

DE ONTWIKKELING VAN DE KLEURSTOFINDUSTRIE

*Onderzoeksproject van het Wetenschap en Samenleving-Programma
van de K.U. Nijmegen*

Faculteit der Wiskunde en Natuurwetenschappen
Toernooiveld
Nijmegen

Eindrapport, april 1984

H. van den Belt
B. Gremmen
E. Homburg
W. Hornix

INHOUDSOPGAVE

<i>Voorwoord</i>	5
<i>Algemene Eindrapportage</i>	7
<i>Henk van den Belt: Het octrooistelsel en de kleurstofindustrie. Ontwikkelingen in Frankrijk en Duitsland 1860-1890</i>	25
1. Enkele algemene beschouwingen over het octrooirecht	25
2. De opvattingen van Haber en Beer over de invloed van de octrooiwetgeving op de ontwikkeling van de kleurstofindustrie	28
3. De patentprocessen rond anilinerood in Frankrijk	31
4. De totstandkoming van de Duitse Rijkspatentwet	37
5. Het functioneren van het Duitse octrooistelsel en de opkomst van de georganiseerde industriële research	40
6. De industrialisering van het uitvinden en de routinisering van het innoveren: Promotheus getemd?	43
Noten	46
<i>Wim Hornix: De ontwikkeling van de kleurstofchemie van 1850 tot 1887</i>	49
1. Inleiding	49
2. De periode 1850-1862	57
3. De periode 1862-1869	62
4. De periode 1869-1876	70
5. De periode 1876-1888	76
6. Conclusies	84
Literatuur	89
Stamboom van de synthetische organische handelskleurstoffen in 1887	91
<i>Ernst Homburg: De inschakeling van chemici in de kleurstofindustrie</i>	107
1. Inleiding	107
2. De inschakeling van chemici en economische groei	109
3. De ondernemer en zijn houding ten opzichte van "de wetenschap"	120
4. De beschikbaarheid van goed geschoolde chemici	132
5. Slotconclusies	157
Noten	159

	pag.
<i>Bart Gremmen: Wetenschap en industrie in de beginperiode van de kleurstofindustrie</i>	165
1. Inleiding	165
2. De organische chemie	167
3. De synthetische kleurstofindustrie	170
4. De relatie tussen de kleurstofindustrie en de organische chemie	177
5. Conclusies	180
Noten	182
Literatuurlijst	183
 BIJLAGE	 187

VOORWOORD

In december 1983 liep het door de Universitaire Commissie Wetenschap en Samenleving gefinancierde deel van het onderzoekproject "De ontwikkeling van de kleurstofindustrie" ten einde. De aan dit, in 1979 gestarte, project verbonden medewerkers bundelen in dit eindrapport een aantal artikelen die, tezamen genomen, een brede schets geven van de geschiedenis van de kleurstofchemie en -industrie in de 19e eeuw. Deze artikelen geven echter geen volledig beeld van al datgene dat de afgelopen jaren binnen dit onderzoek aan de orde is geweest, terwijl er bovendien in 1984 nog een aantal bijdragen van de hand van de projectmedewerkers verschijnen zullen.

Om het onvolledige beeld dat de artikelen van het werk van de projectgroep geven te completeren, is aan dit eindverslag een Algemene Eindrapportage toegevoegd, waarin - in vogelvlucht - het werk van de afgelopen 4½ jaar aan de orde komt. De belangrijkste conclusies, gewonnen inzichten en verzamelde "feiten" worden in deze Algemene Eindrapportage in de vorm van een 8-tal "verworvenheden" behandeld. Specifiekere verworvenheden, zoals bijvoorbeeld onze inzichten met betrekking tot de plaats die Baeyer inneemt in de kleurstofchemie, met betrekking tot de verschillende rollen die door kleurstofchemici in de kleurstofindustrie gespeeld worden en met betrekking tot de vroege economische dominantie van de Duitse kleurstofindustrie komen hierin echter niet apart aan de orde. Dit soort punten hebben hun plaats in de afzonderlijke artikelen gevonden.

Dit Voorwoord biedt een goede gelegenheid om de vele mensen te bedanken, die de afgelopen jaren in de uitvoering van het onderzoek een aandeel hebben gehad.

