een medische opleiding ontvangen hadden en wel :

1. *Alfarabi* gest. omstr. 950 ;
2. *Ibn Sina* (Avicenna) gest. omstr. 1037 ;
3. *Averroës* (Ibn Roschd) 1126—1198.

Onder de in het Arabisch schrijvende geleerden beginnen de beschouwingen, waarin de activiteit van de ziel zoo zeer op den

voorgrond geplaatst werd, te veranderen en aan de werking van het object wordt meer belang gehecht.

Zoo lezen wij, dat *Isaac ben Salomon Israeli* (845—940), een arts, die in Noord-Afrika leefde, datgene wat waargenomen wordt als het werkende beschouwt, „da es den Wahrnehmenden anregt und ihn bewegt, sein, des Wahrzunehmenden, Dasein, zu erkennen, in sich aufzunehmen, es zu sehen und sich ihm anzuschliessen". (Die philos. Lehren des Is. b. S. Isr.; J. Guttmann 1911, p. 43).

Ook wordt de meening over het verschil tusschen het object en het daarbij behoorende waarnemingsbeeld gewijzigd. Zoo zegt *Avicenna* (980—1037), die zoowel op *Aristoteles* als op het Neo-Platonisme steunt, dat de mensch in de waarneming zich zelf waarneemt. Wat waargenomen wordt is datgene wat de mensch zich voorstelt. Men neemt zich zelf waar. (Beitr. z. Gesch. d. Philos. d. Mittelzlt. Bd. V p. 66). De „intellectus agens" werd beschouwd als de laatste trap van de uit God voortgekomen Intelligenties. Hierdoor werd het denken beschouwd niet in samenhang met de zintuigelijke veranderingen te staan. Hier vinden wij ook een aanwijzing dat de zintuigelijke indrukken voor het denken min of meer overbodig zijn, zoodat de seniele involutie der zintuigen als een voordeel beschouwd kon worden. (*Siebeck* l. c. II, p. 436; vgl. ook *Alb. Magnus* door V. Hertling, p. 145).

Maar voor de Westersche schrijvers uit de 13e eeuw werd vooral het feit gevaarlijk dat *Averroës*, die zich op *Aristoteles* beriep, de leer „de Unitate Intellectus" verkondigde. Het zou dezelfde geest zijn die zich in alle menschen openbaart. (Baeumker, Allg. Gesch. d. Phil. 323). „Mit dem hoeheren geistigen Wesen tritt der Einzelne dadurch in Verbindung dass die in seiner lediglich sensitiven Seele befindlichen Sinnesbilder... durch das von der hoeheren wirkenden Intelligenz ausgehende erleuchtet..... den wirklichen Denkart erzeugen. (v. Hertling. 1. c. 145). Deze leer van het Monopsychisme was in strijd met de Christelijke leer, en iemand, die zich op Aristoteles beriep, liep gevaar er van verdacht te worden ook deze opvattingen van de Arabieren aan te hangen.

Alfarabi was de eerste werkelijk Aristotelicus onder de Arabieren. Hij verklaart het Zien dan ook niet als een proces van emissie maar als *intromissie*. (Das Buch der Ringsteine. Farabis; ed. M. Horten). Het zintuig ondergaat de werking van het object. Wanneer de inwerking krachtig is blijft er een nabeeld. Bij zeer sterke inwerking van het zonlicht kan er geen blijvende beschadiging ontstaan. (Dit was reeds in de Oudheid waargenomen, wordt o.a. beschreven door *Aulus Gellius* 1. c.). Het oog wordt beschouwd als een soort van spiegel waarin het object afgebeeld wordt. Achter het zintuig liggen netten en vallen, waarin de beelden der voorwerpen vastgehouden kunnen worden. De vorm-

ontvangende kracht is vóór in de hersenen gelegen. Hier worden de beelden bewaard, ook nadat de voorwerpen aan het oog onttrokken worden. In het chiasma is een holle ruimte, welke het verzamelpunt van het licht genoemd wordt. Hier herkent de virtus visiva het beeld dat in de lens gevormd zou worden. Van het chiasma uit bereikt het beeld de sensus communis.

Bij de bespreking van de leer van *Alhazen* zal op dit alles nog nader worden ingegaan.

Op oogheelkundig gebied werd zeer veel in het Arabisch geschreven. Voor nadere bizonderheden hierover wordt hier verwezen naar *Hirschberg*, Gesch. der Augenheilkunde; *Pergens*, Annales d'Oculistique 1906; *Meijerhof*, Centr. Bl. f. Aughk. 1909, Zentr. Bl. f. Ophth. 1927, Forschungen u. Fortschritte 1928.

HOOFDSTUK V.

Met deze uitgebreide literatuur met haar vele aspecten komt de wereld der Latijnsche geleerden geleidelijk in aanraking en men kan zich er moeielijk een voorstelling van maken welk een beroering er door gewekt moet zijn geworden.

De wetenschap der Arabieren kwam pas tot algemeene bekendheid toen er Latijnsche vertalingen van de Arabische teksten gemaakt waren. Als vertaal-centrum neemt Spanje een voorname plaats in. Deze vertalingen waren vaak gebrekkig. Soms werden de teksten eerst in het Hebreeuwsch en daarna pas in het Latijn vertaald. De taalkennis van de vertalers was soms niet groot genoeg. Bovendien moeten er bij het herhaalde copiëeren vele fouten ingeslopen zijn. *Campbell* (Arab medicine and its influence on the middle ages 1926, p. 139) zegt : „that there was a society of translators at Toledo about 1130 a.D. whose method of translating from Arab to Latin was to put the Latin equivalent over the Arabic words, disregarding the sense of the original". Tot welk resultaat dit leiden moest zal men gemakkelijk inzien. Het is dan ook dikwijls een kwelling deze oude vertalingen te moeten lezen. Aan den anderen kant hebben juist deze slechte vertalingen er toe geleid, dat men ging zoeken naar de oude Grieksche teksten en dat men zich zoo spoedig mogelijk betere vertalingen trachtte te verschaffen.

Maar niet alleen Spanje was de bron waaruit het Westen de toevloed van Oostersche wetenschap kreeg. Een belangrijke schakel was ook Sicilië. Dit eiland, dat in 535 onder Byzantijnsch gezag gekomen was, was in 902 geheel in het bezit der Mohammedanen overgegaan; tusschen 1061 en 1090 werd het geleidelijk door de Normandiërs veroverd. De vroegere bewoners werden niet verjaagd en zoo bleef er een bevolking, die uit zeer heterogene elementen samengesteld was. Hier werd ook Grieksch en Arabisch gesproken. In dit milieu werden vele geschriften over physica en astronomie vertaald en de Latijnsche vertaling, waarin de Optica van *Ptolemaeus* aan ons overgeleverd werd, is hier door *Eugenius van Palermo* (omstr. 1150) vervaardigd. De Optica van *Euclides* werd hier in het Latijn vertaald. Ook werden hier vertalingen van het Grieksch in het Latijn — zonder Arabische verbindingsschakel — gemaakt. Een groote invloed ging uit van Frederik II (1194—1250) die belangstelling voor de cultuur der Mohammedanen koesterde en die relaties met Italië, Duitschland en de Provence onderhield. Hierdoor werd het wetenschappelijke leven in West-Europa in hooge mate beïnvloed door de wetenschap der Arabieren. In deze tijden zijn dan ook veel Grieksche manuscripten in Italiaansche bibliotheken gekomen. (*C. H. Haskins*, Stud. in the hist. of mediev. science, 1924 II). Ook Noord-Italië heeft bijgedragen tot de vermeerdering van de kennis van het Grieksch. Het verband tusschen Noord-Italië en Griekenland kwam tot stand door middel van den handel, door

de Kruistochten, door politieke onderhandelingen tusschen het Oost-Romeinsche Rijk, het Duitsche Rijk, de Pausen, en ook door particuliere reizigers. De handelsrelaties bleven hier echter wel de voornaamste factor; Venetië en Pisa hadden vele vertegenwoordigers in Constantinopel ; ook kwamen er vele Grieken naar Italië. Ofschoon de wetenschap hier vooral op de theologie gericht was kwamen er toch ook geleerden voor, die zich voor andere takken van wetenschap interesseerden, zoo b.v. *Burgundio van Pisa*, die de Aphorismen van *Hippocrates* en verscheidene geschriften van *Galenus* uit het Grieksch in het Latijn vertaalde (gest. 1193), en *Zacharias*, die in Constantinopel studeerde en daarna de medische practijk uitoefende en die een verhandeling over de oogziektes uit het Grieksch vertaald heeft. (Magistri Zachariae tractatus de passionibus oculorum etc.; ed. Pansier. Coll. ophthalm. vet. auct. 1907). Toen men ontevreden werd met de vertalingen uit het Arabisch ging men de origineele Grieksche teksten opzoeken.

Het Arabische geschrift echter, dat voor de ontwikkeling van de latere wetenschappelijke optiek het belangrijkst geacht moet worden is de z.g. Optica van Alhazen.

HOOFDSTUK VI.

Abu Ali Muhammed Ben el-Hasan ibn el-Heithem el Basri, die in de Westersche literatuur gewoonlijk *Alhazen* (Alacen, Alhasan enz.) genoemd werd, leefde omstr. het jaar 1000. (*Wuestenfeld*, Gesch. d. Arab. Aerzte u.s.w., p. 76; *L. Schnaase*, Ein Beitr. z. Besch. d. Physik, Schriften der Naturf. Ges. Danzig, 1901). Hij werd in Basra geboren. Hij was een zeer veelzijdig geleerde, die geschriften naliet op het gebied van medicijnen, wiskunde en astronomie. Hij was een man met groote ondernemingslust; toen hij eens in Egypte was beweerde hij dat hij de bevloeiing van dit land zou kunnen reguleeren. De toenmalige Khalif *el-Hakim*, die dit vernam, noodigde hem uit het werk uit te voeren. Alhazen ging naar Syene maar toen hij daar aangekomen was bemerkte hij, dat het niet mogelijk zou zijn, zijn plan te verwezenlijken. Hij keerde beschaamd terug en haalde zich den toorn van den heerscher op den hals. Om zijn straf te ontgaan simuleerde hij krankzinnigheid. Hij kon hierdoor het leven redden en hield zich verborgen tot de Khalif gestorven was. Daarna vertoonde hij zich weer in het openbaar. Hij leidde een godvruchtig leven en schreef zeer veel boeken. Hij voorzag in zijn onderhoud door het copiëeren van geschriften n.l. van de Elementen van *Euclides*, de Libri mathematici medii en de Almagest van *Ptolemaeus*. Hij stierf in 1031.

De grondslag, waarop *Alhazen* zijn leer van het Zien en van Licht op bouwde waren de geschriften van *Aristoteles*, *Ptolemaeus* en *Galenus*. (Het schijnt dat hij de Optica van *Euclides* niet kende, ofschoon hij de Geometrie van dezen auteur wel noemt). Vooral *Aristoteles* werd zeer door hem bewonderd, wat blijkt uit de volgende uitlating — die in de vertaling van *Wiedemann* (Beitr. z. Gesch. d. Naturw. bei den Arab; Poggendorff's Ann. Bd. 159 XIX) aldus luidt : „Und ich sah dass es keinen Anfang fuer die Wahrheit gebe, ausser wenn man von Anschauungen ausgeht, deren Grundlage die sinnlichen Dinge, und deren Bilder die geistigen Dinge sind. Ich fand dies nirgends ausser in dem, was *Aristoteles* festgestellt hat von den Wissenschaften der Logik, der Physik und der Metaphysik."

Van *Alhazen's* geschriften zijn voor ons het belangrijkst de Optica (waarvan de titel „Almanazir" schijnt te zijn, wat met „de Aspectibus" moet overeenkomen) en een „Verhandeling over het Licht". (Ibn. al Haitam's Abh. ueber das Licht. Joh. Baarmann, Halle 1882).

De Optica is een zeer belangrijk werk. Waarschijnlijk werd dit boek omstreeks 1200 in het Latijn vertaald; in de 14e eeuw kwam er ook een Italiaansche vertaling. In 1572 werd het boek voor het eerst in druk uitgegeven door *Risner*.

Ofschoon Alhazen in vele opzichten van de bovengenoemde auteurs afhankelijk is, geeft hij toch ook veel nieuws, vooral op het gebied van de psychologie van het Zien. Bij het lezen van zijn

geschrift moet men dikwijls aan *Helmholtz* denken. Beide schrijvers waren zeer veelzijdige geleerden en bij beiden wordt met nadruk de invloed van de ervaring bij de vorming van de gezichtsvoorstellingen vermeld. Maar terwijl *Helmholtz* een fraaie en duidelijke taal schrijft, is de schrijftrant van *Alhazen* langdradig, dikwijls onduidelijk en zeer droog ; en deze droogheid is geen „glaenzende Trockenheit". Maar het is mogelijk, dat de oorspronkelijke tekst beter was dan de Latijnsche vertaling, die door *Risner* gepubliceerd is. Het kost moeite in dit boek door te dringen ; wanneer men echter aan de stijl gewend geraakt is, bemerkt men dat het boek zeer belangrijk en bovendien onderhoudend is.

Op het gebied van de anatomie van het oog volgt *Alhazen Galenus* na. Het is niet bekend of de schrijver zelf de anatomie door autopsie gekend heeft. Hij schrijft dat hij zijn kennis op dit gebied aan de boeken ontleend heeft. (Et omne jam declaratum est ab anatomicis in libris anatomiae. I, 13).

De afbeelding van het oog, zooals deze voorkomt in de uitgave van *Risner* komt niet met den tekst overeen. *Hirschberg* heeft aangetoond dat de afbeelding die door Risner gegeven werd aan *Vesalius* ontleend is (Gesch. d. Augenhk. XIII, 163). Er is geen teekening bekend, welke aan *Alhazen* zelf toegeschreven mag worden, terwijl een Arabische tekst niet te vinden is. Wel bestaat er een commentaar op *Alhazen's* Optica, die vervaardigd werd door *Kamal ad-Din al Farisi* (gest. omstr. 1320). Hierin komen enkele afbeeldingen van het oog voor. *(E. Wiedemann;* Centralbl. f. Augenhk. 1910, p. 205). Een andere oude afbeelding van het oog is te vinden in een werk, dat in 1296 door *Salah-Ed-Din* geschreven werd (beschreven en afgebeeld in : *Pansier,* Coll. Ophth. vet. auct. Fasc. II, p. 89, 1903).

Bij zijn algemeene beschouwingen over het Zien toont *Alhazen* zich een volgeling van *Aristoteles,* terwijl hij op het gebied van de psychologie veel aan *Ptolemaeus* ontleende.

De schrijver heeft de meeningen van zijn voorgangers niet eenvoudig overgenomen; hij heeft alles goed overwogen en dikwijls belangrijke toevoegingen gegeven.

Het groote verschil tusschen *Alhazen* en *Ptolemaeus* is hierin gelegen dat zij over de richting van de processen die tot het Zien leiden tegenovergestelde meeningen hebben. Terwijl *Ptolemaeus* spreekt over stralen die van het oog uitgaan, meent *Alhazen* dat de lichtstralen naar het oog komen. In zooverre stemt Alhazen met *Aristoteles* overeen, maar toch verschilt *Alhazen* in vele opzichten van dezen Griekschen schrijver. Voor *Alhazen* is het Licht niet meer iets dat het medium uit een toestand van potentieele doorschijnendheid in actueele doorschijnendheid doet overgaan, maar het licht *beweegt* zich door het medium (volgens *Alhazen* met eindige snelheid) en het wordt als de drager der kleuren beschouwd. Alhazen zegt over het licht

betrekkelijk weinig en wanneer men zich een voorstelling zou willen maken over de „formae' 'of „species" van de voorwerpen, die het oog bereiken, zou men een gebrekkige voorstelling krijgen. (Hierover heeft echter *Roger Bacon* ons uitvoeriger ingelicht, zooals wij later zullen zien).

Het Zien geschiedt als gevolg van het feit dat licht en kleuren in het oog binnendringen. Het licht wordt beschouwd als een eigenschap van het lichtgevende object dat in alle richtingen langs rechte lijnen uitstraalt. De rechtlijnige voortplanting is een eigenschap van het licht zelf. Sommige schrijvers hadden aan de mogelijkheid gedacht dat de rechtlijnigheid op eigenschappen van het medium berustte, maar volgens *Alhazen* zijn er in de tusschenstof geen gepraeformeerde rechte banen, waarlangs het licht zich zou kunnen bewegen. (Ueber das Licht, p. 18 [1]). Wanneer het licht de oppervlakte van een voorwerp bereikt wordt het teruggekaatst en het neemt dan de kleur van het voorwerp aan. Wanneer het licht dat de kleur met zich brengt in het oog binendringt, ondergaat het gezichtszintuig veranderingen die tot het Zien leiden. *Alhazen* spreekt hier van „pati" (in navolging van *Aristoteles)* maar de aard van dit „lijden" kan zoo licht zijn dat men bij het Zien geen pijn voelt. Sterk licht kan echter pijn veroorzaken. (Bij latere schrijvers komt „pati" voor in den zin van het „ondergaan van een inwerking"). *Alhazen* zegt dat de „formae" (of „species") van de objecten het oog bereiken. Hij is dus een aanhanger van de *immissieleer* en wijkt in dit opzicht van vele zijner tijdgenooten af.

Voor ons kan het vreemd schijnen dat men ooit aan een *emissieleer* van het Zien kan hebben geloofd. Voor den Middeleeuwschen geleerde was het echter moeielijk een keus uit de twee mogelijkheden te doen. De verschijnselen toch die op het Zien betrekking hadden lieten zich nauwelijks ongedwongen en tevens eenigszins bevredigend verklaren. Het feit dat het Zien belemmerd wordt wanneer de oogen gesloten worden kon zoowel volgens de centripetale als volgens de contrifugale leer verklaard worden. Want in het eene geval worden de lichtstralen onderschept, in het andere geval worden gezichtstralen in hun voortgang gestuit.

In de vroege Middeleeuwen geloofde men vrijwel algemeen aan de emissie ; bij de Arabieren komt het geloof aan de *immissie* te voorschijn.

