

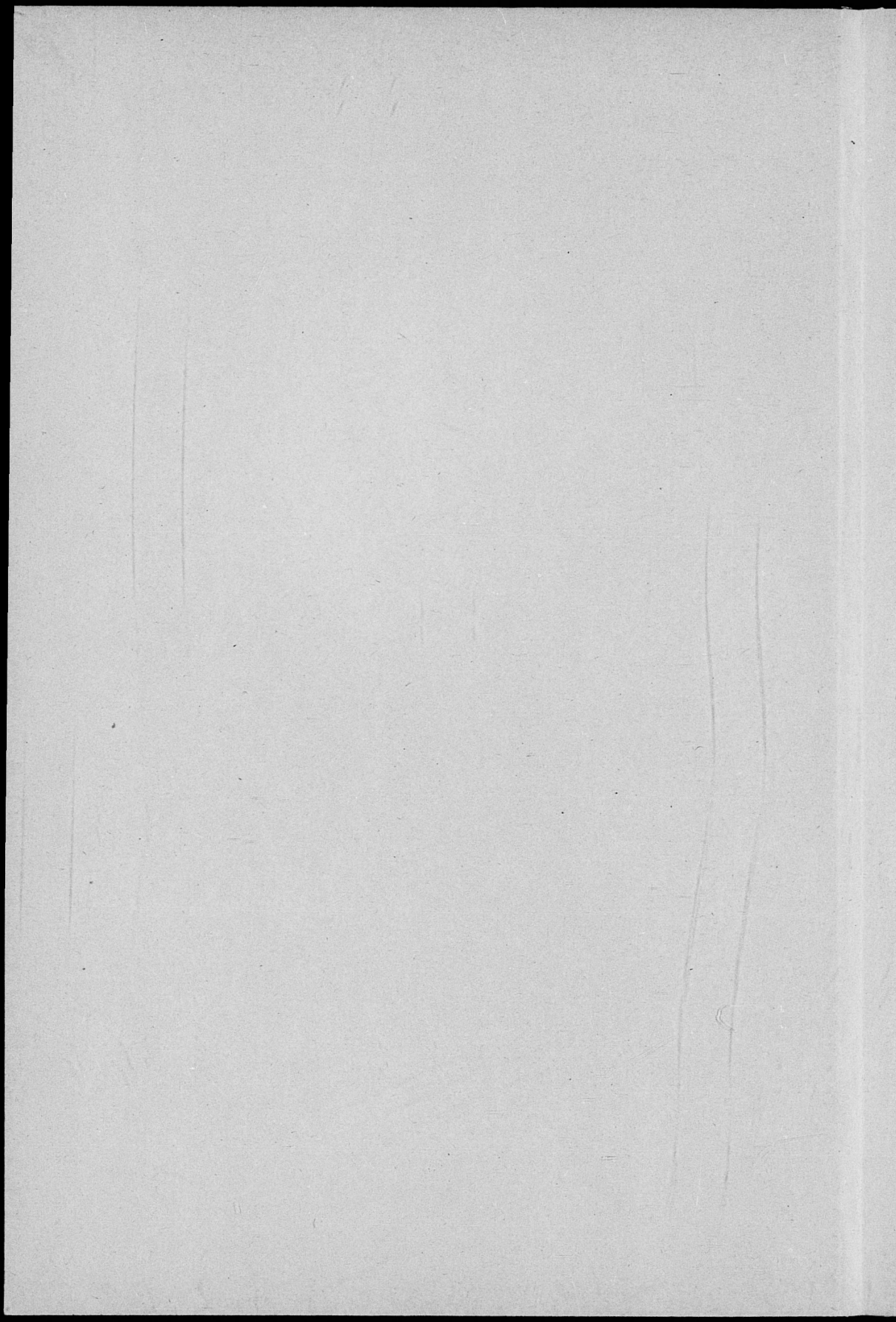
A qu.413. **IV**
Rede Delft

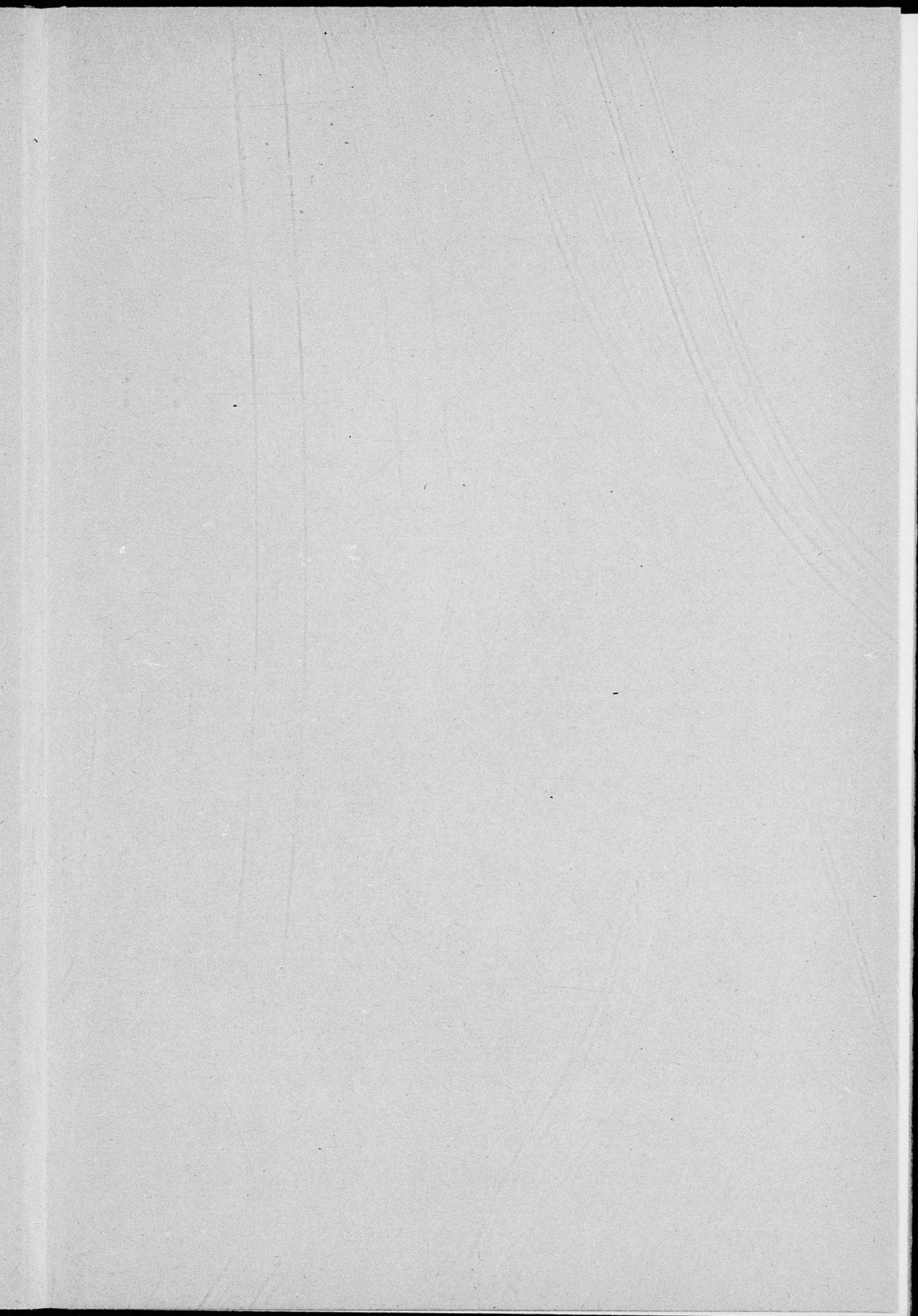
.18 .

qu. 413. IV, 18

W. Reinders
Het latente beeld.

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT.