In de eerste plaats denken we daarbij aan het personeel van de vele bibliotheken die ons aan belangrijk materiaal voor ons onderzoek geholpen hebben. Vooral moeten hier worden genoemd de medewerkers van de Faculteits- en van de Universiteitsbibliotheek te Nijmegen, van de bibliotheek van de Technische Hogeschool te Delft, en van de bibliotheek van het Textielmuseum te Tilburg.

Verscheidene keren kregen we in ons onderzoek de bereidwillige steun van het personeel van de door ons bezochte archieven. Uit de reeks Franse, Duitse, Britse en Nederlandse archieven die bezocht werden, moet vooral worden genoemd: het archief van de BAYER AG te Leverkusen, waar we vele weken lang gastvrij ontvangen werden.

Peter Kroes en Bernard Ellenbroek hebben, met name in de beginfase van het project, actief aan het onderzoek van de groep deelgenomen en in vele discussies geparticipeerd. Wij willen hen bij deze bedanken voor hun belangrijk aandeel in het project. Ook Jan Baak moet hier vanwege zijn deelname aan het onderzoek speciaal worden genoemd.

Gedurende de gehele periode is er ontstellend veel werk verzet door student-assistenten. De opbouw van de grote databestanden op het gebied van de economische ontwikkeling, de patentliteratuur, de kleurstofchemie en de chemici-biografieën was zonder hun inbreng onmogelijk geweest. Korte of langere tijd hebben we met veel plezier samengewerkt met: Ferry Blüm, Erik Brouwer, Willibrord Rutten, Piet van den Oetelaar, Thom Somers en Robert Wiggers.

In alle fasen van het project, zelfs reeds vóór de officiële start, heeft het onderzoek heel veel te danken gehad aan de actieve aandacht van de Commissie die het onderzoek begeleidde. Groot is onze dank voor de raad en de daad, waarmee al de leden en ex-leden van deze Begeleidingscommissie ons hebben bijgestaan. Zonder hun adviezen en hun ervaring was het werk ons op dit, voor ons nieuwe, terrein een stuk zwaarder afgegaan.

De Universitaire Commissie Wetenschap en Samenleving heeft ons de ruime financiële middelen verschaft, die het ons mogelijk maakten bovengenoemde studentassistenten aan te stellen en ons in staat stelden het archief-onderzoek en de uitgebreide literatuurstudie uit te voeren.

Tenslotte willen we hier met nadruk noemen degene die niet alleen dit rapport op voortreffelijke wijze heeft uitgetypt, maar die tevens de afgelopen jaren bij voortduring een onmisbare steun voor het project is geweest: Angélique Brackel.

Nijmegen, februari 1984

Henk van den Belt
Bart Gremmen
Ernst Homburg
Wim Hornix

ALGEMENE EINDRAPPORTAGE

Het oorspronkelijke projectvoorstel

In juli 1979 ging het project van start onder de vlag: "De ontwikkeling van de kleurstofindustrie. Een case-study over de maatschappelijke factoren die de natuurwetenschappen bepalen, over de technologisch-wetenschappelijke factor in de industriële ontwikkeling en over de maatschappelijke rol van de natuurwetenschappelijke onderzoeker" (6)*.

Met de keuze voor één van de vroegste "science-based industries", de kleurstofindustrie, was gekozen voor een interessant historisch voorbeeld van een op elkaar ingrijpen van ontwikkelingen op de terreinen van wetenschap, industrie en maatschappij. Immers, de kleurstofindustrie staat - evenals de electrotechnische industrie - bekend als de bedrijfstak waar voor het eerst succesvol en op grote schaal een "symbiose tussen wetenschap en industrie" tot stand werd gebracht, resulterend in een nieuwe organisatievorm van de wetenschapsbeoefening: het industriële researchlaboratorium. Deze nieuwe vorm van wetenschapsbeoefening stond model voor vele researchlaboratoria, ook buiten de industrie.