De voorstanders van de *emissie* beriepen zich op de volgende argumenten :

1. er bestaan *phosphenen* (druk- en bewegingsphosphenen) ; deze zouden op het aanwezig-zijn van licht in het oog wijzen;
2. het spiegelbeeldje op het hoornvlies ;

---

[1]) Later meende **Francis Baco van Verulam** nog, dat het licht slechts door die lichamen zou kunnen gaan, waarvan de poriën in rechte lijnen gelegen waren. (**J. C. Fischer,** Gesch. d. Natuurw. I, p. 158).

3. dierenoogen zouden in het donker licht uitzenden;
4. Keizer *Tiberius* zou in het duister hebben kunnen zien. *(Plinius* XI 37, *Suetonius,* Cap. 68);
5. het oog werd met de Zon vergeleken. Deze opvatting klinkt nog na in *Goethe's* bekende verzen :

   „Waer' nicht das Auge sonnenhaft,
   die Sonne koennt' es nie erblicken".
6. het oog heeft, in tegenstelling tot andere zintuigen (oor, neus en smaakorgaan) geen holte. Bij het oog zouden dus geen beelden naar binnen kunnen dringen [1]).

De voorstanders van de *immissie* voerden ter verdediging van hun meening de volgende argumenten aan :

1. het persisteeren van nabeelden zou berusten op binnengedrongen licht ;
2. sterk licht verduistert zwakke lichten ;
3. de kleuren der objecten worden gewijzigd door het opvallende licht ;
4. Avicenna meende een bewijs uit het ongerijmde te geven. Hij zegt n.l. : wanneer het wáár was dat er door uitstraling van licht uit het oog gezien wordt, dan zou het kunnen voorkomen dat iemand, die een slecht gezichtsvermogen had (dus die weinig licht uitzond) beter zou gaan zien, wanneer iemand met een sterk gezichtsvermogen naast hem stond en

---

[1]) **Bartholinus** geloofde nog aan het uitzenden van licht door het oog. (De Luce hominum et brutorum 1669).

Ad. 5. In de Middeleeuwsche geschriften vindt men herhaaldelijk passages, die wijzen op het aanvaarden van den ouden regel, waarin gezegd wordt, dat het gelijke slechts door het gelijke gekend kan worden. (*τοῖς ὁμοίοις τά ὁμοια γιγνώσκεταί*)

(Arthur Schneider; Der Gedanke der Erkenntn. des Gleichen durch das Gleiche usw., 1923).

Empedocles had reeds gezegd, dat het subject en het object dezelfde bestanddeelen bevatten en dat hierdoor het kennen van een object mogelijk was.

De regel „similia similibus" kreeg bij **Plato** een uitgebreide toepassing. Op het gebied van de waarnemingen zegt deze wijsgeer dat het oog tengevolge van zijn licht-natuur het licht, het oor tengevolge van zijn luchtnatuur het geluid kan waarnemen.

Bij oppervlakkige beschouwing schijnt het dat **Aristoteles** een tegenstander van dezen regel was. Hij ontkent dat het kennende subject en het gekende object dezelfde samenstelling hebben. Maar toch is er volgens zijn meening een zekere mate van gelijkheid tusschen het object en het ziende oog, in zooverre dat het beeld in het oog een tijdelijke manifestatie van de eigenschappen van het object is.

Galenus en **Augustinus** hadden in dit opzicht een meening, die met die van **Plato** overeenstemde.

Ook in de Licht-metaphysica worden wij telkens aan den regel herinnerd wanneer het Hoogere als Licht beschreven wordt dat slechts door het in den geest aanwezige immaterieele licht gekend kan worden.

Alhazen en de schrijvers, die hem volgen, denken als **Aristoteles.**

hetzelfde object bekeek. Want dan zou het vele licht uit het betere oog het zwakke licht uit het slechte oog helpen. Ook zou het dan moeten blijken dat een aantal menschen met zwakke oogen *samen* beter zouden kunnen zien, omdat in dat geval een summatie van lichthoeveelheden tot stand zou komen. Daar dit echter niet het geval is moet men wel aan de immissieleer gelooven.

Door de voorstanders van de beide tegenovergestelde meeningen zijn nog andere argumenten, van dezelfde waarde gebruikt, maar deze zullen hier niet vermeld worden.

Als voorstanders van de immissieleer moeten naast *Alhazen* genoemd worden *Avicenna, Averroës, Rhazes, Salahad-Din* e.a.

Dat *Alhazen* de immissieleer verkoos zal wel in verband staan met zijn vereering voor *Aristoteles.* Hij kende de leer van de gezichtstralen wel, want hij kende het werk van *Ptolemaeus,* maar hij verwerpt deze leer, evenals de Synaugia van *Plato.*

Toch zou het in den tijd van *Alhazen,* toen men de beeldvorming in het oog nog niet kende, gemakkelijker geweest zijn vele dingen met de leer der gezichtstralen te verklaren dan met de immissieleer.

Wanneer men namelijk de centrifugale beschouwing van *Euclides* en *Ptolemaeus* aanvaardde, kan men betrekkelijk gemakkelijk begrijpen hoe het mogelijk was dat een puntvormig object als een punt gezien werd. Want een bepaalde gezichtstraal treft slechts een enkel punt van een voorwerp. Bij het Zien worden steeds twee punten, n.l. een punt van het oog en een punt van het object aan elkaar gekoppeld. Wanneer men dan ook nog geloofde (wat *Ptolemaeus* scheen te gelooven) dat men de lengte van de gezichtstraal kon voelen, dan was het probleem van de plaatsbepaling der objecten zeer eenvoudig. Want de gezichtstraal gaf de richting, en de lengte van de gezichtstraal de afstand, waarop een object van het oog verwijderd was.

Bij het aanvaarden van de immissieleer was de verklaring van deze dingen moeielijker.

Immers, wanneer elk punt van een voorwerp in alle richtingen langs rechte lijnen licht uitzendt, dan wordt de lens op haar voorvlakte overal getroffen door species van dit ééne punt van het voorwerp. Bovendien wordt elk punt van de lens door een oneindig groot aantal stralen, die van verschillende punten der buitenwereld uitgaan, getroffen.

Alhazen heeft deze moeielijkheden wel beseft en hij heeft getracht ze te vermijden door aan bepaalde stralen de voorkeur te geven. Hij beschouwt n.l. de stralen, die *loodrecht* op de lens invallen als de werkzame stralen. Dit behoeft ons niet te verwonderen. In de Middeleeuwen beschouwde men den rechten hoek, in zijn strenge bepaaldheid als edeler dan de scheeve hoeken, die alle mogelijke grootes hebben kunnen. Bovendien werd het mechanische argument aangevoerd dat een pijl, die lood-

recht treft het sterkst verwondt. (Optica I, 18) : „Operatio lucis venientis super perpendiculares est fortior operatione lucis venientis super lineas inclinatas"). Door alleen met de loodrecht invallende stralen rekening te houden komt *Alhazen* ook tot een theorie, waar de punten van de lens en van de objecten paarsgewijze aan elkaar gekoppeld zijn. Elk punt van een object wordt slechts met behulp van één punt van de lens gepercipieerd. (Toch verwaarloost de schrijver de scheef invallende stralen niet geheel, maar hierover zal later nog gesproken worden).

Daar er slechts met de loodrecht invallende stralen rekening gehouden wordt, verschilt de geometrische optiek van *Alhazen* niet veel van die van *Euclides*. De Arabier zegt ook dat men wel van „lineae radiales" spreken mag, wanneer men er zich van bewust is, dat dit „lineae imaginariae" zijn. (Het zijn lijnen, die overeenkomst vertoonen met de „Richtungslinien" van latere auteurs).

Dat *Alhazen* tot de conclusie gekomen is, dat het licht een eindige — zij het ook zeer groote snelheid — heeft berust op een vage redeneering. Hij had evengoed tot het tegenovergestelde resultaat kunnen komen (dit was bij zijn volgeling *Vitello* het geval).

Alhazen is van meening, dat elk punt van een voorwerp afzonderlijk op de omgeving inwerkt en dat er „species" of „formae" van elk punt afzonderlijk gevormd worden, zoodat in een zelfde punt van het doorzichtige medium de species van verschillende punten van een object en ook van verschillende objecten aanwezig kunnen zijn. Hij beroept zich hierbij op de proef, waarbij het licht van verschillende lichtbronnen, die zich in de buurt van een kleine opening in een scherm bevinden, hun lichtbundels, die door deze opening vallen, niet doen versmelten, maar dat de lichtbundels afzonderlijk verder gaan, nadat zij elkaar in de opening gekruist hebben.

Wij hebben reeds gezien dat *Alhazen* de loodrecht op de lens invallende stralen als de hoofdoorzaak van het Zien beschouwde. Hij beschouwde, evenals *Galenus*, de lens als een percipieerend orgaan [1]). De voorvlakte van de lens scheen hij als het gevoelige deel te beschouwen. Hij hield dus alleen rekening met die stralen, welke de voorvlakte van de lens onder rechte hoeken troffen. Deze stralen moesten, voordat zij de lens bereikten, het hoornvlies passeeren. Een eisch was dus dat deze stralen ook loodrecht op de cornea vielen. Hierdoor moest *Alhazen* de eisch stellen dat de voor- en de achtervlakte van de cornea met de voorvlakte van de

---

[1]) Deze opvatting is door de medici overgenomen. De beroemde chirurg **Guy de Chauliac** (1300—1368) zegt : „Cristallinus in quo principaliter fundatur visus". (Cyrurgia Guidonis de Cauliaco).

lens concentrisch waren. Alhazen moet allerlei eigenschappen aan het oog toeschrijven, die in werkelijkheid niet aanwezig zijn. Men heeft dikwijls gezegd, dat het onbegrijpelijk is, hoe *Alhazen* den bouw van het oog, dat hij toch zoo gemakkelijk had kunnen onderzoeken, zoo onjuist beschrijft, en men gelooft wel eens, dat hij bewust een onjuiste beschrijving gegeven heeft, omdat dit in verband met zijn theorie noodig was. Maar het is niet waarschijnlijk dat *Alhazen* zijn kennis door eigen anatomisch onderzoek verworven heeft. En de beschrijving van de anatomie in de boeken, die tot zijn beschikking hebben gestaan was zoo inexact en zonder quantitatieve aanwijzingen, dat *Alhazen* in deze beschrijvingen geen gegevens aangetroffen heeft, die hem strijdig met zijn eigen theoretische beschouwingen leken. Het is mogelijk, dat hij een copie heeft gebruikt, waarin geen afbeeldingen voorkwamen. Immers, het komt herhaaldelijk voor, dat de copiisten verzuimd hebben ook de teekeningen over te nemen [1].

Wanneer *Alhazen* zich een voorstelling van den anatomischen bouw van het oog verwierf, die alleen gebaseerd was op een schriftelijken tekst, dan is het zeer goed mogelijk, dat hij deze als conform met zijn theorie geïnterpreteerd heeft, want de beschrijvingstechniek der oude antomen is niet van de klasse van die der moderne schrijvers, en van een bewuste verdraaiing der feiten behoeven wij hem niet te verdenken.

Volgens *Alhazen* hebben dus de voor- en achtervlakte van het hoornvlies en de voorvlakte van de lens hetzelfde krommingsmiddelpunt (I, 22). Alle stralen, die loodrecht het hoornvlies doordringen treffen ook het voorvlak van de lens onder rechte hoeken en zij zijn gericht op het krommingsmiddelpunt van de lens.

Het Zien geschiedt dus door middel van een kegel, waarvan de top in het krommingsmiddelpunt van de voorvlakte van de lens gelegen is. Deze voorstelling komt met die van *Euclides* overeen; maar Alhazen denkt zich de richting van het proces anders dan *Euclides*.

De stralen, die in het oog binnendringen mogen echter, volgens *Alhazen*, het krommingsmiddelpunt van de lens niet ongestoord bereiken; want wanneer dit wel het geval zou zijn, dan zouden de stralen, na den doorgang door dit punt, moeten divergeeren. En hierbij zouden de stralen die buiten het oog ter rechter zijde waren geweest, binnen in het oog links komen te liggen. Het beeld zou omgekeerd worden en men zou de dingen omgekeerd moeten zien. En nu zien wij de dingen niet omgekeerd. Dus moet er op de

---

[1]) De oudste afbeeldingen van den anatomischen bouw van het oog zijn afkomstig van **Halifa** (omstr. 1256; vgl. **Hirschberg**, Gesch. d. Aughk. 151), verder die uit de manuscripten van **Baco, Peckham** en **Witelo (Bednarsky,** Stud. z. Gesch. d. Med. Bd. XXIV), en de op p. 53 genoemde.

een of andere wijze iets aan den gang der stralen veranderd zijn. Deze verandering van de richting der stralen is volgens *Alhazen* een gevolg van hunne breking door de achtervlakte van de lens ; de achtervlakte van de lens moet dus vóór het krommingsmiddelpunt gelegen zijn. *Alhazen's* beschrijving van den vorm van de lens is niet duidelijk [1]).

Volgens de opvatting van *Alhazen* moet aan het corpus vitreum een sterker lichtbrekend vermogen worden toegeschreven dan aan de lens.

De stralen, die tengevolge van de passage door het achtervlak van de lens minder convergeerend geworden zijn, gaan door het glasachtige lichaam en de holte van de gezichtszenuw („nervus concavus") naar het chiasma. De holte van de zenuw en het chiasma zouden „spiritus visibilis" (het Pneuma van *Galenus)* bevatten en deze spiritus wordt als een materie beschouwd, die dezelfde brekingsindex als het glasachtige lichaam bezit. Want wanneer er verschil tusschen deze brekingsindices bestond zouden de stralen op de grens van corpus vitreum en nervus opticus weer een breking moeten ondergaan.

Evenals bij *Galenus* vinden wij ook bij *Alhazen* de leer van een gesplitste perceptie. Niet alleen met de lens worden er gewaarwordingen verkregen, ook in het chiasma worden er beelden gevormd, die tot waarnemingen leiden.

In het chiasma worden de beelden, die met behulp van de twee oogen gevormd worden, gesuperponeerd, en hierop berust het binoculaire enkel-zien. Dat er wel twee beelden gevormd worden wordt afgeleid uit het feit, dat men, wanneer men door vingerdruk één oog zijdelings verplaatst, twee beelden ziet.

Wanneer men een doorsnede zou maken door den stralenbundel op den weg van het object tot aan het chiasma zou men bemerken, dat men, waar men de doorsnede ook maken zou, overal een zelfde groepeering van straaldoorsnijdingen zou krijgen.

Witelo (II 49) drukt dit op de volgende wijze uit : „nulla refractio transmutat situm partium formae refractae, sed solum auget vel minuit figuram."

Volgens deze beschouwingen is het niet mogelijk, dat de species van één punt de beide oogen en beide gezichtszenuwen langs „rechte" banen doorloopen.

Alhazen gaat op deze moeielijkheid niet in. Het is mogelijk, dat hij, in verband hiermede het draaipunt van de oogen zoo ver mogelijk naar achteren localiseert en wel in het foramen opticum („foramen gyrationis"). Hij meent, dat bij het bewegen der oogen de geheele inhoud der orbita om één punt, en wel om het foramen opticum draait.

(Baco heeft deze moeielijkheid ingezien. Hij neemt daarom aan,

---

[1]) In sommige afbeeldingen van de uitgave der Optica door **Risner** wordt de straal reeds in de cornea gebroken. Dit is niet in overeenstemming met **Alhazen's** tekst.

dat er behalve rechte, weerkaatste en gebroken stralen ook nog *gekronkelde* stralen bestaan. Deze laatsten zouden in levenlooze objecten niet bestaan; maar in een levend lichaam zouden de species, onder invloed van een „virtus animae" door de gekronkelde kanalen in de nervi optici ongestoord verder kunnen gaan. (De Multiplic. specierum, p. 463; ed. Bridges). Toch zullen de stralen bij voorkeur rechtlijnige banen volgen, en daarom laat hij de twee gezichtsbanen elkaar in het chiasma *kruisen*, opdat de species niet om een hoek behoeven te gaan. Dus wordt de indruk, die het linker oog bereikt voortgeleid in de rechter tractus opticus).

Er is slechts één straal, die geen breking ondergaat, en deze centrale straal gaat ook door het krommingsmiddelpunt van de voorvlakte van de lens. Alle andere stralen worden aan het achterste grensvlak van de lens gebroken. Hierin zou volgens *Alhazen* de oorzaak gelegen zijn van het bekende feit, dat de centrale gezichtsscherpte zoo veel beter is dan de periphere, en dat de gezichtsscherpte, al naar mate men meer tot de uiterste grens van het gezichtsveld nadert, afneemt, zou samenhangen met het feit, dat hier de gezichtsscherpte berust op stralen, die sterker gebroken worden. Hier wordt dus aan gebroken stralen wel eenig effect toegeschreven. In verband met zijn beschouwing over de centrale straal, die ongebroken moet blijven, is men gedwongen aan de gezichtszenuw een centrale insertie (juist aan de achterste pool van het oog) toe te schrijven.

Wij hebben vroeger reeds gezien dat in het Eclecticisme van *Galenus* het moeielijk maakte een juiste voorstelling te krijgen van de wijze, waarop de gezichtsgewaarwordingen tot stand komen. Deze zelfde moeielijkheid ondervindt de lezer, die *Alhazen's* werk bestudeert.

Dat de lens de zetel van het Zien zou zijn, leidt de schrijver af uit de oude beschouwingen over het wezen van de cataract, en hij gelooft dat een oog, waaruit de lens weggenomen is, volkomen blind moet zijn. (De cataract werd dan ook niet als een troebeling van de lens, maar als een vliesje vóór de lens beschouwd. Wanneer dit vliesje door den operateur gekanteld werd („declinari") zou de daarachter gelegen heldere lens weer kunnen functioneeren).

Het oog zou het licht en de kleuren op een andere wijze opnemen dan de levenlooze stoffen (zooals lucht, water enz.). Want het oog neemt de licht- en kleurelementen niet alleen op in zooverre, dat het doorschijnend is, maar ook als gevoelig orgaan (recipit ergo formam quatenus est sentiens et quatenus est diaphanus, I 30). De lens kan de inwerking van het licht slechts ondergaan, omdat zij eenige „spissitudo" (dichtheid) bezit.