Agu. 413. IV, 18

**Rede, uitgesproken op den gedenkdag van de Technische Hoogeschool op 8 Januari 1935, door den Rector Magnificus,
Professor Dr. W. Reinders.**

Excellentie, Mijne Heeren Curatoren, Professoren, Lectoren en Privaatdocenten, Dames en Heeren Assistenten en Studenten en voorts Gij allen, die door Uwe tegenwoordigheid van Uwe belangstelling blijk geeft,

Zeer geachte toehoorders!

Op den 19en Augustus 1839 had te Parijs een plechtige, gecombineerde zitting van de Académie des Sciences en de Académie des Beaux Arts plaats, waarin François Arago onder groote belangstelling van een talrijk publiek een procédé bekend maakte, waardoor het mogelijk was, het beeld van de camera obscura door de inwerking van het zonlicht gedurende weinige minuten, vast te leggen op een zilverplaat.

Daguerre was de uitvinder van dit procédé, dat door vooraanstaande geleerden als Arago en Gay-Lussac zoo belangrijk geoordeeld werd, dat op hun voorspraak en advies kort te voren door Kamer en Senaat een besluit was genomen, waarbij, als compensatie voor de bekendmaking ervan tot algemeen gebruik, aan Daguerre een levenslang jaargeld van 6000 francs en aan zijn medewerker Isidore Niepce een van 4000 francs werd toegekend.

Met deze ontdekking van Daguerre deed de fotografie haar intrede in de wetenschap en in de kunst.

Weliswaar had deze ontdekking, evenals de meeste andere wetenschappelijke vondsten, haar voorloppers en haar voorgeschiedenis. De lichtgevoeligheid van de zilverzouten, en speciaal die van het zilverchloride, was al lang bekend en zelfs was het tevoren reeds aan Davy en Wedgwood en later aan Nicéphore Niepce en aan Talbot mogelijk geweest, door middel van de camera obscura, beelden te verkrijgen op een met zilverzout gedrenkt papier of doek. Maar eenerzijds waren deze beelden nog niet goed houdbaar, anderzijds was de tijd, die voor het vormen

ervan noodig was, veel te lang om hunne werkwijze voor praktische toepassing in aanmerking te laten komen. Zij bedroeg bijkans een geheelen dag, zoodat slechts enkele objecten voor een dergelijke opname geschikt waren. Men moest daarbij toch het licht zóó lang laten inwerken, tot het beeld zwart op wit op de gevoelige laag zichtbaar was. Dit nu was bij de werkwijze van Daguerre niet meer noodig. Daguerre vond, dat de plaat, reeds na korten inwerkingstijd van het licht, een voor het oog volkomen onzichtbare verandering had ondergaan, die zich daarin openbaarde, dat daaruit door inwerking van kwikdampen een zichtbaar beeld ontwikkeld kon worden. Daguerre was de uitvinder van **het latente beeld**.

De juiste datum van deze ontdekking, die het resultaat was van een stelselmatig onderzoek, dat door Daguerre in samenwerking met den uitvinder der heliogravure, Nicéphore Niepce, reeds in 1829 was begonnen, is niet bekend. Waarschijnlijk ligt hij omstreeks 1835. Er wordt toch van Daguerre verteld, dat hij, nadat het onderzoek aanvankelijk weinig succes had, van 1833 tot '35 hartstochtelijk daarmee bezig was. Hij was den geheelen dag opgesloten in zijn laboratorium, waar niemand anders mocht binnenkomen. Zijn vrouw dacht in allen ernst, dat hij gek was geworden en vroeg of Arago hem niet het idée fixe, dat hij schaduwbeelden zou kunnen vasthouden, uit het hoofd kon praten. In 1835 vertoonde Daguerre zich weer en verscheen er in de Fransche bladen een mededeeling, dat hij een nieuwe ontdekking gedaan had, terwijl ook zijn uitvinderscontract met Niepce, dat na den dood van Nicéphore in 1833 met diens zoon Isodore was voortgezet, werd gewijzigd op grond van nieuwe ontdekkingen, die, speciaal wat de snelheid betreft, een aanzienlijke verbetering gaven.

Het is daarom waarschijnlijk, dat Daguerre in deze twee jaren, dus omstreeks 1835, de eigenlijke ontdekking gedaan heeft. Men kan dus zeggen, dat het thans omstreeks 100 jaren geleden is, dat het verschijnsel van het latente beeld werd gevonden, waarmede de praktische fotografie mogelijk werd.

Het zij mij daarom vergund, U in dit uur eenig overzicht te geven van de ontwikkeling van dezen tak van techniek, die zoo wel voor de kunst en de wetenschap als voor de geheele cultuur van zoo groote beteekenis is geworden.

Dat deze beteekenis groot zou zijn, is reeds door Arago bij zijn betoog tot verleenning van het jaargeld aan Daguerre en

bij de bekendmaking van het procédé in de Académie des Sciences in gloedvolle woorden voorspeld. Champollion had kort geleden de hiërogllyphen weten te ontcijferen en er was een Fransche expeditie naar Egypte gezonden om materiaal te verzamelen. „Welk een nut”, roept Arago uit, „zou deze expeditie van de uitvinding van Daguerre hebben gehad, indien zij toen reeds van zijn procédé gebruik had kunnen maken.”

De geschiedenis heeft hem niet in het ongelijk gesteld. Reeds zijn tijdgenooten toonden een ongewone belangstelling. „Eenige uren na Arago's voordracht”, zoo schrijft Louis Figuier in zijn *Historie des principales découvertes*, „werden de winkels der opticiens belegerd, er waren niet genoeg lenzen, niet genoeg camera's voorhanden, om aan den ijver van zooveel amateurs te voldoen. En eenige dagen later zag men uit vensterramen en op de pleinen de primitieve camera's gericht op schoorsteenen en monumenten en waren alle physici, alle chemici en geleerden van Parijs bezig de aanwijzingen van den uitvinder in praktijk te brengen.”