Sommige auteurs zien deze ontwikkeling als een integraal onderdeel van een radicale omwenteling in het maatschappelijke en industriële gebeuren en spreken van een *Tweede Industriële Revolutie* (of Wetenschappelijk-Technische Revolutie), waarmee in ieder geval óók tot uitdrukking wordt gebracht dat er meer aan de hand is dan het tot stand komen van een bepaalde organisatorische innovatie - het researchlaboratorium - alleen. In samenhang met dit proces van de "industrialisering van de wetenschap" binnen de kleurstofindustrie is het van belang te wijzen op de toenemende theoretische en methodische "rijpheid" van de organische chemie, de ontwikkelingen op het gebied van het universitaire en hoger technisch onderwijs, de beroepsvormingsprocessen van de chemici, de organisatorische veranderingen binnen de industrie (concernvorming, opkomst van managers), de rol van de octrooiwetgeving en, last but not least, op de context van een toenemende economische en politieke rivaliteit tussen de belangrijkste Europese naties.

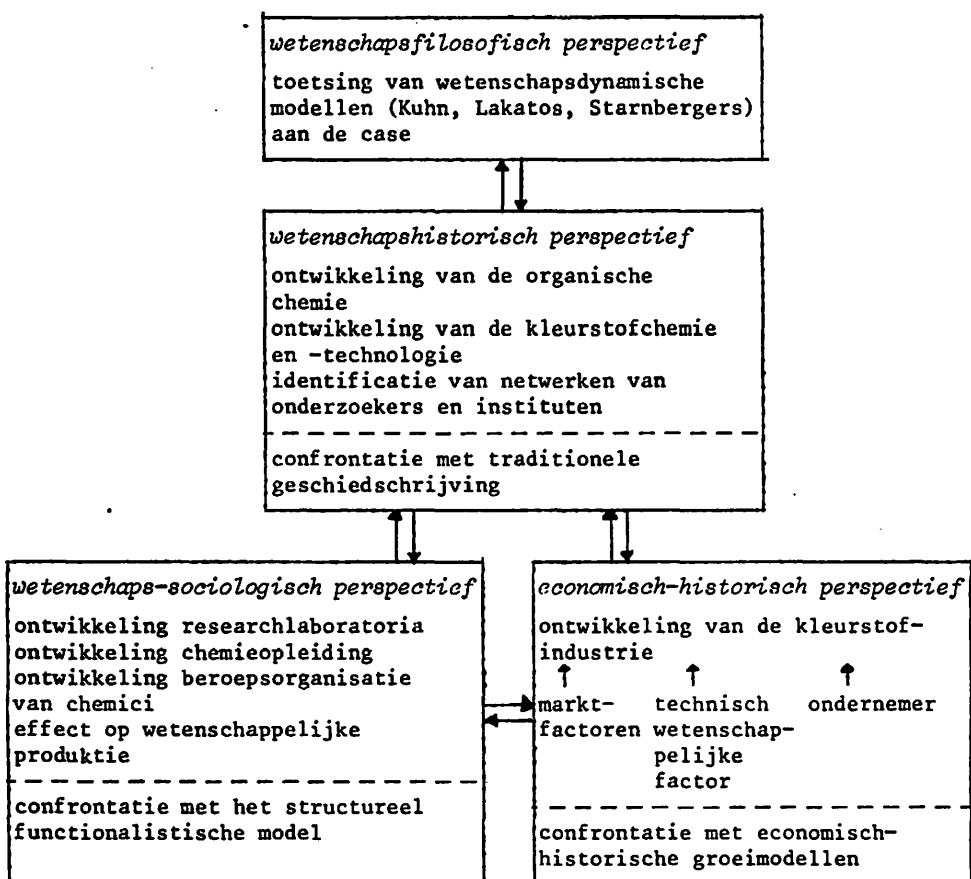
Vanwege de hierboven aangeduide wisselwerking tussen de ontwikkeling van de chemie, de chemische industrie, de organisatie van onderwijs en onderzoek en de algemene economische en politieke context werd er in het oor-

*De tussen haken geplaatste nummers verwijzen naar de in de *Bijlage* opgenomen voorstellen, artikelen en discussiestukken.

spronkelijke projectvoorstel voor gekozen het project op te zetten als een *multidisciplinair* onderzoek. De bestudering van het onderzoeksterrein zou ondernomen dienen te worden vanuit een wetenschapshistorisch (aanvankelijk natuurwetenschappelijk geheten), een economisch-historisch, een wetenschapssociologisch en een wetenschapsfilosofisch perspectief. Binnen de drie laatstgenoemde perspectieven zouden tevens een aantal op deze terreinen bestaande "ontwikkelingsmodellen" in de beschouwing worden betrokken.