Aristoteles had aan het oog een waterachtige natuur toegeschreven en in navolging hiervan zegt Alhazen: „Sphaera glacialis humida est et receptibilis humiditatis formarum

visibilium" (waarin ook weer het „similia similibus" tot uiting komt).

De lens kan de kleuren van de objecten tijdelijk aannemen; zoodra de inwerking van het licht echter ophoudt verliest de lens de kleuren van de zichtbare objecten weer en de kleursensatie is geëindigd. Slechts wanneer de inwerking van het licht langdurig en sterk is kan er een nawerking blijven bestaan, wat blijkt uit het voorkomen van nabeelden. (*Alhazen* kent slechts de positieve nabeelden, I 30).

Maar niet alleen de lens is de zetel van het Zien. Evenals *Galenus* meent *Alhazen*, dat andere deelen van het gezichtszintuig hun aandeel hebben bij het ontstaan van gezichtswaarnemingen. De spiritus visibilis, die zich in het corpus vitreum, de holte van de gezichtszenuw en de holte van het chiasma bevindt, zou ook in belangrijke mate bijdragen in het proces dat Zien genoemd wordt. Ook de spiritus zou de inwerking van het licht en de kleuren ondergaan. In het chiasma vallen de twee beelden (dus zoowel dat wat door het rechter als door het linker oog gevormd worden) op elkaar, en dit versmeltingsbeeld is volgens *Alhazen* tweedimensioneel. Wij *zien* dus volgens *Alhazen* een gezichtsveld zonder diepteverschillen. De 3e dimensie van het waarnemingsbeeld wordt ons door bemiddeling van de ‚virtus distinctiva" verschaft.

Het gecombineerde binoculaire beeld, dat in het „concavum nervi communis" ontstaat, wordt waargenomen met behulp van het „ultimum sentiens". (Het „concavum nervi communis" duidt het chiasma aan. Ten onrechte zegt *Bridges* in zijn editie van *Baco's* Opus majus (p. 428), dat hiermede de retina bedoeld zou zijn). Het is niet mogelijk een nauwkeurige plaats aan dit ultimum sentiens toe te kennen. Soms schijnt het in het chiasma, soms ergens in de hersenen een plaats te vinden (I 26 en II 16).

Evenals *Ptolemaeus* heeft *Alhazen* een voorstelling van „correspondeerende punten" in de beide lenzen en hij spreekt dan ook van deelen van de lenzen die een „positio consimilis" innemen (III 2).

De schrijver heeft de dubbelbeelden van de voorwerpen, welke vóór en achter het fixatiepunt gelegen zijn, goed waargenomen, en hij heeft, naar aanleiding van deze observaties, proeven verricht met een toestel dat met het door *Ptolemaeus* beschrevene overeenkomt. Van *Ptolemaeus* neemt hij ook een primitief Horopterbegrip over. (III 12).

Wanneer ons oog zich op een bepaald punt richt wordt het andere oog ook onwillekeurig op dit punt gericht. Het is ons zelfs niet mogelijk het eene oog stil te houden, wanneer het andere beweegt. Slechts door mechanische belemmering zou deze medebeweging verhinderd kunnen worden (III 2) [1]).

---

[1]) **Vitello** (III 26) geeft de volgende middeleeuwsche verklaring voor deze medebewegingen: „nec est major ratio qua unum oculum moveat, quam qua alterum".

Alhazen beschrijft datgene wat later met den naam „prikkeldrempel" zou worden aangeduid (I 32); dat hij hier geen goed inzicht heeft behoeft ons niet te verwonderen. Hij beschrijft ook het verschijnsel van de *donkeradaptatie* en hij tracht dit verschijnsel te verklaren door aan te nemen, dat het zwakke licht langeren tijd noodig heeft om tot gewaarwording te geraken (II 20).

Ofschoon Licht en Kleur als afzonderlijke qualiteiten moeten worden opgevat zijn zij niet afzonderlijk waar te nemen. Het licht kan niet zonder kleur worden gezien en wanneer er geen licht is kan men geen kleur waarnemen.

Dat de waarneming van een kleur niet in oneindig korten tijd geschieden kan, meent de schrijver te mogen afleiden uit zijne experimenten met behulp van de roteerende kleurenschijf. (II 19, 20, 21). Wanneer ons oog door een kleur getroffen wordt weten wij reeds dat het een kleur is, vóór dat wij precies kunnen zeggen, welke kleur het is. Men heeft n.l. eenigen tijd noodig om door middel van distinctio en argumentatio tot een juist oordeel over den aard van de kleur te geraken (II 19). De contrastverschijnselen kent *Alhazen* goed ; wanneer wij stippen van een bepaalde kleur op een witten ondergrond zetten schijnen zij donkerder, dan wanneer zij op een donkeren ondergrond geplaatst worden(I 32).

Men kan op verschillende manieren zien : [1])

1. door oppervlakkige blik : „compresensio superficialis" ;
2. door grondige aanschouwing : „intuitio et consideratio".

De eerste manier van Zien kan geschieden langs elke willekeurige straal. Voor de tweede manier van Zien is het echter noodig, dat men achtereenvolgens de gezichtslijn op verschillende punten van het object richt en hier wordt dus met de centrale straal gezien.

Wanneer men een object verscheiden malen ziet, blijft het beeld er van beter bewaard en men gaat dan ook telkens nieuwe details zien (formae remanent in anima et in imaginatione"). De latente beelden kunnen bij elke gelegenheid in de verbeelding te voorschijn geroepen worden.

Alhazen maakt een duidelijk verschil tusschen de *gewaarwording* en de *waarneming*. Hij zegt dat in het chiasma de

---

[1]) Volgens **Isidorus Hispalensis** kan men op **drie** manieren zien (Lib. VII. (Cap. 8, 37) :

1° unum secundum oculos corporis ;
2° alterum secundum spiritum, quo imaginamur ea quae per corpus sentimus (dus de gezichtsvoorstelling, die ontstaat op grond van een haptische indruk) ;
3° tertium autem genus visionis est quod neque corporis sensibus, neque illa parte animae qua corporalium (rerum) imagines capiuntur, sed per intuitum mentis quo intellecta conspicitur veritas (het voorspellende of telepathische Zien).

kleuren en het licht gevoeld worden; de andere qualiteiten (grootte, plaats, getal, enz.) worden door middel van de in de hersenen gelocaliseerde „virtus distinctiva" tot waarneming gebracht [1]).

Wanneer men tusschen twee voorwerpen een gelijkenis waarneemt dan kan dit niet alleen op de sensaties berusten. De voorstelling van de gelijkenis kan pas ontstaan, wanneer de ziel de beelden van de twee voorwerpen met elkaar vergelijken kan. En hiermede raakt *Alhazen* het vraagstuk van het Nominalisme en Realisme aan, het vraagstuk, dat bij de bespreking van *Baco's* leer nog ter sprake zal komen.

Alhazen is van meening, dat de algemeene voorstellingen aan de bizondere voorstellingen ontleend worden. „Facta est forma universalis quiescens ex qualibet intentione particularium"(II 14). Het is moeilijk uit te maken wat de beteekenis van het woord „intentio" is. Het schijnt mij toe, dat er tusschen een object en zijn eigenschappen dezelfde verhouding bestaat als tusschen de „forma" (de beeldvorm van het object „in" het oog) en hare „intentiones". Alhazen zegt n.l. (II 63) „sed formae visibilium sunt compositae ex intentionibus particularibus sicut figura, et magnitudine et colore et situ et ordine et similibus."

Het blijkt niet dat Alhazen zich voorstelt, dat de verschillende psychische vermogens in verschillende deelen van de hersenen gelocaliseerd zijn. Andere schrijvers b.v. *Avicenna* en *Baco* hebben een duidelijke voorstelling van de verhoudingen van plaats van de verschillende psychische vermogens.

Men moet zich het „ultimum sentiens" van *Alhazen* waarschijnlijk denken als een complex, waarin de „virtus distinctiva" een belangrijke plaats inneemt. Wanneer men eenvoudig kleur en licht waarneemt geschiedt dit alleen door middel van het zintuig (solo visu). Ingewikkelder wordt het proces wanneer de cognitio en de scientia er bij betrokken worden, d.w.z. wanneer wij met behulp van onze kennis die op vroegere waarnemingen berust, de impressies,welke op het zintuig gemaakt worden,willen duiden. Herhaaldelijk moeten wij dan gebruik maken van de oordeelskracht (virtus distinctiva) en de „ratiocinatio" (het logische denken, het gebruik maken van den syllogismus).

Dikwijls komt volgens *Alhazen* (in navolging van *Ptolemaeus)* een voorstelling tot stand op grond van een onbewust gebruik van de sluitrede. *(A. Classen,* Ueber das Schlussverfahren des Sehactes, 1863). Dat wij niet bemerken, dat wij door middel van redeneering tot een bepaalde voorstelling gekomen zijn, is gelegen in het feit, dat het psychische proces zoo snel verloopt, dat wij het niet bemerken : „comprehenduntur in tempore valde

---

[1]) **Vitello** III 56 en **Baco** (de multpl. spec. 428) zeggen, dat men naast het licht en de kleuren niet afzonderlijk de ruimtelijkheid ziet, maar dat het licht en de kleuren ruimtelijk worden waargenomen.

parvo, et non apparet, quod comprehensio fit per rationem et distinctionem, propter velocitatem rationis" (II 12). Het is een menschelijke eigenschap zoo veel mogelijk van de sluitrede gebruik te maken en daarom bemerkt men dikwijls niet dat men dit doet : „Homo arguit et non percipit quod arguit" (II 13). Pas wanneer het moeielijk is tot een juiste waarneming te geraken, bemerken wij dat wij er langs den weg van redeneering gekomen zijn. In die gevallen duurt het proces ook langer.

Als voorbeeld geeft *Alhazen* iets, dat met het lezen verband houdt. Iemand, die het woord „Dominus" dikwijls gelezen heeft, zal dit woord, wanneer hij het weer ziet, dadelijk herkennen, zonder dat hij alle letters afzonderlijk behoeft te lezen. Hij herkent het woord schijnbaar alleen door het gevoel en zonder behulp van het onderscheidingsvermogen. Uit slechts enkele details wordt het woord herkend.

Wanneer echter een woord, dat slechts zelden of nooit eerder gezien werd, in een tekst voorkomt, dan moet men alle letters afzonderlijk bekijken en men moet de volgorde van de letters goed in acht nemen. Het woord „Dominus" begrijpt men door den sensus en de cognitio ; het vreemde woord begrijpt men door de ratio en de distinctio (II 11). Alhazen heeft dus een voorstelling van een proces, dat later met den naam „apperceptie" aangeduid werd, en waarmede hij bedoelt een reactie van de psyche, door middel van haar op ervaring berustende voorstellingsinhoud op een willekeurigen zintuigelijken prikkel.

Evenals bij *Ptolemaeus* vinden wij bij *Alhazen* beschouwingen over „psyschiche Thaetigkeiten, welche in ihrem Resultate einem Schlusse gleich sind", en die van een „Schluss" slechts in zoo verre verschillen, dat zij niet bewust voltrokken worden, zoodat zij den naam „unbewusste Schluesse" gekregen hebben. (*Helmholtz*, Physiol. Opt. III, p. 5—6).

De invloed van de ervaring bij het tot stand komen van de gezichtsvoorstellingen neemt in de leer van *Alhazen* een belangrijke plaats in. Vooral op het gebied van de ruimtelijke hoedanigheden der buitenwereld verklaart de schrijver veel met behulp van den ervaringsfactor. Alhazen schijnt te gelooven, dat er een objectieve drie-dimensioneele buitenwereld bestaat. De wijze, waarop deze objectieve wereld met behulp van ons gezichtszintuig waargenomen wordt is over het algemeen natuurgetrouw. Toch zijn er gevallen, waarin het ruimte*beeld* niet met de werkelijke ruimte overeenstemt. Dit is het geval wanneer er een tekort aan empirische factoren in een gewaarwording is. *Alhazen* is dus een voorlooper van de latere schrijvers, die een onderscheid tusschen de structuur van de optische- en van de „werkelijke" ruimte maken. De vraag van de nativistische- of empiristische optische ruimte wordt hier nog niet scherp geformuleerd.

De beschouwingen van Alhazen kunnen gedeeltelijk in een empiristische en gedeeltelijk in een nativistische beschouwings-

wijze worden ondergebracht. De localisatie in het vlakke gezichtsveld schijnt nativistisch, de localisatie in de diepterichtingen schijnt empiristisch.

Aan elk punt van de voorvlakte van de lens wordt een bepaald lokaalteeken toegekend (II 16). „Virtus sensitivia sentit locum membri sentientis in quem pervenit forma." Wanneer een bepaald punt van de voorvlakte van de lens getroffen wordt door een straal, dan weet de waarnemer, dat deze straal uit een bepaalde richting komt. Het punt, waarvan deze lichtstraal uitgaat, moet gelegen zijn op de loodlijn, welke in het getroffen punt van het voorvak van de lens kan worden opgericht. Hier vinden wij een beschouwing, die met de latere projectieleer overeenkomt. Wanneer een aantal punten van de lens door lichtstralen getroffen wordt, dan weet de waarnemer uit welke richtingen die verschillende indrukken komen. De rangschikking van de punten in het subjectieve gezichtsveld is in overeenstemming met die in de objectieve buitenwereld.

Wij nemen „solo sensu" een gezichtsveld met slechts twee dimensies waar. Dat wij uit dit vlakke beeld afleiden dat het een drie-dimensioneele werkelijkheid representeert, is een gevolg van het feit, dat wij, op grond van onze ervaring, een diepte-dimensie aan dit vlakke beeld vermogen toe te voegen. Zoo kunnen wij de lichamelijkheid der voorwerpen ook „zien". (Corporeitas quae est extensio secundum trinam dimensionem). Geheel consequent is *Alhazen* niet, wanneer hij zegt dat wij, wanneer het voorwerp zeer nabij gelegen is, toch wel *zien*, dat het drie dimensies heeft (II 31). Dit zou dan berusten op de mogelijkheid de „obliquitas superficierum" waar te nemen. Maar over het algemeen komt men „per cognitionem" tot de kennis van de lichamelijkheid der objecten. Wanneer men een voorwerp, dat men niet kent, ziet, zal men, vooral als het voorwerp ver verwijderd is, dikwijls een vlakken indruk er van krijgen. Zoo kan men in de verte ook niet zien of iets hol of bol is, tenzij de schaduwvorm ons hierover inlichten kan.

Over de wijze, waarop wij tot de kennis van de dieptedimensie geraken schrijft *Alhazen* in het tweede boek (paragr. 22—25).

De schrijver stelt de vraag : hoe komt het dat wij de voorwerpen *buiten* ons *„zien"?*, en hierop geeft hij het volgende antwoord : wanneer wij bij het Zien slechts op de gezichtsindrukken aangewezen waren, dan zouden wij de dingen niet buiten ons behoeven te zien; maar doordat het intellect medewerkt, gaan wij aan de voorwerpen een exterioriteit toeschrijven.

Wanneer wij, terwijl onze oogen geopend zijn, iets zien, en wanneer na het sluiten van de oogen dit voorwerp onzichtbaar wordt, komen wij ongemerkt tot het inzicht dat het object zich buiten ons lichaam moet bevinden. Dit wijst op een empiristische opvatting van het ontstaan der optische ruimtevoorstelling. (Et in natura intellectus est, quod illud, quod accidit in visis

apud aliquem situm, et destruitur apud eius ablationem non est fixum intra visum, neque faciens ipsum accidere, est intra visum (II 39)).

De virtus distinctiva voert ons tot de conclusie dat het object op eenigen afstand buiten het oog gelegen moet zijn, daar het object het oog niet aanraakt. En wanneer deze conclusie in vele gevallen getrokken is, wordt het een stilzwijgende vooronderstelling, dat het wel altijd zoo zijn zal. „Propter frequentationem istius intentionis, et iterationem eius quievit in anima, ita quod non percipit quietem eius neque qualitatem quietis eius, scilicet quod omnia visibla sunt extra visum, et quod inter quamlibet rem visam et visum est remotio".

De schrijver zegt ook hoe men de grootte van den afstand tusschen het oog en het voorwerp kan schatten. (II 25).

Wanneer er tusschen het oog van den beschouwer en het voorwerp, waarvan men de afstand beoordeelen wil, een rij van regelmatig gerangschikte voorwerpen — b.v. een boomenrij — gelegen is, kan de beschouwer, wanneer hij de onderlinge afstanden tusschen de boomen kent, met vrij groote nauwkeurigheid de afstand tusschen het oog en het voorwerp beoordeelen.

Wanneer echter de afstand zeer groot is en wanneer er geen tusschenliggende hulpobjecten aanwezig zijn, dan zal het in het algemeen niet mogelijk zijn den afstand eenigermate nauwkeurig te beoordeelen. Slechts wanneer men de grootte van het voorwerp nauwkeurig kent, zal men, uit de grootte van den gezichtshoek waaronder het gezien wordt, kunnen afleiden hoe ver het van het oog verwijderd is.

Alhazen beschrijft een proef, die ons doet zien dat ons optische vermogen afstanden te schatten, wanneer er geen empirische factoren zijn die ons hulp bieden, zeer gebrekkig is. Wanneer men n.l. door een nauwe opening naar twee vlakken kijkt, die op verschillende afstanden van het oog gelegen zijn, dan zal men den afstand tusschen de vlakken te klein schatten, ja zelfs zal men soms het afstandsverschil niet eens kunnen waarnemen. (II 25). Daarmede hangt samen dat aan den horizont de hemel en de aarde elkaar schijnen aan te raken.

Alhazen beschrijft hier dus het onderschatten van groote afstanden en hij vestigt de aandacht op een verschijnsel, dat in de latere optische literatuur nog tot vele meeningsverschillen geleid heeft.

De schrijver is van meening, dat wij van de objecten, welke in onze onmiddellijke nabijheid gelegen zijn, de grootte en den afstand nauwkeurig kunnen beoordeelen, omdat hier de mogelijkheid geboden wordt de dimensies met die van onze eigen lichaamsdeelen te vergelijken. „Quoniam quantitas illius, quod est apud pedes, comprehenditur a visu et a virtute distinctiva, et visus certificat ipsum per mensuram corporis humani. Quoniam

illud, quod est apud pedes, semper mensuratur ab homine sine intentione per pedes eius" (II 39; vgl. Vitello IV, 10).