Ook in andere landen vond de daguerreotypie grooten bijval. Von Metternich had daguerreotypen naar het Hof van Weenen meegebracht, waarover Keizer Ferdinand I zoo verrukt was, dat hij aan Daguerre, 14 dagen na de voordracht van Arago, de groote gouden medaille „de arte merito” verleende en hem een kostbare met edelsteenen versierde snuifdoos schonk.

In Amerika openden Draper en Morse nog in 1839 op het dak van het Universiteitsgebouw in New-York een fotografisch atelier, waar de elite van New-York zich liet fotografeeren. Het belichten geschiedde daarbij in het volle zonlicht, waarbij het eerste slachtoffer, Draper's assistent, nog met krijt ingepoederd was, om meer licht in de lens te verkrijgen. Men schijnt dit niet zeer aangenaam te hebben gevonden, zoodat Draper later, door tusschenplaatsing van een blauw glas of een cuvette met kopersulfaat, de inwerking op de huid van het directe zonlicht wat heeft getemperd.

De groote opgang van de daguerreotypie is ongetwijfeld voor een groot deel te danken aan de buitengewoon fraaie detailleering, die de beelden vertoonden. Zij werden gemaakt door een gepolijste zilverplaat of een verzilverde koperplaat aan de inwerking van jodiumdamp bloot te stellen, waardoor deze met een zeer dun laagje zilverjodide werd bedekt. Na de belichting werd het latente beeld ontwikkeld door de plaat te brengen in

een bak, waarin wat kwik aanwezig was, dat zacht werd verwarmd. Het kwik verdampde en condenseerde op die plaatsen van de zilverplaat, waar het licht had gewerkt, zoodat het beeld als een witglanzende teekening op een donkerder, doffe achtergrond van zilverjodide voor den dag kwam. Door dompeling in een geconcentreerde keukenzoutoplossing, die het lichtgevoelige zilverjodide oplost, werd het beeld gefixeerd, d.w.z. ongevoelig gemaakt voor de verdere inwerking van het licht. De lichtbestendigheid, die bij de eerste daguerreotypen nog veel te wenschen overliet, werd later verbeterd, door als fixeermiddel natriumhiosulfaat in plaats van keukenzout te gebruiken, terwijl soms nog de beelden door instuiving met verschillende poeders gekleurd werden.

De werkwijze van Daguerre had evenwel twee groote na-deelen.

Ten eerste duurde het opnemen van een portret zeer lang. Maar verder werd bij deze opname slechts één beeld, een direct positief beeld, verkregen. Waarschijnlijk heeft Daguerre gehoopt met zijn platen, op dezelfde wijze zooals dat bij de helio-gravure geschiedt, afdrukken op papier te kunnen maken. Dit is echter niet gelukt en is oorzaak geweest, dat de door Daguerre ingeslagen weg in 1854 geheel verlaten is geworden.

De thans gebruikelijke werkwijze, waarbij eerst een negatief beeld gemaakt wordt, en daaruit, door contactbelichting van een tweede gevoelige laag op glas of op papier, een positief, is afkomstig van Fox Talbot. Deze veelzijdig begaafde Engelschman had reeds eerder dan Daguerre, maar zonder toepassing van het latente beeld, dus door langere belichting, opnamen gemaakt van landschappen. Het vorige jaar heeft men in zijn oude buiten Lacock Abbey, het eeuwfeest van deze eerste foto's gevierd. Hij ontdekte, onafhankelijk van Daguerre, maar iets later, in 1840, eveneens het latente beeld. Als lichtgevoelig materiaal gebruikte hij daarbij papier, dat met zilverchloride was gedrenkt. Het daarop door de belichting gevormde latente beeld werd met galluszuur ontwikkeld en, op raad van Sir John Herschel, met natriumthiosulfaat gefixeerd, welk fixeermiddel zich tot op den huidigen dag onbestreden als zoodanig heeft gehandhaafd.

Dit procédé van Talbot, door hem „kalotypie” genoemd, vond in Engeland veel bijval. Het werd o.a. door Koningin Victoria en Prins Albert in hun kasteel te Windsor beoefend. In wezen is het volkomen gelijk aan de thans gebruike-

lijke wijze van fotografeeren en men kan deze dan ook beschouwen als te zijn voortgekomen uit het werk van Talbot.

Er zijn echter belangrijke verbeteringen

In de eerste plaats de ondergrond: De positief-afdrukken, die met een op papier aanwezig negatief werden verkregen, waren uit den aard der zaak niet scherp van teekening. Het was dus een belangrijke vooruitgang, toen Niepce de St. Victor in 1847 leerde, hoe men in plaats van papier, glas als drager van de gevoelige laag kon gebruiken. Naast het glas is in de 90-er jaren de film gekomen, die vooral toen Goodwin er in slaagde volkomen doorschijnende filmlinten van celluloid te maken, het glas meer en meer heeft verdrongen. De ontwikkeling van de cinematografie is er het gevolg van geweest. De eerste voorstelling gaven de gebr. Lumière in de sous-sols van het Grand Café te Parijs in 1895, waar slechts films van 17 M vertoond werden en de voorstelling vijf à tien minuten duurde. Thans maakt men films van 2500 à 3000 M lengte, terwijl het aantal bioscopen op de wereld, waar dagelijks millioenen menschen heentrekken, op 120.000 à 130.000 wordt geschat.

Als filmmateriaal gebruikt men ook nu nog voornamelijk celluloid, d.i. nitrocellulose, hetwelk door toevoeging van 30 à 40 % kamfer tot een plastische massa is vervormd. Naast de goede eigenschappen van duurzaamheid en sterkte, heeft het echter het groote bezwaar van zeer brandbaar te zijn. De nog al te vaak voorkomende bioscoopbranden leeren ons, dat de daaruit voortvloeiende gevaren niet denkbeeldig zijn. Goed ingerichte bioscopen hebben dan ook een aparte, brandvrije cabine voor de opstelling van het projectietoestel en bijzonder geconstrueerde veiligheidslampen, terwijl men voor school-, amateurs- en Röntgenfilms als drager, in plaats van celluloid, cellulose-acetaat gebruikt. Oude Röntgenfilms van celluloid in ziekenhuizen dient men niet daar, maar in aparte, brandvrije ruimten op te bergen.