Dit is heel kort een aanduiding van het oorspronkelijke onderzoekplan. Meer informatie wordt geboden in het schema dat volgt, terwijl enige aspecten van het plan - in kritische zin - hieronder aan de orde zullen komen.

Schematische voorstelling van het oorspronkelijke projectvoorstel (ontleend aan 13)



De discussies over het projectvoorstel

Het oorspronkelijke onderzoekplan gaf een omschrijving van het totale probleemveld, maar het was duidelijk dat concrete research-vraagstellingen die richting zouden geven aan het onderzoek van de verschillende medewerkers nog uitgewerkt dienden te worden. Tevens moest binnen het nieuw samengestelde team van onderzoekers een taakverdeling worden gerealiseerd. In een tweetal discussieronden - in december 1979/januari 1980 en in juni/juli 1980 (10,23,50) - werd de uitwerking van de researchvragen en van de taakverdeling ondernomen, hetgeen resulteerde in een aantal voorstellen voor de verschillende deelonderzoeken in augustus 1980 (11,26,51*). Bovendien was er in de tussentijd reeds enige ervaring met het veld van onderzoek opgebouwd, doordat vooronderzoeken gestart waren.

Bij dit werk werden een aantal moeilijkheden en spanningsvelden in het oorspronkelijke voorstel bijzonder duidelijk. Het is van belang deze, in de wat afstandelijker terminologie van na 4 jaar onderzoek, hier kort de revue te laten passeren.

- Terwijl in het oorspronkelijke voorstel de integratie van de verschillende deelonderzoeken naar het laatste projectjaar verschoven was, werd het al snel duidelijk dat het nodig was om ook in de fase van het opstellen van de onderzoekplannen de deelonderzoeken reeds op elkaar te betrekken.
- Deze integratie van de deelonderzoeken werd bemoeilijkt, doordat het projectvoorstel niet "slechts" een multidisciplinaire aanpak van één bepaald probleem inhield, maar *tevens* meerdere onderzoekobjecten omvatte (industrie-ontwikkeling, wetenschapsontwikkeling etc.).
- Ook voor de verschillende deelonderzoeken afzonderlijk werden in het oorspronkelijke plan aanzetten in heel verschillende richtingen geboden. Het *wetenschapshistorische* deelonderzoek kon enerzijds de ontwikkeling van de (theoretisch) organische chemie centraal stellen of anderzijds de kleurstofchemie tot hoofdaandachtsgebied kiezen. In het *economische* deelonderzoek kon in de vorm van een bedrijfstakgeschiedenis de industriële ontwikkeling tot de te verklaren grootheid gekozen worden, terwijl anderzijds een economische verklaring van de technische ontwikkeling ("endogenisering") tot de mogelijkheden behoorde.

*De wetenschapsfilosofische "poot" van het project vormde van meet-af-aan een aanvullend perspectief, aangezien slechts in 0.2-formatieplaats voor dit onderdeel voorzien werd.

Binnen het *wetenschapssociologisch* deelonderzoek lagen zowel meer sociaal-historische onderwerpen als de beroepsvorming van chemici, als studies van de wetenschapsontwikkeling (in de lijn van de moderne wetenschapssociologie) voor de hand. Het *wetenschapsfilosofische* deelonderzoek was in het oorspronkelijke voorstel eenduidig geformuleerd, maar in de praktijk sterk afhankelijk van de oriëntatie die in het wetenschapshistorische deelonderzoek gekozen zou worden.

- De theoretische ontwikkelingsmodellen tenslotte zouden eventueel voor de verschillende deelonderzoeken een zeker richtsnoer kunnen zijn; een integrerende kijk op het project was echter ook onder dit gezichtspunt uiteraard niet te verwachten.