Alhazen vermoedt dat wij bij het beoordeelen van grootte en afstand ook gebruik maken van de schatting der uitgebreidheid van de oogbewegingen.

Wanneer het *oog bewogen* wordt kan de gezichtslijn eerst op het eene en daarna op het andere uiteinde van het object gericht worden. „Per istum motum visus movetur forma rei visae super superficiem visus.... et sic comprehendit sentiens quantitatem anguli quem respicit illa res visa". (II 44).

Men kan, wanneer men een afstand wil schatten eerst den blik op den grond, vlak bij de voeten laten vallen, en daarna geleidelijk de blik over den grond laten glijden totdat deze gericht wordt op het voorwerp, waarvan de afstand bepaald moet worden. Uit de grootte van den hoek, die hierbij door de gezichtslijn doorloopen wordt, zou men een indruk van de grootte van den afstand kunnen krijgen. „Movebitur visus in longitudine partis terrae, et sic movebitur axis radialis super illam partem; certificabit virtus distinctiva quantitatem anguli, quem respicit illud spatium."

Voor het beoordeelen van de grootte van den onderlingen afstand tusschen twee ver verwijderde voorwerpen is deze methode niet bruikbaar. Hier worden de hoekverschillen te klein om te worden geapprecieerd. (Et cum remotio fuerit maxima non sentiet augmentationem parvam in longitudine radii nec sentiet angulum). Ook schijnt er, volgens de schrijver, een invloed op het afstand schatten in de grootte van den convergentiehoek gelegen te zijn. (II 39).

(Daar *Alhazen*, in verband met zijn leer, geen accomodatiemechanisme kende, behoefde hij niet, zooals dit later geschied is, in dit mechanisme een factor van afstandsbeoordeeling te zoeken).

Zooals wij reeds vermeldden, heeft reeds *Euclides* geweten dat een zelfde voorwerp in de beide oogen tot verschillende beelden aanleiding geeft. Hij schijnt echter niet te hebben ingezien dat dit feit voor het diepte-zien van belang is.

(Het was pas *Leonardo da Vinci* (Tratt. d. Pitt.), die er op gewezen heeft dat een schilderij nooit ruimtelijk volkomen natuurgetrouw kan zijn, omdat hierbij de beide beelden niet van elkaar verschillen. *Alhazen*, die de optica van *Euclides* niet kende, vermeldt dit beeldverschil niet ; wel wordt het door *Vitello* besproken).

De verschijnselen, welke thans als gevolgen van refractie- en accomodatieanomalieën beschouwd worden, werden door *Alhazen* als gevolgen van afwijkingen in den aard en de hoeveelheid van de spiritus visivus beschouwd.

Bij het beoordeelen van zeer groote afstanden kan men op vele manieren tot onjuiste conclusies komen. Hier geschiedt de beoordeeling alleen met behulp van redeneeringen „et est error in syllogismo" (III 23; vgl. Vitello IV 16).

Alhazen ziet in dat het bij het beoordeelen van afstanden dikwijls niet zoo zeer op het absolute, als wel op het relatieve verschil, aankomt (fere carens quantitate *respectu* quantitatum remotionis II 29).

De grootte van een voorwerp wordt niet alleen beoordeeld met behulp van den gezichtshoek maar ook met den geschatten afstand (vgl. *Ptolemaeus).*

Hij geeft het volgende voorbeeld (II 36) : een zelfde voorwerp, dat eerst op een afstand van 1 el, en daarna op een afstand van 2 ellen gezien wordt, verschijnt in beide gevallen onder gezichtshoeken, die onderling zeer veel verschillen. Toch schat men in beide posities het object even groot. Dit moet verklaard worden door het feit dat wij ook de verandering van den afstand in rekening brengen. Hier wordt het begrip beschreven dat later in de literatuur met den naam „Sehgroesse" aangeduid wordt. Deze Sehgroesse blijft volgens *Alhazen* constant zoo lang de afstanden „mediocris" zijn. Men „ziet", zegt de schrijver, de zijden van een vierkant, dat van een excentrische positie uit bekeken wordt, even groot, ofschoon de gezichtshoeken, waaronder de verschillende zijden van het vierkant ons verschijnen, onderling verschillen. Een cirkel, die niet loodrecht op onze gezichtslijn staat, geeft aanleiding tot een ovaal beeld; maar wanneer wij weten dat de cirkel niet loodrecht op onze gezichtslijn staat, nemen wij een „cirkel" waar. (II 36).

Wil men een voorwerp kunnen zien, dan moet het gedeelte van de lens waarmede het waargenomen wordt, een merkbare grootte hebben. Met een enkele straal wordt niets gezien. Alles wat gezien wordt, wordt onder een hoek gezien. Hiermede hangt samen dat Alhazen aan de lichtstralen eenige breedte toekent. Voor de geometrisch-optische constructies maakt hij gebruik van lijnen, die als mathematische lijnen beschouwd worden en deze worden gedacht in de as der physische stralen gelegen te zijn. Vitelo, die deze beschouwingen overneemt, schrijft (II 3): „Omnis linea, qua pervenit lux, est linea naturalis sensibilis latitudinem quendam habens, in qua est linea mathematica imaginabiliter assumenda."

Dat aan de lichtstralen een zekere breedte toegekend werd, hangt samen met beschouwingen, welke reeds in de geschriften van oudere auteurs voorkomen (b.v. bij *Alkindi*). Men had n.l. gezegd dat, indien een lichtstraal geen breedte had, de lens door deze straal in een mathematisch punt geprikkeld zou worden. Daar men zich echter voorstelde, dat de species de eigenschappen van het voorwerp moest bezitten, moest de species ook uitgebreidheid bezitten en zoo kon d e species de lens niet in een mathematisch punt beïnvloeden maar er moest een inwerkingsplaats van een zekere uitgebreidheid zijn. Derhalve moest de lichtstraal eenige breedte hebben. Deze schijnbaar onbelangrijke kwestie wordt hier vermeld, omdat verschillende hedendaagsche

schrijvers meenen, dat door dergelijke beschouwingen het vinden van het theoretische verdwijnpunt in de perspectiefleer belemmerd zou zijn.

Alhazen neemt aan dat er een ondergrens gesteld is aan de hoeveelheid licht die kan worden gepercipieerd. Hij zegt dat wanneer de hoeveelheid licht steeds geringer wordt er eindelijk een hoeveelheid licht komen zou die, wanneer zij nog verder verdeeld zou worden, niet meer waarneembaar zou zijn. Ook Vitello spreekt in dit verband (II Def. 4) over „lux minima, quae si dividi intelligatur non habebit amplius actum lucis." Hier wordt dus gesproken over een lichthoeveelheid, welke beneden de *drempelwaarde* gelegen is.

Er worden in dit boek verschillende soorten van gezichtsbedrog beschreven. Vroeger werd er reeds op gewezen dat men tegenwoordig andere dingen onder het gezichtsbedrog samenvat dan in de oudheid en de middeleeuwen.

Alhazen noemt 3 soorten van gezichtsbedrog :

1. gezichtsbedrog (error) die op het zintuig alleen berust (error accidit sensui III 20). Hiermede wordt bedoeld het verschil in kleur dat een voorwerp bij verschillende belichtingen kan vertoonen; de kleurversmelting; het contrastverschijnsel; het verschil in helderheidsverhoudingen van rood en blauw bij verschillende belichting enz. (I 3) ;
2. gezichtsbedrog dat met vroeger verworven kennis (scientia) samenhangt. (III 21). Het is mogelijk, dat wij een ver verwijderde menschelijke gedaante ten onrechte aanzien voor iemand, dien wij kennen, of dat wij een paard voor een ezel houden etc. ;
3. gezichtsbedrog berustende op onjuiste syllogismen.

De schrijver kent de aanvullende associaties. Wanneer wij een voorwerp eenige malen gezien hebben, kennen wij hiervan een aantal bizonderheden. Wanneer ons nu slechts enkele karakteristieke details van dit voorwerp getoond worden, denken wij er ons de ontbrekende eigenschappen bij, en wij meenen het voorwerp met al zijn eigenschappen te zien, ofschoon wij slechts enkele der eigenschappen waarnemen. Hierop kan de bedriegelijke natuurgetrouwheid van schilderijen berusten. Deze aanvullende associaties zouden dikwijls tot gezichtsbedrog kunnen leiden. Wij meenen herhaaldelijk tengevolge van een sluitrede, die op onvoldoende praemissen gefundeerd is, iets te zien, dat er niet is.

Alhazen geeft een goede verklaring van het kleiner-schijnen van ver-verwijderde objecten. Daar wij de schijnbare grootte afleiden uit de grootte van den gezichtshoek en den geschatten afstand komen wij er toe de dingen, wanneer wij den afstand onderschatten, te klein te zien.

Bij de bespreking van het waarnemen van rust en beweging

wijst de schrijver er op dat een stilstaand object op de lens van het bewegende oog achtereenvolgens verschillende punten prikkelt. De waarnemer leidt echter uit de grootte van de oogbeweging af dat de schijnbare beweging van het object ten opzichte van de lens, hiermede overeenstemt en daarom neemt hij, ondanks het feit dat het beeld over de lens verschuift, toch waar dat het voorwerp stil staat.

In een theorie, waarvan later de ondeugdelijkheid gebleken is, heeft Alhazen de optische verschijnselen die hem bekend waren willen samenvatten. Het behoeft ons niet te verwonderen dat er, in verband met den tijd waarin hij leefde en de heterogeniteit van zijn bronnen, inconsequenties in zijn systeem zijn, zoodat het wel eens den indruk maakt dat hij bewust dingen, die hij elders gezegd heeft, later verzwijgt.

Dit alles neemt niet weg, dat *Alhazen* een groote figuur in de geschiedenis der Optiek is.

Zijn geschrift toch is de grondslag geweest, waarop de latere middeleeuwsche schrijvers hun systemen opgebouwd hebben en het zijn misschien de inconsequenties in zijn boek geweest, die tot een verder onderzoek en tot een vooruitgang van de leer van het Licht en van het Zien geleid hebben.

En de geniale *Johannes Kepler*, die zijn boek, waarin hij de juiste wijze van beeldvorming in het oog beschrijft, „ad Vitellionem Paralipomena" noemt, had beter den naam van *Alhazen* in den titel kunnen vermelden.

De meest opvallende inconsequenties van *Alhazen's* geschrift zijn gelegen in de beschrijving van de anatomie van het oog, waar hij zegt, dat de voorvlakte van de lens *niet* concentrisch met de cornea is, terwijl hij verder in zijn leer van het Zien voortdurend moet aannemen dat hier wel concentriciteit moet bestaan. En een groote inconsequentie treft men aan in het laatste gedeelte van zijn boek (VII 37) waarbij Risner schrijft : „Et visio omnis fit refracte".

Wij hebben n.l. gezien dat *Alhazen* de werking van de schuine stralen bijna geheel verwaarloosde. En nu beschrijft hij hier een aantal verschijnselen, die wèl op gebroken stralen en op scheefinvallende stralen berusten „Nihil enim comprehenditur sine refractione facta apud superficiem visus". Hij zegt het volgende : de dingen, welke wij zien, worden waargenomen door middel van een kegel van loodrecht invallende stralen. De denkbeeldige top van deze kegel ligt in het krommingsmiddelpunt van de cornea. De stralen welke buiten deze kegel gelegen zijn kunnen de cornea niet onder rechte hoeken treffen. (VII 37). „Pyramidalitas non est ampla". En toch nemen wij dingen waar, die buiten de kegel gelegen zijn. Dit kan dus slechts op een werking van gebroken stralen berusten. Als voorbeeld noemt de schrijver een naald die, wanneer zij bij de ooghoek gehouden wordt, toch gezien kan worden. „Visus comprehendit illam formam refracte".

Evenzoo onttrekt een naald, die in de onmiddellijke nabijheid van het oog vóór de pupil gehouden wordt, het achter de naald gelegen deel van een wit vlak niet geheel aan het gezicht. Hier moeten dus ook gebroken stralen werkzaam zijn.

Zoo zijn er nog talrijke inconsequenties in het werk. Maar deze mogen ons het vele goeds dat *Alhazen* ons geeft, niet doen vergeten. Hij was een goed waarnemer en hij heeft door zijn werk de Westersche optici in goeden zin beïnvloed en de latere optiek heeft zich ontwikkeld in aansluiting aan *Alhazen's* Optica.

De belangrijke vondsten van Alhazen in verband met de breking der lichtstralen zullen hier kort besproken worden [1].

In het 7e boek van zijn Optica wordt de vergrootende werking van glazen bolsegmenten beschreven. Hierbij wordt alleen het geval besproken waar de convexe zijde naar het oog van den beschouwer gekeerd is. *Alhazen* bepaalt de plaats van het beeld op dezelfde wijze als *Ptolemaeus*. Ook wordt voor het eerst de werking van een bolle cylinderlens besproken. (II, 50). *Alhazen* meent dat men hierdoor een dubbel beeld ziet. Het eene beeld zou gevormd worden in de gebogen meridiaan en het andere volgens de richting van de as van den cylinder. Deze twee beelden zouden in een zelfde punt gevormd worden en elkaar bedekken („erunt duae formae quarum altera refringitur super alteram et tamen illae duae formae erunt apud idem punctum"). De mogelijkheid van een concave lens wordt ook besproken, maar hierop wordt niet nader ingegaan omdat het, naar Alhazen zegt, zelden of nooit zou voorkomen, dat de holle vlakte van een medium met sterker lichtbrekend vermogen naar het oog toegewend zou zijn, terwijl het object daarachterligt („et illi situs non inveniuntur. . .").

De beschouwingen over de breking van het licht, zooals deze door Alhazen gegeven werden, zijn overgenomen door de verschillende schrijvers uit de 13e eeuw, die nog besproken zullen worden. (Tegen het einde van de 13e eeuw wordt voor het eerst over brillen gesproken).

---

[1]) Het is mogelijk, dat **Alhazen** in dit opzicht niet origineel was, en dat datgene wat hij over dit onderwerp schrijft, ontleend werd aan het laatste gedeelte van het werk van **Ptolemaeus** waarvan, zooals reeds gezegd werd, het laatste gedeelte verloren geraakt is.

HOOFDSTUK VII.

Het heeft ongeveer twee eeuwen geduurd voordat *Alhazen* invloed ging uitoefenen op de geleerden in West-Europa.

In de 11e en 12e eeuw komt er wel meer en meer een drang naar een betere kennis van de natuur en er zijn vele schrijvers, die tot natuuronderzoek aansporen, maar van een intensieve beoefening der natuurwetenschap is niet veel te bespeuren. Het blijft bij aansporingen.

De meeste schrijvers zijn nog aanhangers van de Platonisch-Augustinische leer van het Zien [1]), maar toch komen er ook geleerden, die aan de immissieleer de voorkeur blijken te geven. Het zou geen zin hebben de namen van deze schrijvers hier allen te noemen.

Geleidelijk schijnt de kennis van de Arabische wetenschap naar het Noorden door te dringen. De geschriften van *Aristoteles* en van zijn Commentatoren worden bekend en trekken vooral in Parijs veel belangstelling, een belangstelling, die dikwijls door de kerkelijke autoriteiten met bezorgdheid wordt opgemerkt en die tot verschillende verbodsbepalingen geleid heeft.

Schijnbaar was er reeds in de 11e eeuw een Latijnsch boek over de Optiek geschreven en wel „Liber de Oculis" van *Constantinus Africanus*, een monnik die omstreeks 1087 in het Klooster Monte Cassino in Zuid-Italië stierf. Maar het is gebleken, dat dit geen origineel werk was. Het is n.l. een vertaling van een geschrift van *Honein* (890—973) die het zelf met behulp van teksten van *Galenus* vervaardigd had (vgl. *Pansier*, Coll. ophth. vet. auct. Fascic. VII, p. 163). (Niet steeds verzweeg *Constantinus* den naam van de auteurs, wier boeken hij vertaalde. Zoo vermeldt hij b.v. wel den naam van *Isaac ben Salomon Israeli)*. (Beitr. z. Gesch. d. Phil. d. Mittelalt. XXXI, 79).

Bartholomaeus Anglicus, een Franciscaner monnik, heeft in de periode tusschen 1230 en 1250 een encyclopaedisch werk geschreven. Dit boek, dat „de Proprietatibus Rerum" heet, verkreeg een groote vermaardheid. Er komen verscheidene hoofdstukken in voor waarin over de anatomie van het oog, het licht, de kleuren, het Zien enz. gesproken wordt. Het blijkt echter niet dat de schrijver *Alhazen's* werk gekend heeft. Hij neemt veel over van *Aristoteles, Galenus, Constantinus Africanus, Alkindi* e.a.

In vergelijking met de andere werken van schrijvers uit de 13e eeuw — die nog uitvoerig besproken zullen worden — is het werk weinig belangrijk.

Vermelding verdient *Dominicus Gundissalinus*, die omstr. 1150 een werk schreef „de Divisione Philosophiae", waarin een hoofdstuk „de Aspectibus" voorkomt. Hierin wordt in het kort iets over de Optiek gezegd en dit geschiedt in den trant van *Euclides*

---

[1]) De leer van de gezichtstralen werd o.a. nog verkondigd door **Adelhard v. Bath, Wilh. v. Conches** en **Alanus de Insulis.**

en van *Al Farabi*. Hij is nog een een aanhanger van de emissieleer. (Beitr. z. Gesch. d. Phil. d. MA. Bd. IV 1903).

De eerste belangrijke schrijver op het gebied van de Optiek in West-Europa was *Robert Grosseteste* (omstr. 1175—1253).

Roger Bacon zegt in zijn „Opus tertium", dat in 1266 en 1267 geschreven werd, dat er in de landen, waar de geleerden zich van de Latijnsche taal bedienden nergens de optiek onderwezen werd met uitzondering van Oxford, waar tweemaal college over dit onderwerp gegeven was. Het is waarschijnlijk, dat de docent in dit geval *Robert Grosseteste* geweest is. Hiervoor pleit dat *Grosseteste* in Oxford gewoond en gedoceerd heeft, dat hij een leermeester en vriend van *Baco* was en dat hij de eenige schrijver uit de vroege 13e eeuw is van wien het bekend is, dat hij een belangrijk geschrift over de Optiek nagelaten heeft.