Belangrijker dan de wijziging van het materiaal van den drager, is echter de evolutie van de emulsie zelf geweest. Aanvankelijk gebruikte men als lichtgevoelige stof zilverchloride. Spoedig echter bleek, dat zilverbromide veel lichtgevoeliger is, zoodat dit weldra het zilverchloride verdrong en ook thans nog, gewoonlijk vermengd met eenige procenten zilverjodide, algemeen als lichtgevoelige stof wordt gebezigd. Bij de kalotypie van Talbot werden deze zilverzouten voldoende vastgehouden aan of tusschen de vezels van het papier. Bij gebruik van glas of film is echter een bindmiddel noodig, zoowel om de afzonderlijke korrels van

het zilverbromide van elkaar te scheiden, als om ze te binden aan de onderlaag. Niepce de St Victor had daarvoor stijfsel of albumine gekozen, dat door Scott Archer vervangen werd door collodium. Deze collodiumplaten zijn vanaf 1860 algemeen in gebruik geweest en worden zelfs thans nog in de reproductie-techniek gebezigd. Zij hebben het voordeel van een uiterst fijne korrel, zoodat de teekening zeer gedetailleerd is en vele malen vergroot kan worden, zonder dat de korrel storend werkt. Microfoto's op collodium hebben bij het beleg van Parijs in 1870 groote vermaardheid verworven, doordat men brieven en allerlei gedrukte stukken fotografeerde op huidjes collodium van slechts enkele centimeters lang en breed, die opgerold in de schacht van een veer werden gestoken. Vastgebonden in de vleugels van een postduif werden ze buiten Parijs gebracht, waar ze met behulp van een projectietoestel werden vergroot, gelezen en bekend gemaakt.

Het nadeel van de collodiumplaten is echter dat het natte platen zijn. Om ze gevoelig te maken wordt de plaat namelijk even voor het gebruik in een oplossing van zilvernitraat gedompeld en nat in de chassis geschoven. Voor de opname in een atelier moge dit geen bezwaar zijn, voor het opnemen buiten en op reis is deze werkwijze absoluut ongeschikt. De algemeene toepassing van de fotografie werd daarom pas mogelijk, toen door de Engelsche amateurfotograaf Dr. Maddox, in 1871 de droge gelatineplaat was gemaakt en deze kort daarop in den handel kwam.

Behalve het voordeel dat deze platen fabriekmatig vervaardigd kunnen worden in een vorm, waarin zij direct voor het gebruik gereed zijn, zijn zij ook belangrijk gevoeliger. Deze grootere gevoeligheid wordt verkregen door het zoogenaamde „rijpen” van de emulsie. Men verwarmt daartoe de melkachtige emulsie, die ontstaat door samenvoeging van een oplossing van zilvernitraat en een van kaliumbromide met gelatine, gedurende eenigen tijd op 40 à 50°. De in de oorspronkelijke emulsie aanwezige, zeer kleine zilverbromidedeeltjes groeien daarbij aan tot platte kristalletjes van ongeveer 0,001 mm doorsnede, die men de korrels van de emulsie noemt.

Terwijl nu bij de eerste daguerreotypen de belichtingstijd varieerde van eenige minuten tot een half uur, en deze tijd bij het natte collodiumproces tot eenige seconden was teruggebracht, daalde hij bij de broomzilvergelatineplaten tot een fractie van een secunde, zoodat momentopnamen van zich bewegende voorwerpen mogelijk werden.

2) Sinds dien is de gevoeligheid nog aanmerkelijk opgevoerd. Een belichtingstijd van $1/20000$ secunde is thans niet ongewoon. De Eastman Kodak Co maakt kinocamera's, waarmede 2500 opnamen per secunde gemaakt kunnen worden.

Behalve door het gebruik van lichtsterke lenzen, dit zijn lenzen, waarbij de verhouding van de werkzame opening tot de brandpuntsafstand zeer groot is, is dit grootendeels te danken aan de grootere gevoeligheid van de tegenwoordige emulsie. Men heeft dit bereikt door een zorgvuldige studie van het bovengenoemde rijpingsproces. Het bleek daarbij, dat speciaal de aard van de gelatine van zeer grooten invloed is, zoodat slechts bijzondere soorten gelatine voor de fotografische industrie geschikt zijn en in staat, om een gevoelige emulsie te leveren. Door een stelselmatig onderzoek in het research-laboratorium van de Eastman Kodak Co heeft men uit de goede gelatinesoorten een extract weten te isoleren, de gelatine X, dat deze sensibiliseerende eigenschap in hooge mate bezit, zoodat een kleine dosis hiervan aan een ongevoelige gelatinesoort toegevoegd, deze geschikt maakt om gevoelige emulsies te bereiden. Een verder onderzoek leerde, dat de specifieke werking van dit extract te danken was aan de aanwezigheid van kleine hoeveelheden van bepaalde zwavelverbindingen, behorende tot de klasse der allylmosterdoliën. Bij het rijpingsproces vormen deze met het zilverzout zilver sulfide, dat, zeer fijn over de zilverbromidekorrel verdeeld, de lichtgevoeligheid hiervan sterk vergroot. Op de verklaring van dit verschijnsel zal ik nog later terugkomen.

Naast de algeheele verhooging van de lichtgevoeligheid der emulsie is verder de verhooging van de lichtgevoeligheid voor licht van verschillende golflengte van belang.

De gewone fotografische plaat is slechts gevoelig voor het violette, blauwe en blauwgroene licht van het spectrum, d.i. licht, waarvan de golflengte varieert van 400 tot 550 millimicrons. Voor het groene, gele en roode licht, met een golflengte van 550 tot 700 $m\mu$, is zij niet gevoelig of slechts zeer weinig. Het gevolg hiervan is, dat de intensiteitsverhouding van het licht van verschillende kleur, zooals wij die met ons oog waarnemen, door de fotografische plaat onjuist wordt weergegeven. Het rood wordt te donker, het blauw te licht van tint. H. W. Vogel, hoogleeraar aan de Technische Hochschule te Berlijn, ontdekte nu, dat door toevoeging van kleine hoeveelheden van sommige geelroode of groene kleurstoffen aan de emulsie, de gevoeligheid hiervan voor het groene, gele en geelroode licht aanzienlijk verhoogd kan

1) The Photographic Journal 1934 p 418

worden. De volgens dit principe bereide orthochromatische en panchromatische platen geven niet alleen de lichtverhoudingen in landschappen en gekleurde objecten veel juister weer, maar zijn ook veel gevoeliger voor het licht van onze lampen, zoodat opnamen bij gewoon lamplicht mogelijk worden. Dit procédé is verder voor de ontwikkeling der driekleurendruk en het totstandkomen van de kleurenfotografie van fundamenteele betekenis geweest.

In den laatsten tijd heeft de kleur-sensibilisatie een belangrijke uitbreiding ondergaan, doordat men in derivaten van de penta- en heptacyaninen kleurstoffen heeft gevonden, die nog verder in het roode en infrarode stralengebied sensibiliseeren. Terwijl bij de gewone panchromatische platen de sensibilisatie niet verder gaat dan tot dicht bij het eind van het zichtbare rood, d.i. tot een golflengte van ongeveer 680 $m\mu$, hebben deze nieuwe kleurstoffen een apart sensibilisatiegebied in het infrarood, dat zich uit kan strekken tot 1100 à 1200 $m\mu$. Dit is dicht bij de grens, waartoe men hier gaan kan, aangezien lichtstralen van 3000 $m\mu$ en hooger reeds in die mate door eenigszins warme voorwerpen worden uitgestraald, dat platen, die hiervoor gevoelig zijn, snel zouden bederven. De Agfa, Ilford en de Eastman Kodak Co, welke deze kleurstoffen en de daarmee gesensibiliseerde platen in den handel brengen, duiden ze aan als Kryptocyanin, Neocyanin enz. of, naar de golflengte der lichtstralen, waarvoor zij het meest gevoelig zijn, als Rapid 730, Rapid 810 enz.