In de eerste plaats zeggen bovenvermelde punten iets over het complexe karakter van de ontwikkeling van de kleurstofindustrie en over de stand van het historisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek op dit terrein. Hoewel in de in augustus 1980 geformuleerde onderzoekplannen ten aanzien van de boven-omschreven dilemma's een aantal duidelijke keuzes gemaakt werden, zouden in een latere fase van het project een aantal niet gekozen thema's op een "natuurlijke" wijze hun kop weer opsteken. Een aantal beperkingen in het onderzoeksterrein waren echter van een meer blijvend karakter: de rol van de overheid* en de organisatie van de universiteiten zouden niet meer uitvoerig aan de orde komen. De ontwikkeling van de industrie en van de "toegepaste wetenschap" werden centraal gesteld.

De, als uitkomst van de genoemde discussies, in augustus 1980 ontwikkelde onderzoekplannen vertoonden onderling een grotere samenhang dan het oorspronkelijke projectvoorstel kenmerkte. Binnen het wetenschapshistorische deelonderzoek (Hornix) werd de ontwikkeling van de kleurstofchemie als object van studie gekozen (11). In het economische deelonderzoek (Van den Belt) kwam de industriële ontwikkeling centraal te staan (26). Het wetenschapssociologische deelonderzoek (Homburg) had in deze opzet in zekere zin een schakelfunctie, daar het onderzoek gericht werd op de ontwikkeling van de kleurstofchemie in een industriële context, waarbij de nadruk lag op het onderzoek van de factoren die de totstandkoming en uitvoering van industriële researchprogramma's bepaalden (51).

Naast onderzoek langs de lijnen van de zojuist genoemde onderzoekplannen kwamen de afgelopen 4 jaar - zoals hierboven reeds werd aangegeven - ook nog een aantal andere kwesties aan bod. Een bespreking van de ver-

*Met als uitzondering het terrein van de octrooiwetgeving.

schillende deelonderzoeken zal nu de verschillende onderzoekslijnen langsgaan. Resultaten van onderzoek en andere inhoudelijke kwesties worden echter onder de rubriek "verworvenheden" besproken.

De deelonderzoeken

1. Hornix richtte zijn onderzoek voornamelijk op de *kleurstofchemie* (11, 12,15,16, bijdrage aan dit eindrapport). Daarnaast werd er door hem echter ook aandacht aan de ontwikkeling van de *organische chemie* besteed (12,14,17).

2. Aanvankelijk hield Van den Belt zich bezig met beide elementen in het projectvoorstel die het economische deelonderzoek betroffen. De meeste aandacht kreeg de *industriële ontwikkeling* (19,20,22,24,25,26,34). Economische theorieën met betrekking tot de *technische ontwikkeling* vormden een tweede lijn van onderzoek (21,27,28,29,38,40,43,45), welke met de eerstgenoemde onderzoekslijn moeilijk tot één geheel te smeden was. In een latere fase van het onderzoek sloeg Van den Belt een nieuwe richting in, waarbinnen het spanningsveld tussen de twee genoemde aspecten op vruchtbare wijze overwonnen werd. In veel opzichten bleek het *octrooistelsel* een schakel tussen de industriële en technische (resp. wetenschappelijke) ontwikkeling te vormen (29,30,31,33,35,37,39,41, bijdrage aan dit eindrapport).

3. Homburg onderzocht de *ontwikkeling van wetenschap en techniek* in een industriële context (51,53,58,59,64), terwijl tevens de *beroepsontwikkeling* van chemici zijn aandacht kreeg (48,56,59,61,63, bijdrage aan dit eindrapport).

4. Binnen het wetenschapsfilosofische deelonderzoek (eerst Kroes, later Gremmen) werd aanvankelijk geen zelfstandige onderzoekslijn tot ontwikkeling gebracht. Er werd een werkgroep opgericht, waaraan door al de projectmedewerkers werd deelgenomen. In deze werkgroep werden wetenschapsfilosofische - en daarbij aansluitende artikelen over de *ontwikkeling van de organische chemie* bestudeerd (14,32,36,66). Hieruit ontwikkelde Gremmen een onderzoekslijn betreffende de toetsing van het model van de Starnbergers aan de case van de kleurstofindustrie (gedeeltelijk resulterend in zijn bijdrage aan dit eindrapport) en een promotieonderzoek over de *rol van de filosofie* in de ontwikkeling van de organische chemie (67,68).