Het is gebleken dat verscheidene belangrijke plaatsen uit het werk van *Baco*, die vroeger voor origineel werden aangezien, aan *Grosseteste* ontleend zijn. Zoo heeft men b.v. steeds in de meening verkeerd dat de oudste plaatsen in de West-Europeesche literatuur waar over vergrootglazen gesproken wordt, te vinden zijn in de geschriften van *Roger Bacon* (omstr. 1266), en *Satimbese van Parma (1283)*. Het is nu gebleken dat *Grosseteste* over dit onderwerp geschreven heeft en dit moet dus vóór 1253 geschied zijn.

In *Grosseteste's* tractaat „de Iride seu de Iride et Speculo" (zie : Opthalmologica, Bazel, Mei 1940), dat verschenen is in „die Philosophischen Werke des Roberts Grosseteste, Bischofs von Lincoln" (Ed. L. Bauer, 1912) lezen wij (p. 74) : „Tertia pars (Perspectivae) apud nos intacta et incognita usque ad tempus hoc permansit ostendit nobis modum, quo res longissime distantes faciamus apparere propinquissime positas et quo res magnas propinquas faciamus apparere brevissimas et quo res longe positas parvas faciamus apparere quantum volumus magnas, ita ut possibile sit nobis ex incredibili distantia litteras minimas legere aut arenam aut granum, aut gramina, aut quaevis minuta numerare." En verder (p. 75) : „et patens est eisdem modus figurandi diaphana ita, ut illa diaphana recipiant radios egredientes ab oculo secundum quantitatem anguli, quem voluerint, in oculo facti, et restringant radios receptos, quomodocunque voluerint, super res visibiles, sive fuerint illae res visibiles magnae sive parvae, sive longae sive prope positae; et ita apparent eis omnes res visibiles in situ, quo voluerint, et in quantitate, qua voluerint; et res maximas, cum voluerint, faciant apparere brevissimias, et e contrario brevissimas et longe distantes faciant apparere magnas et optime visu perceptibiles."

De bekende plaatsen bij *Baco*, waar over de vergrootende werking gesproken wordt zijn hieraan verwant.

Baco ontleent ook veel aan zijn vriend en leermeester *Grosseteste* op het gebied van de „multiplicatio specierum" [1]. Naar aanleiding van de tegenovergestelde meeningen over de vraag of het Zien op een centrifugaal of op een centripetaal proces berust zegt *Grosseteste* dat het hier slechts van belang is hoe men de zaak beschouwt. „Unde philisophi naturales tangentes id, qpod est ex parte visus naturale et passivum, dicunt visum fieri *intussuscipiendo*. Mathematici vero et physici considerantes ea, quae sunt supra naturam, tangentes id, quod est ex parte visus supra naturam et activum, dicunt visum fieri *extra*-mittendo" (p. 73). Hij ziet dus het Zien in wezen als een proces dat op het oog gericht is ; bij geometrisch-optische beschouwingen mag men echter de stralen beschouwen als van het oog uitgaande.

Grosseteste [2]) was ook belangrijk omdat hij de inleider was van een empirische richting in de Schloastiek, die op wiskunde en experimenten berustte, en in dit opzicht heeft *Baco* in hooge mate zijn invloed ondergaan. *Grosseteste* was nog een lichtmetaphysicus. („Formam primam corporalem.... lucem esse arbitror." Beitr. z. Gesch. d. Phil. d. M.A. Bd. XVIII, p. 77)). Wat *Grosseteste* zelf op het gebied van de optiek zegt is weinig belangrijk. Hij schijnt het werk van *Alhazen* nog niet gekend te hebben. Zijn werk gelijkt op dat van *Ptolemaeus*, maar het is beknopt en staat hierdoor bij het werk van den Alexandrijn achter [3]).

De 13e eeuw is voor de geschiedenis van de natuurwetenschap, en daarmede ook van de Optiek zeer belangrijk geweest, daar in die eeuw de belangstelling voor dezen tak van wetenschap in belangrijke mate toegenomen is.

Wanneer men een chronologische tabel met de namen van de middeleeuwsche schrijvers, die zich voor de optiek interesseerden, maakt, dan blijkt het dat het aantal namen van de auteurs die in de 13e eeuw geleefd hebben, veel grooter is dan dat van de schrijvers die in andere eeuwen gewerkt hebben. Dit zal wel voornamelijk samenhangen met de hoeveelheid nieuw materiaal dat aan de Arabieren ontleend werd en vooral de invloed van de werken van *Aristoteles* deed zich hierbij gelden.

Dat de Kerk zich aanvankelijk tegen een aanvaarding van de

---

[1]) Over de „multiplicatio" van het licht spreekt ook **Vincentius van Beauvais** (gest. 1264), de schrijver van het Encyclopaedische werk „Speculum naturale" (II 35).

[2]) **Grosseteste** werd waarschijnlijk in 1175 in Suffolk geboren. Hij studeerde in Parijs en Oxford. In 1224 werd hij de eerste rector van de school der Franciscanen te Oxford, en in 1235 bisschop van Lincoln. Hij had gedurende zijn leven en nog lang daarna een grooten invloed op het Engelsche gedachteleven.

[3]) De wijze, waarop hij over de grootte van den brekingshoek spreekt, doet vermoeden, dat hij **Ptolemaeus** niet gelezen had. Hij berekent de grootte van de breking niet door meting, maar door een redeneering „per anologiam".

leer van dezen ouden philosooph verzette, behoeft geen verwondering te wekken. Het viel n.l. niet te voorspellen, welken invloed er van deze nieuwe kennisbron op het geestelijk leven der Christenheid zou uitgaan. Immers, wij heben reeds gezien dat verschillende schrijvers, die zich op *Aristoteles* beriepen, leerstellingen verkondigden, die met de heerschende opvattingen onvereenigbaar schenen. En zoo wordt de leer van *Aristoteles* op een te Parijs gehouden synode veroordeeld (1215). In 1231 wordt het verbod gedeeltelijk opgeheven, maar toch mag er aan de Universiteit van Parijs nog geen college over het werk van *Aristoteles* gegeven worden. In 1254 wordt eindelijk ook deze belemmering weggenomen. Men had ingezien dat weldenkende aanhangers van het Christendom veel goeds aan het werk van den Griekschen auteur ontleend hadden en zoo ziet men dat er vele elementen uit de geschriften van *Aristoteles* in de Kerkleer geassimileerd worden. Den invloed van *Aristoteles* vindt men in het werk van verschillende Franciscanen (o.a. *Baco* en *Bonaventura)* en bij de Dominicanen *Albertus Magnus, Thomas van Aquino* en *Dietrich van Freiberg.*

Onder de schrijvers, die in de eerste helft van deze eeuw leefden, hebben wij reeds vermeld *Bartholomaeus Anglicus* en *Robert Grosseteste,* die het werk van *Alhazen* nog niet gekend hebben.

Tot de volgelingen van Alhazen behoorden: *Witelo, Joannes Peckham* en *Roger Bacon.*

Witelo (ook wel Vitello, Vitellio, Vitulio, Wytelo enz. genaamd) werd omstr. 1230 in de buurt van Breslau geboren. Hij is waarschijnlijk door Zuid-Duitschland naar Italië gegaan en in Padua heeft hij gestudeerd in de philosophie, de wiskunde en de natuurkunde. Zijn beroemde Optica heeft hij waarschijnlijk omstr. 1270 geschreven. Men vermoedt dat hij kort daarna gestorven is.

Door het geschrift van *Witelo,* een zeer uitvoerige bewerking van *Alhazen's Optica* — dat zelf reeds een omvangrijk werk is — heeft de leer van den Arabier een groote bekendheid in Europa gekregen. Er zijn talrijke manuscripten van dit werk bewaard gebleven. De meesten hiervan hebben als titel „Perspectiva" (eenige manuscripten zijn in de Bibliotheque Nationale te Parijs).

Het boek werd in 1535, 1551 en 1572 in druk uitgegeven. De 3e druk is door Risner verzorgd, die tegelijkertijd voor het eerst *Alhazen's* optiek in druk uitgaf. Het geheele boek heet: „Opticae Thesaurus" en het bevat „Alhazenis Arabis libri septem" en „Vitellionis Thuringopoloni libri X".

Het werk van Vitello laat zich beter lezen dan het geschrift van Alhazen, maar de groote omvang van het boek maakt dat het geen geringe taak is het door te worstelen.

Zooals reeds gezegd werd had *Vitello's* geschrift een grooten invloed. Zoo leest men dat op het examen aan de Universiteit van

Oxford kennis van Geometria volgens *Euclides* of in plaats hiervan Optica volgens *Vitello* gevraagd werd. (1431). En wij hebben reeds gezegd dat Kepler zijn werk „ad Vitellionem Paralipomena" noemde. *Vitello* kende, in tegenstelling tot *Alhazen* de Optica van *Euclides* wel. Na hetgeen over de leer van *Alhazen* gezegd is behoeft hier niet meer over het werk van Vitello gezegd te worden.

Slechts zij hier nog opgemerkt, dat het mij mogelijk toeschijnt dat er een verband bestaat tusschen de *Perspectiva* van *Roger Bacon* en het werk van *Vitello*. Zooals wij later zullen zien werd het geschrift van *Baco* in 1267 naar Paus *Clemens IV*, die in dien tijd in Viterbo zetelde, gezonden. (De Curie was daar tusschen 1266 en 1271). Maar *Vitello* was in dien tijd ook in Viterbo, waar hij in nauwe relaties stond met *Willem van Moerbeke*, die Poenitentiarius van den Pauselijken Stoel was.

Vitello zegt in de Voorrede van zijn Optica, dat hij zich vroeger niet met dit onderwerp beziggehouden heeft; hij schrijft het werk echter op verzoek van *van Moerbeke*. „.... ut hoc laboris tibi placiti onus subirem hisque materiis mihi nondum cognitis animum applicarem". En dat er eenige haast bij het werk was zou kunnen blijken uit het feit dat *Vitello* een ander geschrift, waarmede hij bezig was, intusschen onvoltooid liet liggen. (Dit werk, dat tijdelijk onderbroken werd, zou volgens *Cl. Baeumker* (Witelo p. 225) het reeds genoemde „de Intelligentiis" zijn).

Het zou kunnen zijn dat men in Viterbo wilde weten of een andere en onverdachte schrijver als *Vitello* door het bestudeeren van Alhazen tot soortgelijke resultaten zou komen als *Baco*, die verdacht werd van „novitates suspectae", en die zich herhaaldelijk op *Alhazen* beroep. En zoo heeft men misschien aan *Vitello* opgedragen de *Optica* van *Alhazen* te bestudeeren.

Na *Vitello* moet *Joannes Peckham* (gest. 1292) genoemd worden. Ofschoon deze schrijver het in het algemeen met de beschouwingen van *Aristoteles* niet eens was, heeft hij toch indirect door de bewerking van *Alhazen's* geschrift de Aristotelische leer helpen verbreiden (Joannem Pechamum .... Peripateticorum „novellae doctrinae".... semper et ubique repugnavisse nemo est hodie qui ignoret.; P. H. Spettmann. Joh. Pechami quaest. tract de anima, 1918, p. XV). Hij stond onder den invloed van *Bonaventura*. Het werk van *Peckham*, dat in tegenstelling tot dat van *Witelo* zeer beknopt was, heeft een zeer groote populariteit verworven wat waarschijnlijk wel met den compendium-achtigen omvang samenhangt. Het boek werd verscheidene malen in druk uitgegeven o.a. in 1482, 1504, 1505, 1508, 1542 en 1593. Een boekje, dat in 1556 gedrukt werd en dat de titel „Perspectiva tribus libris per *Pascallium Hamellium*" draagt, bleek mij het geschrift van *Peckham* te zijn. Het boek van *Peckham* (die ook wel Pisanus, Petzanus of Pechamus genoemd wordt) heeft waar-

schijnlijk in verband met zijn populariteit den naam „Perspectiva communis" gekregen.

Peckham's geschrift is een excerpt van Alhazen's Optica en daarom zal er hier niet uitvoerig over gesproken worden. Slechts zij er op een passage gewezen, waaruit blijkt, hoe in de 13e eeuw de natuurwetenschap bedreven werd. Peckham bewijst de stelling, dat het Zien door intromissie geschiedt op de volgende wijze: (Persp. comm. I 46) Stel dat er van het oog stralen uitgaan ; dan zouden deze stralen wel of niet naar het oog kunnen terugkeeren. Wanneer zij wel terugkeeren, dan zou dit moeten geschieden, doordat zij op een voorwerp terugkaatsen en daarbij de species van dit voorwerp medenemen. Maar deze species worden reeds met het licht door het object uitgezonden zonder dat er een oog aanwezig is. Het is dus overbodig, dat er stralen van het oog uitgaan om de species mede terug te brengen. Wanneer echter de stralen, die van het oog uitgaan niet terug keeren, dan zouden zij nutteloos zijn. Men moet dus wel gelooven dat er geen stralen van het oog uitgaan. Ergo moeten de species met het licht naar het oog toe komen. Op deze wijze heeft de schrijver door zijn redeneering toevallig de juiste beschouwingswijze gevonden.

Over den beroemden *Roger Bacon* zal hier uitvoeriger gesproken worden. Het oordeel over dezen schrijver is in verschillende tijden zeer afwisselend geweest. Tijdens zijn leven is hij verguisd, behalve door zijn vrienden. Later is hij dikwijls buitengewoon vereerd. Hij werd dan beschouwd als „de" inleider in de moderne inductieve natuurwetenschap en als een man, die voor zijn tijd een uitzonderlijk geleerde was. Het is later gebleken, dat *Baco* niet de grootste geleerde van zijn tijd was en dat hij geen uitzonderlijke plaats innam. („Danger of overestimating him and of treating him as on isolated phenomenon." *Paetow;* Guide to the study of medieval history, 1931, 459). Hij is de representant geworden van de natuuronderzoekers uit de 13e eeuw, omdat er over hem zoo veel meer geschreven werd dan over andere tijdgenooten. Hij was, evenals zooveleschrijvers uit de 13e eeuw, iemand die ook de meer en meer naar voren komende neiging vertoonde zich van de traditioneele leerstellingen te bevrijden en die aan de ervaring een ruimere plaats wilde toegekend zien. (Der Sinn des Wissens bei R. Bacon; H. Liebeschuetz, 1932).

Roger Bacon, ook wel „doctor mirabilis" genaamd, werd tusschen 1210 en 1214 geboren. Hij studeerde eerst in Oxford, later in Parijs. In deze laatste stad waren de geschriften der Arabieren een belangrijk studieobject geworden.

Baco leerde hier de geschriften van *Averroës, Avicenna, Alkindi, Alhazen* en *Aristoteles* kennen. Ook leerde hij de werken van *Euclides* en *Ptolemaus* waardeeren. Hij onderging in zijn jeugd den invloed van de werken van *Augustinus* en

deze invloed is blijvend geweest. In verband met de vele en heterogene bronnen waaruit hij zijn kennis geput heeft, is de leer van *Baco* zeer gecompliceerd.

Omstreeks 1250 sluit hij zich bij de Franciscaners in Oxford aan. In 1257 werd hij wegens het verkondigen van „novitates suspectae" naar Parijs overgeplaatst en daar onder streng toezicht gesteld. Hij beklaagt zich bij Paus *Clemens IV* en deze gelast hem zijn meeningen op schrift te stellen, opdat er zal kunnen worden nagegaan of er grond bestond voor de tegen *Baco* geuite klachten. *Baco* schrijft nu, binnen den tijd van een jaar, eenige boeken, waaronder het *Opus Majus* (1266—67). In dit werk wordt een ruime plaats aan de optiek toebedeeld. Dit hangt hiermede samen, dat de schrijver meent, dat slechts door de aanschouwing de twijfel opgeheven kan worden en zoo is het gezichtsorgaan het orgaan dat ons in de ervaringswetenschap zoo veel verder kan brengen. Ook zal zich hier de invloed van *Grosseteste* wel hebben doen gelden, en deze schrijver had de optiek een zoo geschikte tak van wetenschap gevonden voor de toepassing van de wiskunde.

De geschriften van *Baco* hebben Paus *Clemens IV* in Viterbo bereikt; voordat deze echter zijn oordeel heeft kunnen kenbaar maken is hij gestorven. En nu begint de ongelukkige periode in het leven van *Baco*. „1277 beauftragte der Pabst *Johann XXI* den Bischof *Stephan Tempier* von Paris, die Irrtuemer aufzuspueren, die die Wellen des Wissens veruntreinigen; darauf erscheint ein Dekret gegen die 277 Irrtuemer der averroistischen Artisten, in dem aber auch der einige Jahre vorher verstorbene *Thomas von Aquino* nicht ganz verschont wurde. *Bacon* wurde dabei getroffen durch Artikel, in denen die Ablehnung der Autoritaet und die Lehre der Astrologie zensiert wurden. In dieser kritischen Lage kamen die Generale in Paris zusammen. . . Am Ende des Jahres ist *Bacon* von seinem General *Hieronymus von Ascoli* wegen seiner Lehre zur Einschliessung im Klosterkarzer verurteilt worden." (Liebeschuetz l.c. 45). Pas in 1292 herkreeg hij zijn vrijheid. Spoedig daarna zou hij gestorven zijn.

Zooals reeds gezegd werd wordt over de waarde van *Roger Bacon* zeer verschillend geoordeeld. Eenerzijds wordt hij overschat; men heeft in hem den uitvinder van de verrekijkers, ja zelfs de ontdekker van de X-stralen gezien. Anderen hebben hem in verband met het feit, dat hij al te lichtvaardig op grond van schijnbare analogieën besluiten nam, onderschat. Een bemiddelende stelling, die waarschijnlijk het dichtst bij de waarheid komt, wordt door *S. Vogl* (die Physik *Boger Baco's* 1906) ingenomen. „Hat er aus sich selbst wenig Neues gebracht, so hat er doch mit scharfem Geiste die rechten Normen fuer die Naturforschung erkannt, die Schwaechen der Wissenschaft seiner Zeit durchschaut und gar manche Proben von geistvoller Beobachtung gegeben."