Het gebruik van deze platen, vooral in combinatie met een rood of infrarood lichtfilter, dat alleen de roode of infrarode stralen doorlaat en alle andere tegenhoudt, geeft zeer verrassende resultaten.

Ten eerste kan men daarmede door een nevel of mist heen fotografeeren. Een nevel is namelijk ondoorschijnend, omdat het daarop vallende licht door de neveldeeltjes zijdelings verstrooid wordt, zoodat slechts weinig ervan recht doorgaat. Deze zijdeling-sche verstrooiing is echter afhankelijk van de golflengte en wel is zij, volgens een formule van Lord Rayleigh, omgekeerd evenredig met de vierde macht van de golflengte. Dit heeft ten gevolge, dat van het roode licht met een golflengte van 700 $m\mu$, 10-maal minder zijdelings verstrooid wordt dan van het blauwe licht met een golflengte van 400 $m\mu$. Bij het infrarode licht van een golflengte van 850 $m\mu$ is dit zelfs 20-maal minder. Met een dergelijke kryptocyaninplaat heeft Capt. Stevens in 1931 vanuit een vliegmachine op 6500 m hoogte in Midden-Argentinië een

foto genomen van het Andesgebergte, dat ongeveer 500 KM verwijderd lag en dat door de nevel en de dichtheid van de lucht absoluut niet te zien was. Op deze foto, die een record is voor lange-afstand fotografie van aardsche voorwerpen, waren de toppen van dit gebergte duidelijk en scherp te onderscheiden, terwijl verder uit de zwakke kromming van de kimlijn, die totaal 112 KM lang was, de kromming van de aarde berekend kon worden.

Niet alleen echter bij aardsche objecten, maar ook bij hemellichamen kan de infraroodgevoelige plaat ons details laten zien, die voor het menselijk oog verborgen zijn. De sterren, die achter de groote nevelvlekken, zooals die in het sterrenbeeld Orion, verscholen zijn, komen op een dergelijke plaat scherp voor den dag.

Een eenigszins analoog geval als het fotografeeren door een nevel doet zich voor bij andere materialen die eveneens het licht verstrooien, zooals papier, en daardoor ondoorschijnend zijn voor gewoon en speciaal voor blauw licht, maar, evenals de nevel, voor infrarood licht doorschijnend kunnen worden. Het is daardoor mogelijk het schrift van een brief door de gesloten enveloppe heen te fotografeeren. Voor de gerechtelijke fotografie worden hier nieuwe mogelijkheden tot het ontdekken van vervalschingen geopend.

De infraroodgevoelige platen geven verder een belangrijke uitbreiding aan het spectrografisch onderzoek, zooals dat van het licht der sterren en van het absorptiespectrum van organische verbindingen. Tot nu toe was er geen andere mogelijkheid om de infrarode stralen waar te nemen en hun intensiteit te bepalen, dan met een thermozuil of met een bolometer, dit zijn instrumenten, die de warmte, welke bij de absorptie dier stralen ontwikkeld wordt, aanwijzen. Gezien den relatief grooten omvang van deze instrumenten, kunnen hiermede geen fijne details worden waargenomen. Dit is met de fotografische plaat wel mogelijk. Zoo bleek daarmee, dat het spectrum van het licht van Venus, behalve de Fraunhofersche lijnen, die in het gewone zonlicht aanwezig zijn, ook nog twee zeer duidelijke lijnen in het infrarood bezit, die tot het koolzuur-spectrum behooren. Deze absorptielijnen zijn er dus bij de reflectie van het zonlicht op Venus bijgekomen, waaruit men mag afleiden, dat de atmosfeer van Venus vrij rijk is aan koolzuur.

Ook in de microfotografie, bij het onderzoek van weefsels en van biologische objecten, kan de infraroodfotografie goede dien-

sten bewijzen. Verschillende kleurstoffen en pigmenten, die voor het gewone licht ondoorschijnend zijn, laten namelijk het infrarode licht door. Op de infrarode foto's van zwartgekleurde wol en van insecten met een donkere chitinehuid, komt daardoor de structuur van de vezels en de inwendige bouw van deze insecten zeer fraai voor den dag. Het is alsof ons oog, dat slechts gevoelig is voor het licht van een golflengte tusschen 400 en 700 $m\mu$, door deze platen een uitbreiding in gevoeligheid heeft ondergaan tot 1100 $m\mu$ toe en nu ook in staat is de kleuren in dit spectraalgebied waar te nemen. Objecten, die in dit kleurgebied verschillend of verschillend intensief gekleurd zijn en voor ons oog en de gewone fotografische plaat volkomen zwart lijken, komen daardoor in het bereik van onze waarneming.

Men kan zodoende zelfs in het volkomen duister fotografeeren door te belichten met een lamp, waarvan het zichtbare licht geheel afgeschermd is met behulp van een infrarood kleurfilter. Behalve een ietwat eigenaardige uitdrukking van de oogen zien aldus gefotografeerde personen er uit als op een gewone fotografie bij kunstlicht. Welk een prachtig gegeven biedt de mogelijkheid van dergelijke opnamen voor een nieuwe roman van Ivans of Oppenheim!

Ik wil hiermede afstappen van dit vluchtige overzicht van de technische ontwikkeling der fotografie en de vraag stellen, hoe het theoretische inzicht in de fotografische verschijnselen en de fotografische bewerkingen in den loop der honderd jaren is gegroeid en verdiept.

Het antwoord hierop luidt eenigszins beschamend. Rijkelijk heeft de fotografie alle wetenschappen, geen uitgezonderd, gediend en geholpen, mild heeft zij de vruchten van haar werk ter beschikking gesteld van ieder, die deze kon en wilde gebruiken. Zij is zodoende een onmisbaar hulpmiddel voor alle wetenschappelijk onderzoek geworden, maar aan zichzelf heeft zij niet gedacht. Haar eigen problemen en vraagstukken zijn steeds op den achtergrond geschoven en van een ernstige, wetenschappelijke beoefening van de fotografie om haar zelfs wil is zeer weinig gekomen. Terwijl veel jongere takken der natuurwetenschap, zooals de röntgenologie, de radiotelefonie, de metallografie, de kolloïdchemie en zoo vele andere aan de meeste of althans aan zeer vele universiteiten en hoogeschoolen, beslag hebben gelegd op een afzonderlijke leerstoel, is dit met de fotografie slechts bij hooge uitzondering het geval. In Duitschland zijn mij

slechts 3 of 4 van zulke leerstoelen bekend. Voeg daarbij die in Weenen en die in Kopenhagen en het totaal-aantal in Europa is genoemd.