Het is een verdienste van *Baco* geweest, dat hij heeft ingezien, dat zijn tijdgenooten, die zich reeds physici waanden omdat zij de geschriften van Aristotles *lazen*, te weinig op de natuur zelf letten. Hij pleitte evenals *Grosseteste* voor een ruime toepassing van de wiskunde in de natuurwetenschap. Wetenschap moet van de waarneming uitgaan. De waarneming houdt verband met afmetingen. Daarom moet men van de wiskunde gebruik maken, opdat men een inzicht in de verhoudingen der afmetingen zal kunnen krijgen. *Baco* is een vurig voorstander van het experimenteeren en hij schijnt al zijn geld aan physische experimenten besteed te hebben.

Hij wil minder gebruik maken van de deductieve methode en hij pleit voor een ruime toepassing der inductie. Hij stelt tegenover de vraag naar het Wezen der Universealia de vraag naar het Wezen van elk bizonder geval en hij wil uit het individueele het algemeene afleiden. Dat hij in dit opzicht niet consequent was zullen wij later nog zien.

Datgene wat de schrijver over het Licht en over het Zien schrijft is grootendeels aan *Alhazen* ontleend. Wat de anatomie betreft volgt hij *Galenus* na.

Op het gebied der psychologie is hij een volgeling van *Ptolemaeus* en *Alhazen*. Verder vindt men in zijn geschriften herhaaldelijk passages, die op *Aristoteles*, *Augustinus* en de *Lichtmetaphysici* wijzen.

Voor de geschiedenis der Optiek is het belangrijkste in zijn werk de verhandeling over de Species. Zijn beschouwingen hierover vindt men in „de Multiplicatione Specierum". *Baco* zag in dat zijn tijdgenooten dikwijls met woorden schermden, en wanneer hij zijn vriend *Peter van Maricourt (Petrus Peregrinus)* wil prijzen, schrijft hij, dat deze de zuivere wetenschap zoekt en zich niet met woordgevechten inlaat. Dat *Baco* zich zelf niet aan het schermen met woorden heeft kunnen onttrekken, mogen wij hem, wanneer wij in aanmerking nemen in welken tijd hij leefde, niet euvel duiden.

In „de Scientia experimentali" (p. 116) zegt *Baco*: „Duae sunt enim modi cognoscendi, scil. per argumentum et experimentum. Argumentum concludit et facit nos concedere conclusionem, sed non certificat neque removet dubitationem ut quiescat animus in intuitu veritatis, nisi eam inveniat via experientiae."

Er zijn vier dingen, die ons beletten tot de waarheid door te dringen :

1. fragilis et indigna auctoritas ·
2. consuetudinis diurnitas ;
3. vulgi sensus imperiti ;
4. propriae ignorantiae occultatio cum ostentatione sapientiae apparentis.

Hoe zeer *Baco* vele klassieke schrijvers ook hoog acht, hij ziet

toch in, dat men hunne uitspraken niet altijd als juist aanvaarden mag, omdat hij in aanmerking neemt in welken tijd zij geleefd hebben. Hij wil bewust de physica tot een proefondervindelijke wetenschap maken. Dat hij dikwijls nog vreemde opvattingen over het wezen van het experiment heeft, mogen wij hem, ook weer in verband met de stand van de wetenschap in de 13e eeuw, niet kwalijk nemen.

De fout van *Baco* is hierin gelegen, dat hij twee dingen, die een vage analogie vertoonen, bijna identificeert, en hij maakt te veel gebruik van de redeneering op grond van analogie. Deze redeneeringen, welke in de physica dikwijls belangrijke resultaten hebben verwekt, kunnen echter gemakkelijk, wanneer de praemissen niet juist zijn, tot ongerijmdheden leiden.

Zoo zegt *Baco* dat de iris van het oog soms blauw is, omdat de natuurlijke warmte de stoffen in de iris niet voldoende kon verteren, en hij denkt hier misschien aan gevallen van onvolkomen verbranding, waarbij een product overblijft, dat bij verdere verbranding nog donkerder worden kan. Door een zeer oppervlakkige analogie — n.l. het feit dat er in beide gevallen een lichte kleur gezien wordt — neemt hij een gelijkheid van de processen die tot het onttsaan van deze kleur geleid hebben aan.

Dikwijls beschouwt *Baco* het feit, dat een oude betrouwbare auteur iets beschreven heeft, als de uitkomst van een waardevol experiment.

Dit wordt door het volgende gedemonstreerd.

Baco was langs den weg van redeneering — mogelijk ook in verband met lichtmetaphysische speculaties — tot de conclusie gekomen, dat iedere stof eenigermate voor het licht doorgankelijk zijn moest. Het experiment leerde hem dat warmte en geluid door zeer dichte stoffen kunnen dringen. Voor licht kon hij dit echter niet aantoonen. En nu beroept hij zich op den ouden schrijver *Boethius*, die gezegd heeft, dat de *Lynx* door dikke aardlagen heen kan zien. *Baco* acht zich hierdoor van het experimenteele bewijs ontslagen [1]).

---

[1]) Over de Lynx zegt **Brehm** (Thierleben I, p. 170) : Unter seinen Sinnen steht unzweifelhaft das Gehoer obenan.... kaum weiniger mag das **Gesicht** sein, wenn auch die neuzeitlichen Beobachter keine unmittelbare Belege fuer die Entstehung der alten Sage gegeben haben."

In de Argonautensage wordt van **Lynkeus** gesproken, die beroemd was om zijn scherpe gezicht. Het is mij niet bekend of de Lynx zijn naam aan dezen **Lynkeus** ontleend heeft, of dat **Lynkeus** zijn naam in verband met het scherpe zien van de lynx gekregen heeft. Het kan ook zijn, dat er door toevallige naamovereenkomst een eigenschap overgedragen is.

Galilei, die met zijn kijker de hemel bespiedde werd ook wel **Lynkeus** genoemd, en ook de „Thurmwaechter" in **Goethe's** Faust heet **Lynceus** (II 3 Act) :

„Augenstrahl ist mir verliehen,
Wie dem Luchs auf hoechsten Baum."

Het geloof dat er door de aarde heen gezien kan worden is zeer oud. **Pergens** (Ann. d'Ocul. 1906, p. 12) vermeldt dat de Parsis aan hun Godheid

Hier volgt een voorbeeld van de manier, waarop *Baco* bij het bewijzen van een stelling te werk ging.

Hij heeft de meening van *Alhazen* over de suprematie van de loodrecht invallende stralen overgenomen. Hij zegt dat dit begrijpelijk is, omdat stralen die loodrecht invallen het krachtigst werken. Dit wordt door het volgende experiment bewezen: wanneer iemand van een groote hoogte neervalt, kan men hem redden door hem tijdens den val van richting te doen veranderen (unde homo cadens perpendiculariter ab illo moritur ex casu; quod si aliquis pellat eum ab incessu perpendiculari, salvatur; 468).

Dit geldt als experimenteel bewijs.

Vervolgens zegt *Baco*, die het nog niet nalaten kan algemeenheden te zeggen: „linea recta aut cadit ad angulos aequales aut inaequales sed fortior est actio ad angulos aequales, quia aequale melius est." Ook tracht de schrijver de stelling aldus te bewijzen. Hij zegt dat de loodrecht invallende straal korter is dan alle andere straen, en de straal, die de kortste weg afgelegd heeft, zal het minst verzwakt zijn. Baco ziet hier over het hoofd dat de scheef invallende stralen van een sterkere lichtbron krachtiger kunnen zijn dan de loodrecht invallende stralen van een zwakkere lichtbron. Maar hij is, evenals zoovelen zijner voorgangers en tijdgenooten, gelukkig, wanneer hij zich op een mathematische stelling beroepen kan, en wanneer hij een verband tusschen de te bewijzen stelling en een geometrische stelling aangetoond heeft (ook al is dit verband niet steekhoudend) is hij voldaan en hij waagt het niet verder te onderzoeken. („Il ne suffit pas d'employer dans une discussion physique des termes et des considérations mathématiques; quand on le fait vaguement et sans les approfondir, les mathématiques, destinées à éclairer la physique ne servent qu'à éblouir et à induire en erreur." *Montucla*. Hist. des Sciences math., p. 313).

Een ander bewijs, dat *Baco* ook als experimenteel bewijs laat gelden, is een uitspraak van *Averroës*, die gezegd heeft, dat de zon in haar hoogsten stand het meest verwarmt, omdat dan de stralen het minst van de loodrechte richting afwijken.

En tenslotte laat hij een uitspraak van de „erkende" autoriteit

---

Kista het vermogen toeschreven een haar, dat onder de aarde bedolven was, te kunnen zien.

Biagio van Parma (die later nog besproken zal worden), schrijft: „dicitur enim de lynce, cuius oculus videt cadavera mediante monte et per consequens mediante terra....". (p. 218).

In dit verband zij nog gewezen op een vermelding van een buitengewone gezichtsscherpte, welke in de oude literatuur herhaaldelijk vermeld wordt. **Solinus** en **Plinius** hebben het geval waarschijnlijk beiden aan **Varro** ontleend. **Solinus** (Collect. rerum memorabilium, p. 25; ed. Mommsen 1895) schrijft: Visu plurimum potuit Strabo nomine, quem superspexisse per centum triginta quinque milia passuum **Varro** significat, solitumque exeunte a Carthagine classe Punica numerum navium manifestissime ex Lilybitana specula notare."

Aristoteles hooren: „cum rectum sit index sui et obliqui, oportet ut sit melius et nobilius et super ipsam magis eligit natura operari."

Ik heb dit voorbeeld eenigszins uitvoerig besproken, omdat het mij gebleken is, dat men zich gewoonlijk een verkeerde voorstelling maakt van *Baco's* wetenschappelijke betoogen.

Wanneer men in de geschiedenisboeken leest, dat *Baco* de inductieve methode toepaste, dat hij alles door experimenten op wilde lossen en dat hij zoo veel mogelijk de wiskunde in de physica toepaste, dan zal men geneigd zijn zich *Baco* voor te stellen als iemand, die op een modern physicus gelijkt. En het bovenstaande geval laat ons zien, dat er niet veel overeenkomst bestaat tusschen den „doctor mirabilis" en den modernen natuurkundige.

Toch moet men *Baco* niet gering schatten. Wanneer men zijn werk met dat van vele andere tijdgenooten vergelijkt, is hij een uitblinker.

Men moest het experimenteeren nog leeren. Men nam in de Middeleeuwen geen doelbewuste proeven (wanneer men ten minste het „doel" van de Alchemisten buiten rekening laat). Men bracht verschillende stoffen onder verschillende omstandigheden bij elkaar en men wachtte af wat het toeval brengen wilde. Als experiment beschouwde men voornamelijk het nauwkeurige beschouwen van een geheel aan zich zelf overgelaten natuurgebeuren, waarop door den beschouwer geen invloed uitgeoefend werd.

Laten wij thans nagaan wat wij van *Baco* over de species kunnen leeren.

De leer van de Species is als een ontwikkeling van de leer van *Aristoteles* te beschouwen, terwijl ook elementen van Neo-Platonischen oorsprong in deze leer te vinden zijn.

Het woord species is in den loop der tijden met zeer verschillende beteekenissen gebruikt. Wij zullen hier echter slechts over het Species-begrip bij *Baco* spreken.

Een lichaam bezit, volgens deze leer, in zijn eigenschappen een aantal krachten, waardoor het zijn omgeving zoodanig beïnvloeden kan dat het omringende medium dezelfde eigenschappen als het lichaam, dat zich in dit medium bevindt, gaat vertoonen. Men moet zich niet voorstellen dat het lichaam iets aan de omgeving afstaat. *Baco* zegt, in navolging van *Aristoteles*, dat het omringende medium in aanleg dezelfde eigenschappen bezit als het lichaam dat zich in dat medium bevindt. Onder invloed van het voorwerp wordt het omringende medium er toe gebracht zijn latente eigenschappen gedeeltelijk manifest te doen worden. Slechts die latente eigenschappen van het medium worden manifest, die ook aan het object eigen zijn. Het object, als „agens" beschouwd, beïnvloedt het medium, dat als „patiens" gezien moet worden. Het patiens gaat gelijkenis met het agens

vertoonen. Deze manifeste gelijkenis, welke in het medium gewekt wordt, wordt „species" genoemd (vrijwel synoniem zijn : forma, similitudo, intentio, imago etc.). De speciesvorming berust op een lijden van de tusschenstof (species est passio medii). Wanneer een voorwerp op het omringende medium gaat inwerken, worden het eerst de species in de onmiddellijke omgeving manifest; geleidelijk breidt de speciesvorming zich over grootere gebieden uit en men kan de speciesvorming dus met een emanatieproces vergelijken. („Et primum est quod prima pars patientis transmutata et habens speciem in actu transmutat partem secundam et secunda tertiam et sic ulterius." p. 457).

Baco spreekt hier, in navolging van zijn leermeester *Grosseteste* over de „vermenigvuldiging der species".

De voortplanting der speciesvorming geschiedt met eindige, ofschoon zeer groote snelheid. Steeds is het agens krachtiger dan de species, welke het tot manifestatie doet komen. Naarmate een punt van het medium verder van het voorwerp verwijderd is moeten dus de species in dat punt zwakker zijn. De vorming van species gaat dan ook niet tot in het oneindige door; ergens, zij het ook op zeer grooten afstand van het agens, komt aan de speciesvorming een einde. Dit hangt ook samen met het feit, dat het oppervlak, waarop nieuwe species gevormd worden, steeds grooter wordt. Het bestaan van de species is over het algemeen zeer kortstondig. Gewoonlijk wordt de species, onmiddelijk na het ontstaan, vernietigd; maar wanneer het object in het medium blijft worden er voortdurend nieuwe species gevormd en deze intermitteerende speciesvorming geeft aanleiding tot een gewaarwording, die continu is. Niet altijd wordt de species spoedig vernietigd. Wanneer het oog langen tijd aan sterk licht blootgesteld geweest is kan de species persisteeren en aanleiding geven tot het waarnemen van een nabeeld. Ook de warmtespecies kunnen lang blijven bestaan, wat blijkt uit het feit, dat een steen, die lang door de zon beschenen is, lang warm blijft.

Wanneer zich op eenigen afstand van een lichtbron of van een lichtweerkaartsend voorwerp een oog bevindt, zal de speciesvorming zich tot in dit oog kunnen voortzetten, en men moet zich voorstellen, dat de zichtbare eigenschappen van de lichtbron of van het lichtweerkaatsende voorwerp dan ook in het oog manifest worden. De doorschijnende deelen van het oog en ook de spiritus visivus nemen dan tijdelijk de kleur van het object aan.

Men zou zich dus moeten voorstellen, dat het beeld een volkomen gelijkenis met het object vertoont. Dit is echter niet de algemeene opvatting. Zoo zet b.v. een andere Franciscaner *Richard van Mediavilla* (1249—1308) wel „omnis cognita fit per assimilationem", maar hij eischt geen volkomen gelijkheid van het voorwerp en het beeld; ook een „similitudo" is voldoende (Der Ursprung der Begriffe nach Richard von Mediavilla; P. Rucker, 1934, p. 8).

Voor een goede waarneming moet het inwendige van het oog helder en kleurloos zijn en in dezen zin had *Constantinus Africanus* reeds gezegd dat de lens helder en doorschijnend was „ut citius in oppositos colores transferretur et omnium colorum indifferenter similitudinem imitaretur" (l.c. 167).

Het behoeft ons niet te verwonderen, dat men tot een dergelijke theorie gekomen is. Immers, het was moeielijk te verklaren hoe een voorwerp een ander voorwerp, waarmede het niet in aanraking was, zou kunnen beïnvloeden.

De Neo-Platonische opvatting van een sympathie in het ééne Opperwezen was voor natuurkundig-denkende menschen als *Baco* niet aanvaardbaar. Men zocht naar een verbindende schakel tusschen het object en het subject.

Van de oude theorieën bood die van *Aristoteles* de meeste ontwikkelingsmogelijkheden.

Men kon zich moeielijk voorstellen, dat de uitwerking iets kon zijn dat veel verschilde van het werkende. Men wilde de oorzaak in het gevolg terug vinden, en men zocht naar een theorie, waarin agens en patiens zooveel mogelijk met elkaar overeenstemmen. (Agens intendit sibi assimilare patiens, p. 141) De species kan in meerdere of mindere mate gelijkenis vertoonen met het object. Wanneer het vuur op brandbare stoffen in de omgeving overgrijpt, is de species gelijk aan het agent n.l. ook vuur. De species van de magneet zijn in de omringende lucht zwak. Wanneer er echter ijzer in de buurt is gaan hierin de species van de magneet meer overeenkomst met de magneet zelf vertoonen. Wanneer een zonnestraal door een nauwe opening in een donkere kamer binnendringt zijn de species in de lucht zwak. Wanneer men echter een wit voorwerp in de stralenbundel plaatst worden de species tot een hoogere graad van manifestatie gebracht.

In de doorschijnende media van het gezichtszintuig schijnen de ontwikkelingsmogelijkheden der species groot te zijn. Zoo kan er in de holte van het chiasma een „imago" gevormd worden, dat zeer veel gelijkenis met het voorwerp vertoont. En zoo schijnt *Baco* te gelooven, dat de voorstelling, welke wij van een zichtbaar object hebben bijna gelijk is aan het object zelf. De twee uiteinden van de psycho-physische keten, het object en de voorstelling van het object zijn verbonden door een aantal schakels, die species zijn. Het maakt den indruk, alsof *Baco* gelooft, dat de ziel het Wezen van de objecten beleeft.

Het essentieele verschil tusschen het psychische en het physische element wordt hier verdoezeld. Dikwijls maakt het den indruk alsof de schrijver zich, in verband met zijn Augustinischen inslag, voorstelt dat de beelden van de zichtbare objecten in de ziel berusten en door de activiteit van de objecten tot bewustzijn komen. Men kan n.l. aannemen, dat de beelden *potentieel* steeds in het chiasma aanwezig zijn. Ofschoon *Baco* meent dat hij zeer

critisch is, aanvaardt hij het bestaan van de spiritus visorius zonder ook maar een oogenblik te twijfelen.