De fotografie is daardoor een in hoofdzaak zuiver empirische techniek gebleven.

Daarnaast wordt zij echter beoefend als kunst. Al beschouwen de beoefenaars der zuiver manuele grafische kunsten haar gewoonlijk niet als zoodanig of hoogstens als een minderwaardige zuster, haar waarde als kunst kan niet worden ontkend. Bij haar geboorteaankondiging door Arago waren zoowel de Académie des Sciences als die des Beaux Arts getuige en een menig fotograaf voelt zich bij het bezien van de producten van zijn arbeid trotsch als een jonge Rembrandt.

De fotografie is zoo een mengsel van kunnen en kunst gebleven.

Dit blijkt ook uit de fotografische tijdschriften. Behalve het kleine, zich met moeite staande houdende Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie, zijn deze alle bestemd voor voor den zuiveren vakman of voor den amateur. Zij bevatten praktische wenken en recepten, beschrijvingen van nieuwe apparaten en onderdeelen en daarnaast een reeks meer of minder fraaie foto's, maar niets of zoogoed als niets, wat op het weten en begrijpen betrekking heeft, geen of slechts zeer spaarzaam artikelen van meer theoretischen aard. Deze laatste zijn verspreid over allerlei physische, astronomische en chemische tijdschriften, een omstandigheid, die het naslaan en bestudeeren van deze literatuur zeer bezwaarlijk maakt.

De theoretische ontwikkeling van de fotografie is dan ook voor een groot deel te danken aan het werk van onderzoekers op ander gebied, die toevallig voor korten tijd op fotografisch terrein waren verzeild, en aan amateurs. Eerst in de laatste decennien is daarin eenige verandering gekomen, doordat de groote producenten van fotografisch materiaal, zooals de Eastman Kodak Co, de Agfa-afdeeling van de I. G. Farbenindustrie en enkele Engelsche vennootschappen, aan hun fabrieken een research-laboratorium hebben verbonden, waarin verschillende fotografische problemen stelselmatig onderzocht worden. Een deel van de verkregen resultaten wordt ook regelmatig gepubliceerd.

Bevat de fotografie dan misschien zoo weinig theoretische problemen, die de bestudeering waard zijn, of zijn deze reeds voldoende opgehelderd?

Het tegendeel is waar.

Nemen wij het verschijnsel, in den aanvang genoemd, het fundament van de fotografie, het thans 100-jarige latente beeld. Waaruit bestaat dit?

De verandering, die het licht bij de korte inwerking, welke voldoende is om een latent beeld tot stand te brengen, veroorzaakt, is zoo gering, dat zij zuiver chemisch of gewichtsanalytisch niet te constateeren valt. Bij langere belichting wordt het zilverzout echter zwart en Scheele kon bij deze inwerking op zilverchloride reeds in 1777 de afscheiding van chloor aantoonen. Hij concludeerde dus: het chloorzilver wordt door het licht ontleed in zilver en chloor, welk laatste element in de lucht ontwijkt en welk eerste als fijn verdeeld donker poeder terug blijft.

Deze eenvoudige verklaring heeft echter in de fotografische wereld verre van onverdeelde bijval gevonden. De omstandigheid, dat uit het gekleurde zilverchloride, het zoogenaamde photochloride, door een oplosmiddel van zilver, als salpeterzuur, slechts een deel van het afgescheiden zilver opgelost kan worden, heeft aanleiding gegeven, om als ontledingsproduct allerlei hypothetische verbindingen aan te nemen, zooals een oxychloride of een subchloride, zelfs een reeks van α -, β -, γ - en δ -subchloriden. Aan de omstandigheid, dat een deel van het zilver in het inwendige van de zilverchloridedeeltjes wordt afgescheiden en aldus door het omringende onveranderde zilverzout beschermd wordt, heeft men daarbij blijkbaar niet gedacht, dan wel deze verklaring te eenvoudig, te nuchter geoordeeld. En zoo zijn er in den loop der tijden door verschillende chemici steeds weer nieuwe onderzoekingen verricht, om de telkens weer opduikende sub- en oxyhaloiden, van wier bestaan echter nooit eenig nader bewijs is aangevoerd, uit de inventarislijst der chemische verbindingen te verdrijven. Na jarenlangen strijd wordt thans echter vrijwel algemeen aangenomen, dat de lichtwerking bestaat in een splitsing van het zilverbromide in zilver en broom.

Het latente beeld bestaat dus uit metallisch zilver. De hoeveelheid daarvan is echter uiterst gering. Van de ongeveer 10000 millioen moleculen waaruit een korrel zilverbromide is opgebouwd, behoeven er niet meer dan een paar honderd — soms zelfs zeer veel minder — door het licht ontleed te zijn, om te maken, dat de geheele korrel door den ontwikkelaar tot zilver gereduceerd kan worden. Waarop berust nu de werking van deze kleine hoeveelheid zilver?

De eerste, die daarvan een plausible verklaring heeft gegeven, was Wilhelm Ostwald (1893). Hij vergeleek daartoe de

werking van het zilver bij de ontwikkeling met die van een kristallisatiekiem bij het uitkristalliseeren van een oververzadigde zoutoplossing. Een dergelijke kiem is bij voorkeur een klein kristalletje van het zout, dat uit moet kristalliseeren. Komt dit in aanraking met de oplossing, dan wordt de oververzadiging opgeheven en kristalliseert plotseling, en dikwijls zeer snel, vanaf dit kristalkiempje de overmaat zout uit de oplossing uit. Bij de ontwikkeling van de fotografische plaat werkt nu de reduceerende ontwikkelaar op het zilverbromide in en doet om de zilverbromidekristallen een oververzadigde oplossing van metallisch zilver ontstaan. Wanneer geen zilverkiemen aanwezig zijn, houdt deze reactie weldra op, doordat de oververzadiging een zekeren graad heeft bereikt en er zich een scheikundig evenwicht instelt tusschen het zilverbromide en het reductiemiddel eenerzijds en het gevormde oxydatieproduct met de zilveroplossing anderzijds. Zijn er echter zilverkiemen aanwezig, dan scheidt het zilver zich uit de oververzadigde oplossing op deze kiemen af, het bovengenoemde scheikundig evenwicht wordt niet bereikt en de geheele zilverbromidekorrel wordt tot zilver gereduceerd.

Dit is, ruw geschetst en kwalitatief beschouwd, de zilverkiemtheorie van het latente beeld.

Deze theorie heeft in 1921 bevestiging gekregen, doordat The Svedberg experimenteel kon aantoonen, dat de reductie van de zilverbromidekorrel werkelijk begint in een enkel punt of in eenige weinige punten en vandaar over de geheele korrel voortschrijdt.