Welke eigenschappen geven nu aanleiding tot de vorming van species? Wat het gezicht betreft zijn dit slechts licht en kleur. De andere qualiteiten, zooals grootte, vorm, getal enz., doen geen bizondere species ontstaan. Men leert deze hoedanigheden der objecten kennen door middel van het licht en de kleuren.

Volgens *Baco* is de species van stoffelijken aard. Zij ontstaat uit een materieel object, zij bevindt zich in een stoffelijk medium en ook de uitwerking er van is materieel.

Er zijn schrijvers geweest, die meenden, dat de species van spiritueelen aard waren, maar dit berust volgens *Baco* op een onjuiste interpretatie van de term „insensibilis", die bij oudere schrijvers voorkomt. Maar ook mag men de species weer niet als drie-dimensioneele *corpuscula* beschouwen. Want eenige lichtbundels, die elkaar in én punt snijden gaan, nadat zij door het snijpunt gekomen zijn, afzonderlijk in de oorspronkelijke richting verder. Wanneer de species drie dimensies hadden zouden er geen twee species tegelijkertijd in één punt kunnen aanwezig zijn.

Toch kan één punt van het medium op hetzelfde oogenblik verscheiden species in manifesten toestand herbergen. Wanneer in een punt twee species tegelijkertijd manifest worden dan kunnen er verschillende dingen gebeuren.

1. een sterk licht kan een zwak licht overwinnen ;
2. twee species kunnen zich vermengen wat men soms bij verschillende kleuren kan waarnemen ;
3. wanneer twee species gelijksoortig zijn kunnen zij elkaar versterken.

In de Middeleeuwen heeft men wel eens gezegd, dat de species gevormd werden in de richting van het zichtbare voorwerp naar het beschouwende oog. *Baco* bestrijdt (evenals *Witelo* in zijn voorrede) deze opvatting. „Hoc evacuatur error eorum qui aestimant quod agens aliud immittit in sensum et aliud in contrarium, volentes quod fiat species in sensum, et non in contrarium, sed alia virtus" (de multpl. spec. I c. 2). *Witelo* zegt : „quia eadem formae vis immittitur in contrarium et in sensum. Sensus enim praesentia nihil addit actionibus naturalium formarum."

Baco vergelijkt — in verband met het stralen van een ster — het uitzenden van species met een stralingsproces en daarom noemt hij de multiplicatio ook wel eens „radiatio". En hij zegt dat de vermenigvuldiging langs de stralen geschiedt. („Et quia huiusmodi multiplicatio est similis radiis multiplicatis a stella, ideo omnem multiplicationem vocamus radiosam, et radios dicimus fieri"). En zoo kan hij de multiplicatio op de wijze van *Euclides* en *Ptolemaeus* op geometrische wijze behandelen. En deze ge-

legenheid laat de schrijver niet voorbijgaan, want zoodra hij maar de gelegenheid krijgt vlucht hij uit de vaagheid in de wiskunde. Dat de voortplanting volgens rechte lijnen geschiedt ligt voor de hand. Immers: „Linea recta est uniformis et aequalis. Sed in omnibus aliis est difformitas et inaequalitas ; sed melius est aequale inaequali ut dicit Boethius et natura operatur semper meliori modo". De emanatie op bol-oppervlakken is een gevolg van de voortreffelijkheid van den bol; „natura acquirit sibi figuram, kua magis operatur ad salutem."

Zooals wij reeds gezien hebben was *Baco* genoodzaakt aan te nemen, dat de voortplanting der species in de gezichtszenuwen langs gekronkelde banen plaats kon vinden.

In den strijd tusschen de Nominalisten en de Realisten staat *Baco* op een bemiddelend standpunt.

Baco zegt (p. 430), dat de universalia niet afgezonderd van de singularia bestaan. Zoowel de singularia als de universalia in de objecten geven aanleiding tot het ontstaan van species; deze species vermengen zich in het medium op dezelfde wijze als de algemeene en bizondere eigenschappen in de objecten zelf. Baco schijnt hiermede te bedoelen, dat het individu zijn soortkenmerken heeft.

Ofschoon *Baco* de leer van *Alhazen* gedeeltelijk uitgebreid en gemodificeerd heeft, zijn niet al deze veranderingen verbeteringen gebleken.

Een voornaam characteristicum van *Alhazens* leer was de immissie. *Baco* wilde meer verklaren dan *Alhazen* en daarom behoeft het ons niet te verwonderen, dat hij, in verband met den stand van de wetenschap in de 13e eeuw, meer van de tegenwoordig gangbare meeningen afwijkt, dan *Alhazen*.

Baco blijft de zuivere immissieleer niet trouw. Wel geeft hij toe dat het Zien berust op het feit, dat er species gevormd worden en dat de richting van de multiplicatie van het object naar het oog is, maar daarnaast zegt hij, dat er ook species van het oog uitgaan, en in zooverre gaat zijn leer weer op die van *Augustinus* gelijken.

Wanneer men zich afvraagt waarom *Baco* deze toevoeging aan de leer van *Alhazen* geeft, is het antwoord misschien te vinden in verschillende uitspraken, welke in de Middeleeuwen vaak geuit werden. Zoo wordt b.v. herhaaldelijk gezegd, dat het agens edeler en krachtiger is dan het patiens. Nu kan men zich voorstellen, dat *Baco*, in verband met de hooge waarde welke hij aan de ziel toekende, er bezwaar tegen had de ziel, die als patiens den invloed der species onderging, als ondergeschikt te beschouwen. En zoo heeft hij misschien aan de ziel ook een sterk actieve eigenschap willen toekennen.

Baco zegt dat het oog de eigenschap heeft van het „Zien" en dat daarom de species van het Zien in de omgeving uitstralen.

Deze species zouden van het oog uitgaande de sterren kunnen bereiken. „Visus species pervenit ad stellas, et species stellarum veniunt ad visum."

Baco zegt ook, dat de species van de ziel bezield zijn, en zoo kan de werking van het sensorium zich buiten de begrenzing van het lichaam manifesteeren, waarmede hij van de opvatting van *Aristoteles* afwijkt. Want deze leerde, dat de ziel binnen de lichamelijke begrenzing de veranderingen, welke in de zintuigen teweeggebracht werden, waarnam. De passiviteit van het zintuig kan Baco moeielijk aanvaarden en zoo wijst hij er op, dat een zuivere passiviteit niet voorkomt en dat een actie steeds een reactie tot gevolg heeft. „Omne agens physice patitur et transmutatur dum agit, et omne patiens physice agit" (p. 439). Zoo zou er steeds een wisselwerking tusschen alle deelen van het Heelal zijn. En hierbij wijkt *Baco* af van zijn Arabische voorgangers, van wie sommigen gezegd hadden, dat het niet mogelijk was dat iets tegelijkertijd agens en patiens zou kunnen zijn („non potest eadem res simul esse agens et patiens." Avancebrol. Fons vitae, p. 116).

Over deze kwesties werd uitvoerig gesproken omdat men hieruit kan zien hoe de ontwikkeling van de natuurwetenschap belemmerd werd door allerlei algemeene beschouwingen en uitspraken, welke buiten het terrein van de zuivere physica gelegen zijn.

Wanneer wij ons afvragen waarom juist *Baco* het slachtoffer van de reactie geworden is, dan moet men er rekening mede houden, dat deze schrijver niet alleen over de optiek geschreven heeft, maar over de wetenschap in haar vollen omvang, en dat men vooral bezwaren tegen zijn theologische beschouwingen had.

Het schijnt mij toe, dat de levensloop van *Baco* minder tragisch zou zijn geweest, wanneer hij een ander karakter had gehad. Uit de vele geschriften, die op *Baco* betrekking hebben, meen ik te mogen opmaken, dat hij een man was met groote bekwaamheden, met een buitensporigen ijver, en liefde voor de wetenschap; een vriend van datgene wat hij voor de waarheid hield. En deze waarheid zocht hij in de leer van de Kerk. Maar niet in een leer, die door een aantal beroemde schrijvers voorgedragen werd. Hij wilde met zijn wetenschappelijke geschriften de theologie een vastere basis geven. Hij stelde aan de wetenschap den eisch, dat deze nuttig zou zijn. Bij alles wat hij deed dacht hij aan het nut, dat er uit zou kunnen voortkomen.

Baco moet voor zijn vrienden een goede vriend geweest zijn. Maar voor zijn tegenstanders had hij een groote minachting, een minachting die dikwijls ongegrond of overdreven was. En hij liet deze minachting te veel blijken. Wanneer hij slechts leden van andere geestelijke ordes geminacht had, dan zou zijn levensloop ook anders geweest zijn. Maar hij durfde ook vooraanstaande personen in de Franciscanerorde openlijk te minachten. Daar kwam nog bij dat *Baco* den indruk maakt een ongeduldig man te

zijn geweest. De wetenschap vorderde hem te langzaam. Hij verkondigde als een ziener allerlei mogelijkheden en daarbij kreeg hij den naam iemand te zijn, die zich met magie bezig hield. (Men had hem in Oxford door de lucht naar de spits van een kerktoren zien zweven). (*R. Carton;* L'expérience physique chez R. Bacon, 1924; *L. Thorndike;* the place of magic in the intell. hist. of Europe, 1905). Hij beoefende ook de astrologie. Wanneer men daarbij voegt, dat hij zich voortdurend op de Arabieren beriep, met wier opvattingen men zich in het algemeen nog niet verziend had, dan is het te begrijpen, dat hij de martelaar werd.

Na deze uitweiding moge iets over *Albertus Magnus* verteld worden. Deze Dominicaner monnik, die uit het geslacht der Graven van Bollstädt gesproten was, en die Bisschop van Regensburg geweest is, leefde van 1193—1280. (Vgl. Beitr. z. Gewch. d. Phil. d. MA., Bd. XII, XIV, XV en XVI). Evenals *Baco* wordt wordt *Albertus* door verschillende schrijvers ongelijk beoordeeld. Hij had de groote verdienste dat hij, in een tijd, waarin de belangstelling voor de natuur gering was, zeer veel aandacht aan de natuurverschijnselen en aan de bouw van dieren en planten wijdde. De leer van het Zien, zooals deze door *Albertus* verkondigd wordt, hangt grootendeels met die van *Aristoteles* samen. Op het gebied van de leer der Species schijnt hij in de meeste opzichten met *Baco* overeen te stemmen. Echter meent hij, dat de voorstellingsinhoud, welke op een zintuigelijke indruk volgt, steeds individueel en niet universeel is. Hij bespreekt de verschillende theorieën over het Zien en hij zegt, dat hij de leer van *Plato* en *Augustinus* niet begrepen heeft of dat deze schrijvers onjuiste dingen gezegd hebben.

Albertus heeft in zijn boek „de Animalibus" uitvoerig over den bouw van het oog gesproken.

Op het gebied van geloofszaken verdient *Augustinus*, volgens de meening van *Albertus*, de voorkeur; wat de geneeskunde betreft hecht hij aan de autoriteit van *Hippocrates* en *Galenus;* op natuurwetenschappelijk terrein volge men bij voorkeur *Aristoteles* (credo *Aristoteli* plus vel aliis experto in rerum naturis).

Hij dringt aan op het verrichten van experimenten; „experimentum enim solum certificat in talibus, eo quod de tam particularibus naturis syllogismus haberi non potest" (de vegetab. VI tr. c. 1).

Dat hij, in verband met de tijdsomstandigheden weinig belangrijke experimenten verricht heeft behoeft ons niet te verbazen.

Hier zij er op gewezen, dat hij aan het oogkamerwater een vergrootende werking toeschrijft („ut lumen *dilatatur* in ipso (humore) et bene referat formas visus"; de Animalibus, 72). Hij beschrijft de pupil-reactie, die door een „lacertus" bewerkt zou worden.

Dat er weinig belangrijke nieuwe experimenten verricht werden behoeft ons niet te verwonderen. In de Mideleeuwen zijn er weinig schrijvers op het gebied van de natuurwetenschap geweest, die in hooge mate van andere schrijvers afwijken. Wanneer men begint deze literatuur te lezen krijgt men den indruk, alsof er ergens een verzameling fiches met aanhalingen uit de werken van oudere schrijvers bestaan heeft en dat men deze gebruikt en er uitkiest datgene wat toevallig met de geaardheid en den smaak van de auteurs overeenkomt. Schrijvers met den aanleg en de bekwaamheden van *Baco, Grosseteste, Albertus Magnus* enz., zouden ongetwijfeld, wanneer zij later geleefd hadden veel meer nieuwe dingen beschreven hebben. Het schijnt moeielijk te zijn geweest voor de middeleeuwsche auteurs nieuwe dingen te vinden of te beschrijven. Want bij iedere nieuwe vondst moest men met wantrouwen nagaan of deze noviteit wel in overeenstemming was met de wetenschap, die boven alle andere wetenschappen stond. Wij hebben gezien hoe het *Baco* vergaan is.

Steeds waren er stemmen, die verkondigden, dat de monikken, en deze vormden het overgroote deel van de geleerde wereld, zich alleen met theologische studie mochten inlaten. Tegen het einde van de 6e eeuw waren door bemiddeling van *Cassiodorus* ook de niet-theologische vakken tot een onderwerp van studie in de kloosters geworden. *(M. Aurelius Cassiodorus;* de institut. divinarum litterarum c. 28, 30). Maar toch bleef men de theologie als de voornaamste tak van wetenschap beschouwen. En altijd was er wel een richting, die het bestudeeren van de wereldsche vakken veroordeelde. In de 11e en 12e eeuw kreeg deze richting meer aanhangers, en zoo kan men begrijpen, dat nog in de 13e eeuw velen tegenstanders moesten zijn van een bestudeeren der natuurwetenschap en ieder, die zich hier een al te groot voorstander van betoonde, moest wel argwaan wekken. Zoo zal iedereen wel voorzichtig zijn geweest bij het uiten van nieuwe en afwijkende meeningen en hierdoor zal gedeeltelijk de betrekkelijke uniformiteit in de geschriften, die uit dezen tijd tot ons gekomen zijn, kunnen worden verklaard. De Bedelordes lieten aanvankelijk slechts de theologische studie toe. *Bonaventura* zegt nog, dat de studie, zooals zij door de Franscanen beoefend wordt, hoofdzakelijk theologie moet zijn. En ook zij de Dominicanen is aanvankelijk alleen de theologische studie toegestaan. Dat toch de leden van deze ordes ook de profane wetenschappen gingen beoefenen zal wel samenhangen met den geest van den tijd, die in hooge mate den invloed van de nieuw verworven Grieksche en Arabische geschriften verried. En wanneer men zich dan ook met andere takken van de wetenschap dan de theologie inliet dan voerde men als verontschuldiging aan dat men de theologische wetenschap niet kan leeren begrijpen zonder de hulp van de andere wetenschappen.

Een leerling van *Albertus Magnus*, de beroemde *Thomas van*

Aquino (omstr. 1225—1274) schijnt over het Zien nagenoeg dezelfde meening te hebben als zijn leermeester. Toch loopen de opvattingen van deze twee geleerden uiteen. *Albertus* verwacht meer van de natuurbeschouwing en het experiment; *Thomas* tracht verder te komen langs den weg der zoo ver mogelijk doorgevoerde ontwikkeling der begrippen.

Albertus Magnus zegt, dat er onder zijn tijdgenooten nog aanhangers zijn van een leer, waarin van de vooronderstelling uitgegaan wordt, dat het licht van materieelen aard is. Het is mij niet duidelijk wie hij hiermede bedoelt, maar het is mogelijk, dat sommige plaatsen in het werk van *Bonaventura* (Joannes Fidanza) Albertus tot tegenspraak verlokt hebben. (Het kunnen ook de voorlopers van *Nicolaus van Autrecourt* geweest zijn).

Bonaventura (1221—1274) die in 1255 Generaal van de Orde der Franciscanen werd, verkondigde onder invloed van *Aristoteles* op het gebied der optiek meeningen, die niet veel van die van *Baco* verschillen (ofschoon deze twee schrijvers op andere gebieden zeer verschillende opvattingen blijken te hebben). Zoo leest men bij *Bonaventura* (die Psychologie d. Bonaventuras ; B. A. Luyckx 1909), dat de zichtbare beelden niet door materieele beelden het oog beïnvloeden, maar dat er „similitudines", welke in het medium gevormd worden, in het oog binnendringen. Maar op andere plaatsen verkondigt de schrijver een meening, die hiermede niet overeen schijnt te stemmen, en waarbij het schijnt dat hij gelooft aan het bestaan van corpuscula, die in het oog binnenkomen. „Per visum intrant *corpora* sublimia et luminosa et cetera colorata." (It. Ment. in Deum. C. II). En het is mogelijk dat *Albertus* zich tegen dergelijke uitingen verzet. *Bonaventura* beschouwde het zintuig als passief; de ziel zou echter bij het ontstaan van de gezichtsgewaarwordingen actief bezig zijn. Het orgaan kan het beeld niet vasthouden; de ziel kan dit wel. *Bonaventura* wijst evenals zoovelen zijner tijdgenooten op het belang van de ervaring („Cognitionem generari in nobis via sensus, memoriae et experientiae"). Hij ziet het belang van de *aandacht* bij het ontstaan van de gezichtswaarnemingen in. Er zouden ook zintuigelijke indrukken kunnen zijn, die niet tot het ontstaan van voorstellingen leiden. Wel ontstaan in die gevallen species in het orgaan, maar er volgt geen gezichtsvoorstelling op. („Non semper objectum sentitur, semper tamen, quantum est de se, gignit similitudinem cum est in sua completione." (De red. art. no. 8).

Een andere leerling van *Albertus*, n.l. *Theodorus Teutonicus de Vriberg* (Freiberg in Saksen) (omstr. 1250—1310), ook wel Theodorus de Saxonia of Meister Dietrich genaamd, heeft belangrijke dingen op het gebied der optiek geschreven.

Deze geleerde is vooral daarom zoo belangrijk, omdat hij in 1304 tijdens een Generaal-Kapittel te Toulouse over het ontstaan van den regenboog gesproken heeft. Vóór dien tijd had men vele,

dikwijls zeer fantastische verklaringen van dit natuurverschijnsel gegeven. (Vgl. Beitr. z. Gesch. d. Phil. d. Mittelalt. XVIII, p. 119 vlg.). *Dietrich* zegt dat het verschijnsel berust op het feit, dat de lichtstralen in de waterdruppels tweemaal gebroken en eenmaal weerkaatst worden. (De iride et radialibus impressionibus; ed. J. Wuerschmidt). (Later werd deze opvatting pas weer verdedigd door *Joh. Fleischer* (Breslau) 1540—1589. (De iridibus doctrina Aristotelis et Vitellionis etc. 1571).