J. Eggert en F. Weigert stelden daarop de vraag naar het verband tusschen de hoeveelheid geabsorbeerd licht en de hoeveelheid afgescheiden zilver en vonden, dat ook voor de ontleding van het zilverbromide de equivalentenswet van Einstein geldt, d.w.z., dat iedere geabsorbeerde lichtquant een molecule zilverbromide in zilver en broom doet uiteenvallen, welke conclusie voor eenige jaren door de onderzoekingen van Hilsch en Pohl is bevestigd. Men kan daardoor uit de hoeveelheid licht, die op de plaat is gevallen, berekenen, hoeveel atomen zilver er gemiddeld per korrel zijn gevormd. Meidinger heeft nu in 1925, met behulp van éénkorrelaagplaten bepaald, hoeveel atomen zilver er door het licht per korrel gevormd moesten worden, om deze korrel ontwikkelbaar te maken. Het bleek daarbij, dat soms reeds één atoom zilver voldoende was, maar dat er in dezelfde plaat ook korrels waren, waarvoor 10000 atomen nog niet voldoende zijn. Bij de gevoelige emulsie waren er gemiddeld een groot aantal, eenige honderden, noodig.

Moet men daaruit concludeeren, dat een zilverdeeltje, wil dit als kiem werken, gemiddeld eenige honderden atomen groot moet zijn? Dit is niet waarschijnlijk, want dan zouden al de zilveratomen, die in de korrel door het licht gevormd worden, door een of ander mechanisme tot één enkel deeltje samengevoegd moeten worden.

Neemt men echter aan, dat er geen richtende krachten zijn, zoodat de door het licht gevormde zilveratomen volkomen willekeurig door de bromidekorrel zijn verdeeld, dan leert de waarschijnlijkheidsleer, dat deze alle als geïsoleerde enkelatomen aanwezig zullen zijn. Een dergelijk geïsoleerd zilveratoom zou dan dus als kiem moeten kunnen werken.

Maar, vraagt men zich af, als een enkel zilveratoom al voldoende is, waarvoor is het dan noodig, dat er zooveel van die enkelatomen gevormd moeten zijn, vóór de kiemwerking merkbaar wordt?

Een volkomen willekeurige distributie van de door het licht gevormde zilveratomen is dus onaanvaardbaar. Men moet daarom wel een zekere agglomeratie van deze atomen, een zich richten naar bepaalde geprefereerde punten aannemen, al behoeft dit niet een enkel punt te zijn, waar alle zilveratomen samenstromen.

Nog een tweede verschijnsel voert tot deze opvatting. De verschillende fotografische emulsies zijn lang niet alle even gevoelig. De al of niet aanwezigheid van de door Sheppard gevonden zwavelverbindingen, de wijze en de duur van de rijping hebben daarop grooten invloed. Bovendien blijkt, dat bij te lang voortgezette rijping de plaat gaat sluieren, d.w.z., ook zonder voorafgaande belichting ontwikkelbaar wordt.

Dit leidt tot de hypothese, die door verschillende onderzoekers wordt aangenomen, dat er bij de rijping reeds een zwakke reductie tot zilveratomen of — in het geval van zwavelverbindingen — een vorming van moleculen zwavelzilver plaats heeft, die zich echter niet tot zoo groote groepen hebben vereenigd, dat zij reeds als kiem kunnen dienen. Deze zilverdeeltjes, eventueel de zilversulfidedeeltjes, die men Reifungskeime of sensitivity specks heeft genoemd, werken nu als prokiemen bij de belichting, als centra, waarop zich de door het licht gevormde zilveratomen bij voorkeur afscheiden. Zij groeien dus aan en worden daardoor zóó groot, dat zij bij de ontwikkeling als kristallisatiekiem kunnen dienen.

De vraag is nu echter: hoe groot zijn deze prokiemen en wat is de grootte van de ontwikkelingskiem in het latente beeld?

Tot voor eenige jaren waren hierover geen onderzoekingen gedaan. De volkomen hypothetische schattingen, die men daarover in de literatuur aantrof, varieerden van één tot een paar honderd atomen. F. Weigert neemt zelfs aan, dat de prokiemen, die hij „lichtempfindliche Mizeilen" noemt, buiten de bromidekorrel gelegen aggregaten van broomzilver, gelatine, zilver en zwavelzilver zijn, waarin het licht, behalve de chemische ontleding, ook een wijziging in de structuur veroorzaakt.

Ten einde omtrent deze vragen meerdere zekerheid te verkrijgen, hebben wij voor eenige jaren, in samenwerking met Dr. L. Hamburger, onderzoekingen gedaan met het doel deze grens der kiemgrootte experimenteel te bepalen.

Aangezien de fotografische plaat zelf een veel te ingewikkeld systeem is voor het onderzoeken van deze vraag, was het gewenscht een eenvoudiger geval te zoeken, waarbij zilverdeeltjes van precies te bepalen of te berekenen grootte ontstaan en op soortgelijke wijze als in de fotografische plaat, tot ontwikkeling kunnen worden gebracht.

Wij hebben daarvoor zilver in een hoog vacuum vanaf een zwak-gloeïende zilverdraad laten sublimeeren op een daartegenover geplaatst glasplaatje. De van den zilverdraad verdampende atomen doorloopen daarbij rechte banen en treffen dit glasplaatje op een volkomen willekeurige en ongeordende wijze, zoo ongeveer als bij het begin van een bui de regendruppels het trottoir treffen. De eerste zullen daarbij als volkomen geïsoleerde zilveratomen op het glas hechten, terwijl bij verdere sublimatie een aankomend atoom ook terecht kan komen op de plaats, waar reeds een ander atoom aanwezig was en er zodoende dubbelatomen, drie-, vier- of vijfelingen kunnen ontstaan. Wanneer zoo veel zilver gesublimeerd is, dat het laagje twee atomen dik is, wordt dit door een zwak gele kleur zichtbaar, om bij toenemende dikte achtereenvolgens oranje, rood en ten slotte blauw te worden. Bij onze proeven werd echter slechts $\frac{1}{1000}$ à $\frac{1}{100}$ van de hoeveelheid, die noodig zou zijn voor een uniform laagje van 1 atoom dikte, op het glas gebracht. Dergelijke laagjes, die wij eenvoudigheidshalve $\frac{1}{1000}$ of $\frac{1}{100}$ atoom dik zullen noemen, zijn absoluut onzichtbaar. Zij vormen echter ook een latent beeld, dat door zoogenaamde physische ontwikkeling, d.i. ontwikkeling met een oplossing van een reductiemiddel en zilvernitraat, zichtbaar gemaakt kan worden. De door sublimatie gevormde zilver-

kiemen groeien daarbij aan tot ultramicroscopisch// zichtbare deeltjes, die — wanneer zij niet te talrijk zijn — gescheiden van elkaar liggen, zoodat zij geteld kunnen worden.

Men telt dus zodoende eenerzijds, hoeveel kiemen er per vierkante centimeter gevormd zijn en kan anderzijds, uit de hoeveelheid zilver die gesublimeerd is, met waarschijnlijkheidsrekening bepalen, hoeveel dubbelatomen, drielingen, vierlingen enz. er per vierkante centimeter aanwezig waren.

Uit deze proeven bleek nu, dat het aantal kiemen vrij nauwkeurig overeenkwam met het aantal vierlingen per cm^2 . Wanneer men daarbij bedenkt, dat bij een sublumaat van de hier gebezigde dikte, het aantal drielingen 200-maal zoo groot is als het aantal vierlingen en het aantal dubbelatomen 40000-maal zoo groot, dan is het duidelijk, dat een overeenkomst van het aantal ontwikkelbare deeltjes met het aantal vierlingen een sterk bewijs is, dat slechts deeltjes van deze grootte als kiem hebben gewerkt en kleinere niet.

Dit resultaat overbrengende naar de fotografische plaat, wordt het waarschijnlijk, dat ook dáár de door het licht gevormde kiemen een dergelijke orde van grootte hebben, waarbij natuurlijk, bij sterkere belichting, ook kiemen van grooteren omvang zullen komen. De prokiemen moeten dan hoogstens drielingen zijn, een conclusie, waartoe onlangs ook de Copenhaagsche foto-chemicus Winther, maar op grond van geheel andere onderzoeken, gekomen is.

Een ander experimenteel bewijs, dat het latente beeld uit uiterst kleine deeltjes zilver bestaat, wordt gegeven door verschijnselen, die men bij de ontwikkeling in oplossingen met verschillende reductiepotentiaal kan waarnemen.

Zooals reeds bij de bespreking van de zilverkiemtheorie uiteengezet is, vormt de ontwikkelaar met het zilverbromide van de plaat een oververzadigde oplossing van metallisch zilver. De graad van oververzadiging, die hierbij bereikt wordt en waarbij de reactie tusschen den ontwikkelaar en het zilverbromide tot stilstand komt, doordat zich een chemisch evenwicht instelt, hangt af van de reductiekracht van den ontwikkelaar. Deze kan men nu in exacte maat uitdrukken, door langs electrochemischen weg de reductiepotentiaal te bepalen. Hoe lager deze potentiaal, des te sterker reduceerend werkt de ontwikkelaar en des te groter is de zilverconcentratie, die daarmee kan worden bereikt. De graad van oververzadiging kan men uit de reductiepotentiaal precies berekenen.

Het bleek nu bij onderzoeken in ons laboratorium, dat de ontwikkeling bij een gedeeltelijk ontwikkelde plaat, die bromidekorrels heeft, waarop reeds groote aggregaten van zilver gevormd zijn, direct verder gaat, zoodra de reductiepotentiaal daalt beneden de waarde, die met de verzadiging van het zilver overeenkomt, terwijl daarentegen de ontwikkeling van het latente beeld pas mogelijk wordt bij een veel lagere potentiaal, n.l. bij een potentiaal, die overeenkomt met een 30 à 50-voudige oververzadiging.

De oorzaak van dit verschijnsel is als volgt. De oplosbaarheid van een vaste stof is bij bepaalde temperatuur een zeer constant getal, zoolang de deeltjes van de vaste stof grootter zijn dan ongeveer 0,001 mM. Worden zij kleiner, dan is dit niet meer het geval en wel stijgt de oplosbaarheid bij daling der deeltjesgrootte. Worden de deeltjes zoo klein, dat zij uit slechts eenige weinige moleculen bestaan, dan zal hun oplosbaarheid aanzienlijk grootter zijn dan die van groote deeltjes en kan men zelfs verwachten, dat zij sprongsgewijs verandert met het vergrooten of verkleinen van het aantal atomen. Daaruit volgt, dat een gegeven oplossing, die oververzadigd is ten opzichte van groote kristallen, verzadigd kan zijn ten opzichte van zeer kleine kristallen van bepaalde grootte. Deeltjes van deze grootte of grootere zullen in de oplossing als kristallisatiekiem werken en haar tot uitkristallisatie brengen. Ten opzichte van kleinere deeltjes zal de oplossing echter niet verzadigd zijn, maar onverzadigd. Deze deeltjes zullen dus geen uitkristallisatie veroorzaken, integendeel, zij zullen in de vloeistof oplossen, uiteenvallen in kleinere groepen of moleculen.

In het latente beeld zijn nu de zilverdeeltjes zóó klein, dat zij eerst in een oplossing, die 30 à 50 maal oververzadigd is, als kiem werken.

Het bleek verder, dat zij, overeenkomstig bovenstaande uiteenzetting, bij kleinere oververzadiging, d.i. bij iets grootere reductiepotentiaal van de oplossing dan die, waarbij de ontwikkeling van het latente beeld juist kan beginnen, in oplossing gaan. Het latente beeld verdwijnt dus of vermindert, ofschoon een gedeeltelijk ontwikkeld beeld in dezelfde oplossing verder wordt ontwikkeld.

Uit een formule van Thomson-Ostwald betreffende het verband tusschen de deeltjesgrootte en de oplosbaarheid, kan men afleiden, dat de kiemen in het latente beeld zeker kleiner zijn dan 2 μ . Een nauwkeurige bepaling laat deze formule echter niet

toe, aangezien de premissen, die bij de afleiding ervan zijn gesteld, niet meer opgaan voor dergelijke extreem kleine deeltjes en men, speciaal omtrent de daarin voorkomende waarde der oppervlakte-spanning, geheel in het duister tast. Het is daarom te wenschen, dat onze physici, uitgaande van andere overwegingen, er nog eens in zullen slagen, voor deze zeer kleine deeltjes het verband tusschen grootte en oplosbaarheid beter aan te geven, opdat de conclusies, waartoe wij naar aanleiding van de physische ontwikkeling van de zilversublimaten kwamen, ook langs dezen weg gecontroleerd en bevestigd mogen worden.

Geachte toehoorders. Ik heb U als voorbeeld van de fotografische problemen het latente beeld genoemd en heb mij veroorloofd, daarbij ook Uwe aandacht te vragen voor de onderzoekingen, die op dit gebied in ons laboratorium gedurende de laatste jaren zijn verricht. Moge thans omtrent het wezen van dit verschijnsel meerdere zekerheid zijn verkregen, alle raadselen van het latente beeld en van de veranderingen, die het onder verschillende omstandigheden ondergaat, zijn daarmee geenszins opgelost. Ik noem de reeds eerder vermelde sensibilisatie door verschillende kleurstoffen en de verschijnselen, die bekend staan als het Herschel-, het Clayden-, het Villard- en het Sabatier-effect.

De in de laatste jaren opkomende en van verschillende zijden opkomende belangstelling voor de wetenschappelijke beoefening van de fotografie geeft mij echter hoop, dat in deze en dergelijke problemen weldra licht zal komen en dat in de thans aanbreekende eeuw het theoretische deel van de fotografie minder stiefmoederlijk zal worden bedeed, dan in de afgelopen honderd jaar het geval is geweest.

Dat ook Nederland hieraan zijn deel moge hebben.

Ik heb gezegd.