Ook over de algemeene optiek heeft hij veel geschreven en hij toont hierbij onder den invloed van *Aristoteles* te staan. (Meister Dietrich; ed. E. Krebs 1906). Met *Albertus Magnus* beschouwt hij het Licht als een condensatie van het doorschijnende. Het licht zelf werkt niet als een kracht; wel kan het echter als vehikel van een kracht dienen [1]). Zoo kunnen de hemelsphaeren, door middel van Licht een invloed op aarde uitoefenen. Het licht maakt het omringende medium niet doorschijnend ; slechts de aanwezigheid van Licht is noodig om het medium van een potentieele in een actueele transparentie te doen overgaan.

Dietrich ontkent dat het licht zelf op het oog inwerkt. Wil het oog kunnen zien, dan is het slechts noodig dat een object in het doorzichtige medium aanwezig is. Het lichtgevende voorwerp is dus betrekkelijk onbelangrijk. Het behoeft slechts in het medium aanwezig te zijn.

De prikkeling van het zintuig geschiedt niet door een oorzaak van buitenaf maar bij de een of andere gelegenheid — de aanwezigheid van een object — komt door directe werking van het Levensprincipe, dat het organisme aan zijn Generans ontleent, de waarneming tot stand. Deze beschouwing herinnert aan die van *Augustinus*.

Dietrich schrijft veel over de kleuren en daar zijn opvattingen in dit opzicht weinig van die zijner tijdgenooten verschillen zal aan zijn beschouwingen gedemonstreerd worden hoe men zich ten opzichte van dit vraagstuk verhield.

Wanneer men wil weten, welke beschouwingen de klassieken met betrekking tot het kleurenvraagstuk hadden, kan men hierover ingelicht worden door *Hirschberg* (Gesch. d. Aughk., p. 182 vlg.), *Vollgraff* 1. c. p. 37 en *Goethe's* Farbenlehre. Men wist in de oudheid dat wit licht, wanneer het door een rookwolk gegaan was, rood scheen. In verband hiermede geloofde men dat de kleuren ontstanden door een vermenging van wit en zwart, en *Aristoteles* beschouwde dan ook de kleuren rood, violet, groen en blauw als vermengingen van wit en zwart in verschillende verhoudingen. Het grijze wordt bij het zwart gerekend en het geel bij het wit. (*Siebeck*, 1. c. II 35).

Over de kleuren schrijft *Dietrich* evenals zijn leermeester *Albertus Magnus*. De kleur was volgens *Albertus* slechts een

---

[1]) Volgens **Albertus** zien wij licht en kleuren niet afzonderlijk; zij staan in een verhouding als materie tot vorm in Aristotelischen zin.

product van het samenzijn van licht en doorschijnendheid op het grensvlak van een niet-doorschijnend lichaam. De kleur is de oppervlakte van het lichaam, welke onder bepaalde omstandigheden tot zichtbaarheid geraken kan. Datgene was er met het licht geschiedt, wanneer het een rookwolk passeert, moet als een vermindering van de kleur beschouwd worden. „(Si enim consideremus quid est quod distinguit lucem in colorem album et viridum et nigrum et alios colores inveniemus quod nihil est de esse coloris nisi perspicuum cum luce participatum a terminato et non pervio corpore. Omne autem quod additur de opaco fumoso etc.... potius est de *privatione* esse coloris vere quam sit de natura coloris"; de Animalibus, 1307).

De beschouwingen van *Meister Dietrich* sluiten hierbij aan. Men heeft er nog niet aan gedacht dat verschillende soorten van gekleurd licht verschillende breking zouden kunnen vertoonen, en zoo heeft men de spectra, welke na het passeeren van een prisma ontstaan toegeschreven aan lichtvermindering, welke afhankelijk was van de dikte der lagen, welke door het licht doorloopen werden. (Vgl. *Goethe's* Kleurentheorie).

Wij lezen dat *Meister Dietrich* de eigenschappen van Licht-zijn (luminositas) en Doorschijnend-zijn (diaphanitas) in verschillende graden en vermengingen kan bezitten. Wanneer er veel luminositas en veel diaphanitas is, is het object *wit*, weinig luminositas en weinig diaphanitas veroorzaken een donkere kleur; tusschen deze twee uitersten liggen de kleuren, die op ongelijke mengingen berusten en wel rood, geel, groen, blauw. Alle andere kleuren worden uit deze grondkleuren samengesteld.

Grosseteste houdt met drie factoren rekening (De colore, p. 78):
„Lux clara multa in perspicuo puro aldebo est."
„Lux pauca in perspicuo impuro nigredo est."
Dit is in overeenstemming met *Aristoteles* (Phys. III, 1, 201 a6).
Een witte kleur berust dus op veel (a) helder (b) licht in een doorschijnend (c) medium.

Volgens *Grosseteste* zijn er de volgende mogelijkheden: abc, ab, ac, bc, a, b, c, en ten slotte het ontbreken van alle drie. Een zelfde beschouwing houdt hij over het zwart. En zoo komt hij, door middel van de combinatieberekening tot een aantal van 16 mogelijke kleuren, welke echter weer gradueel tot een oneindig aantal kleurverschijnselen kunnen leiden.

Er is veel geschreven over de kwestie of het licht de kleuren op de objecten deed ontstaan of dat het licht het omringende medium slechts doorganklijk maakte voor de kleuren, die in het donker wel aanwezig zijn.

Avicenna meende dat de kleur zonder het licht niet bestaat; *Averroës* daarentegen geloofde, dat een voorwerp in het donker zijn kleur wel bezat, maar dat deze kleur het medium pas doordringen kon, wanneer er een lichtbron aanwezig was.

Albertus Magnus meende, in navolging van *Aristoteles*, dat de

kleuren in het donker in potentiëelen staat verkeerden, en dat het licht deze potentialiteit tot actualiteit deed overgaan.

Een bizondere plaats neemt *Nicolaus van Autrecourt* (omstr. 1300—1350) in. Deze schrijver verkondigde een corpusculaire theorie (N. v. Autrecourt; J. Lappe, 1908). Hij geloofde dat de wereld uit atomen bestond. Een verandering in den toestand der objecten berust op een plaatsverandering der atomen, die eeuwig zijn; tusschen de atomen bestaan geen essentieele verschillen, zoodat het eene voorwerp niet edeler is dan het andere. Wel komen er grovere en fijnere atomen voor. Naast deze atomen zou er nog een geestelijk principe zijn (spiritus), dat tweeledig is, n.l. sensus en intelectus. De geest heeft een suppositum in het uit atomen bestaande lichaam. Het zien zou geschieden doordat de atomen door een lichtbron in beweging gebracht worden. „Item, quod lumen nihil aliud est, quam quedam corpora (que nata) sunt sequi motum solis, seu etiam alterius corporis luminosi." (J. Lappe, 1 c. 38). De voortplantingssnelheid van deze lichtbeweging is zoo groot dat wij den tijdsduur er van niet kunnen waarnemen. Deze leer werd veroordeeld en de geschriften werden in 1347 verbrand.

Men heeft reeds vroeg getracht in de veelheid der zichtbare verschijnselen orde te brengen en zoo wordt er reeds door *Aristoteles* een aantal qualiteiten genoemd, welke door het gezicht kunnen worden waargenomen. (de Anima II 7, 418, a 29; de Sensu 4, 4, 442b, 5). Hij noemt naast de kleur — die alleen door het oog waargenomen kan worden — nog de volgende qualiteiten: vorm, grootte, beweging, getal, ruwheid, gladheid, scherpte, stompheid. (Over het verschil van primaire en secundaire qualiteiten werd reeds gesproken).

Galenus (de Usu Partium XVI 3, 273) noemt: kleur, grootte, vorm, beweging, plaats en afstand.

Ptolemaeus (Optica p. 8) vermeldt : „visus cognoscit corpus, magnitudinem, colorem, figuram, situm, motum et quietem", waarbij hij opmerkt, dat de kleur, die zonder licht niet kan worden waargenomen, een „sensibile proprium" is.

Het aantal hoedanigheden wordt geleidelijk uitgebreid. Zoo vinden wij bij *Nemesius* (de Visu): color, corpus coloratum, magnitudo, figura ,locus, intervallum, numerus, motus, status, asperum, laeve, aequabile, inaequabile, acutum, obtusum, cohaerentia."

Nog grooter is het aantal bij Alhazen geworden (II 15) die 22 qualiteiten opsomt : Lux, color, remotio, situs, corporeïtas, figura, magnitudo, continuum, discretio & separatio, numerus, motus, ques, asperitas, levitas, diaphanitas, spissitudo, umbra, obscuritas, pulchritudo, turpitudo, consimilitudo, diversitas. Lux en color zijn visibilia per se, de overigen visibilia per accidens.

Met enkele kleine wijzigingen vindt men deze 22 hoedangheden ook vermeld bij *Peckham* (I, 16), *Witelo* (III Pet. 2) en *Baco* (Op. Maj., ed. Bridges, 5).

Hier moge nog vermeld worden, dat latere schrijvers dit aantal reduceeren. Zoo geeft *Leonardo da Vinci* (Tratt. d. Pitt. 499) nog slechts 10 uffici dell' occhio en wel : tenebre, luce, corpo, colore, figura, sito, remozione, propinquita, moto, quiete.

En *Risner* (Optica, ed. Vollgraff) ziet kans dit aantal in te krimpen tot magnitudo, locus, lux en color, waarmede hij tot het latere onderscheid van licht, kleur en ruimte nadert.

Een andere poging tot classificatie, waarover herhaaldelijk geschreven werd, betreft de localisatie der psychische vermogens.

Het schijnt, dat Aristoteles geweten heeft, dat de oppervlakte der hersenen ongevoelig was, en daarom heeft hij gemeend, dat de hersenen niet de dragers van het psychische leven konden zijn. *Plato* echter had gezegd, dat de ziel wel in de herseen een plaats vond en deze meening heeft den meesten aanhang gevonden. In verband met zijn beschouwingen over het Pneuma meende *Galenus*, dat de zielsvermogens in de hersenventrikels hun plaats moesten vinden. Zijn beschouwingen in verband met deze kwestie worden niet eensluidend overgeleverd. Volgens *Hirschberg* (1 c. 150) zouden er, naar de meening van *Galenus* vier ventrikels zijn; volgens de editie van *Kuehn* zouden er slechts drie zijn.

De meeste Arabieren volgen in deze beschouwingen *Galenus* na. *Avicenna* (Kanon III) zegt, dat er 3 ventrikels zijn; de voorste is in twee helften verdeeld (de zijventrikels); de middelste is de holte, die tegenwoordig de 3e ventrikel genoemd wordt, en datgene wat *Avicenna* de 3e ventrikel noemt, wordt tegenwoordig als 4e ventrikel aangeduid.

In de 1e ventrikel zouden de sensus communis en de imaginatio hun plaats vinden; in de 2e ventrikel de phantasia en de virtutes aestimativa en cogitativa, terwijl in de 3e ventrikel het geheugen zou zijn gelocaliseerd.

Met enkele kleine wijzigingen vindt men deze opvatting bij andere auteurs weer. (Vgl. o.a. Alfarabi's Buch der Ringsteine, waar een overzicht over deze vraagstukken te vinden is).

Ook de latere West-Europeesche schrijvers sluiten zich bij deze opvattingen aan. De beschrijving die b.v. *Baco* ons geeft, wijkt slechts weinig van die van *Avicenna* af. Het schijnt dat men onder „sensus communis" datgene verstaat, waarmede alle zintuigelijke indrukken gepercipieerd worden en op dezen sensus communis schijnt de gewaarwording te berusten. De gewaarwording wordt tot waarneming met behulp van de andere psychische vermogens. Maar in overeenstemming met zijn opvattingen over de edele natuur van de ziel, stelt Baco zich de localisatie ook weer niet al te circumscript voor. (*Siebeck*, Archiv. f. Gesch. d. Philos. III 1889, 182). De zielssubstanties zouden overal in het lichaam aanwezig zijn, maar niet plaatselijk (localiter), wel als „forma" ; het is moeielijk een juiste voorstelling van *Baco's* opvatting over dit vraagstuk te krijgen.

Tusschen de 13e en de 16e eeuw heeft men weinig vorderingen gemaakt op het gebied van de eigenlijke optiek. Wel heeft men in verband met ht in gebruik komen van de bril, eenige kennis over de werking van lenzen verworven. De optiek slaat in dezen tijd een anderen weg in; zij wordt tot een afbeeldingsleer en het eerste ons bekende geschrift, waarin een goede perspectivische constructie beschreven wordt, is gedurende het leven van *Ghiberti* in Florence geschreven ; het is het boek van *Alberti* „de Pictura" (1345).

Von Schlosser (1. c. II 28) zegt, naar aanleiding van *Ghiberti's* 3e Commentaar : „Vor allem muessten auch seine unmittelbaren Vorlaeufer. . . . in ihrem Verhaeltnis zu ihm untersucht werden" en dan worden genoemd de namen van *Paolo dell' Abaco* en *Biagio van Parma.* Uit mijn onderzoek is gebleken, dat *Ghiberti* niets aan deze auteurs ontleend heeft, daar alles wat in zijn geschrift op de optiek betrekking heeft, bij *Alhazen, Witelo, Peckham* en *Baco* onder te brengen is. Volledigheidshalve heb ik getracht de werken van de twee auteurs te bestudeeren. Nu is het mij niet gelukt het werk van *Paolo dell' Abaco* te vinden. Deze schrijver moet van 1281—1374 geleefd hebben. Zijn eigenlijke naam was *Paolo Dagomari;* hij wordt ook wel met de namen Paolo Astronomo en Paolo Geometra aangeduid (*Cantor;* Vorl. ueber d. Gesch. d. Math. II, 150).

Biagio da Parma of *Biagio Pelacani* is in 1416 gestorven. Van zijn geschrift : „Quaestiones Perspectivae" bevindt zich een in 1399 geschreven exemplaar in de Marcus-Bibliotheek te Venetië (Cod. CCCXXXV ms. Lat. fond. ant. Contarini, 355). Een copie van dit geschrift heb ik kunnen inzien. Het heet : „Super Perspectiva communi Dubitationes per Magistrum Blaxium de Parma". (Manuscript Biblioth. R. Parma, 3572). Hierin wordt de optiek voorgedragen in 13en eeuwschen trant. De schrijver beroept zich steeds op den „Magister Perspectivae" en diens „Commentator".

Met den magister perspectivae bedoelt hij klaarblijkelijk *Joannes Peckham;* wie de Commentator is, is mij niet duidelijk. Het schijnt mij, bij vluchtig onderzoek, toe dat hiermede *Baco* gemeend kan zijn. De Optiek uit *Baco's* werk is n.l. herhaaldelijk afzonderlijk gecopieerd en zoo kan *Biagio* waarschijnlijk niet geweten hebben, dat *Baco's* Perspectiva slechts een onderdeel van een groot werk was.

Hiermede is een overzicht gegeven over de geschriften van die auteurs, welke *Ghiberti* in zoodanige mate geïnteresseerd schijnen te hebben, dat hij de moeite genomen heeft een groot gedeelte van hun geschriften te copiëeren. Het is echter niet gebleken, dat *Ghiberti* zelf op het gebied van de theoretische optiek nieuwe vondsten beschreven heeft.

STELLINGEN.

I.

In zijn derde Commentaar heeft Lorenzo Ghiberti geen origineele vondsten op het gebied van de theoretische optica beschreven.

II.

Abstrahentium non est mendacium quia separatim considerant sed non separata.

III.

De gronden die door W. Waetzoldt aangevoerd worden om aan te toonen dat er in Duerer' familie een erfelijke strabismus divergens zou zijn voorgekomen, zijn niet bewijzend. (Duerer und seine Zeit p. 33-34).

IV.

Het schijnbare hemelgewelf wordt gelocaliseerd op een afstand die niet grooter is dan 200 meter.

V.

Piero della Francesca heeft het distantiepunt wel gekend.

VI.

Ten onrechte heeft Brockhaus gemeend dat er in Padua een bizondere school van perspectivici geweest is.

VII.

De curvaturen die aan vele klassieke gebouwen kunnen worden waargenomen zijn niet toevallig ontstaan.

VIII.

De perspectivische afbeelding van een plat vlak veroorzaakt geen echte gewaarwording van diepte.

IX.

Er zijn teekeningen volgens het schema der z.g. parallelperspectief vervaardigd, vóór dat men aan een centrale projectieleer dacht.

X.

L. B. Alberti heeft nog geen goed begrip van het wezen van het verdwijnpunt gehad.

XI.

Ten onrechte meent Fenoaltea dat de geringe ruimte-illusie, welke door sommige schilderijen gewekt wordt, een gevolg is van het feit dat de schilder monoculus was. (Jahresber. f. Aughk. 1895, p. 72).

XII.

De meening van Liebreich, die gezegd heeft, dat een seniele verkleuring van de lens in het oog van een schilder tot een verandering van het coloriet der schilderijen aanleiding zou kunnen geven, behoeft niet onjuist te zijn.

XIII.

De ontwikkeling van de physiologische optiek is lang belemmerd door het feit dat men niet voldoende van het verschil tusschen het object en de daarmede correspondeerende voorstelling doordrongen was.

XIV.

De bewering van Santay die zegt: "in the curves we call flowing and graceful, we have a more natural and rhythmical set of movements of the optic muscles", is onjuist.

XV.

In het optiche ruimtebeeld van den mensch zijn meer nativistische elementen dan Helmholtz vermoedde.

XVI.

De schijnbare kromming van de lichtbundel van een vuurtoren berust op een onderschatting van afstanden.

XVII.

Ten onrechte meenen sommige schrijvers dat men de methode der centrale projectie zou moeten wijzigen omdat het netvlies een gewelfd oppervlak heeft.

XVIII.

De meening van Panofsky : „es ist die Bestimmung der exakt-perspektivischen Konstruktion den psycho-physiologischen Raum in den mathematischen umzuwandeln", is onjuist.