Algemene verworvenheden

Na enige jaren op een bepaald onderzoeksterrein gewerkt te hebben, ziet men doorgaans scherper welke vooronderstellingen en verwachtingen de start van het onderzoek in een belangrijke mate bepaalden. Ook in dit geval werden een aantal "vooronderstellingen" beargumenteerd afgebroken en omge-

zet in nieuwe inzichten. Deze inzichten vormen de reeks van "verworvenheden" die hieronder volgt. De inhoud van deze verworvenheden maakt duidelijk dat het niet alleen de afbraak van uitgangspunten van de aan dit project verbonden medewerkers betreft, maar van vooronderstellingen die in brede kring door onderzoekers op het terrein van de kleurstofindustrie werden (en worden) gedeeld.

1. Hoewel niet expliciet uitgesproken, werd er bij de start van het project vanuit gegaan dat zou kunnen worden teruggevallen op een behoorlijk goede *geschiedschrijving* van het onderwerp. De ontwikkeling van de kleurstofindustrie had immers reeds vaak in de historische belangstelling gestaan: er was een uitvoerige literatuur over het onderwerp. De aandacht die de toetsing van de verschillende ontwikkelingsmodellen nog kreeg in het oorspronkelijke projectvoorstel is ook met de hier aan de orde zijnde vooronderstelling in verband te brengen. Bij zo'n toetsing wordt ervan uitgegaan dat er vrij goede secundaire historische bronnen beschikbaar zijn, zodat men ook nog eens niet al het "historische handwerk" behoeft over te doen. Alleen binnen het wetenschapshistorische onderdeel van het project werd ervan meet-af-aan van uitgegaan, dat de bestaande geschiedschrijving van de kleurstofchemie ontoereikend was en dat naar de opbouw van een volledig hiervan onafhankelijk bestand aan gegevens gestreefd diende te worden.

In de eerste jaren van het onderzoek werd het steeds duidelijker dat de geschiedschrijving van de kleurstofindustrie - in plaats van goed te zijn - in wezen in een treurige staat verkeerde. Hele deelgebieden bleken een nog vrijwel onontgonnen terrein te zijn. Vooral vanuit commerciële en economische gezichtspunten is de ontwikkeling van de kleurstofindustrie nog nauwelijks systematisch bestudeerd. De vroege geschiedschrijving van het onderwerp is volledig vanuit het perspectief van de "belangrijkste" in deze ontwikkeling participerende chemici geschreven. Latere historici bouwden op deze - gekleurde - geschiedschrijving voort en namen veelal ongerefleeteerd allerlei oordelen, stellingnames en onderscheidingen van deze chemici over.

Het feit dat de geschiedenis op dit gebied vanuit het gezichtspunt van de chemicus is geschreven, heeft zeker tot gevolg gehad dat allerlei commerciële aspecten onderbelicht zijn geraakt. Het wil echter niet zeggen, dat men ten aanzien van alle "chemische aspecten" even tevreden kan zijn. Zo is de kleurstofchemie nogal retrospectief beschreven, zoals Hornix in zijn artikel in dit eindrapport aangeeft. Daarnaast zoekt men tevergeefs naar een geschiedschrijving vanuit de gezichtshoek van "chemische rand-

groepen" als de coloristen, de apothekers en zelfs de bedrijfschemici, en staat ook de bestudering van zo iets essentieels als de arbeidsmarkt voor chemici nog volledig in de kinderschoenen.

Deze lacunes in de geschiedschrijving werden ook door anderen gevoeld. De laatste jaren zijn er verschillende studies verschenen, die de ontwikkeling van de kleurstofindustrie tot onderwerp hebben of die hiermee in verband staan, en die gedeeltelijk aan de hierboven genoemde bezwaren tegemoet komen (Leprieur, Stolz, Todériciu, Meyer-Thurow, Pohl e.a., Borscheid, Pötsch). Ook de sociale geschiedenis van de chemie leverde nieuwe inzichten op, waarbij vooral de rol van de apothekers steeds duidelijker werd (Gustin, Possehl, Hickel, Brock, Crellin). Ondanks deze nieuwe inzichten zijn er nog zoveel open vragen dat, met name ten aanzien van de Franse en Engelse kleurstofindustrie, gevreesd moet worden dat een enigszins afgerond beeld van de industriële ontwikkeling nog in het verre verschiet ligt.

Het hierboven gegeven oordeel over de beschikbare geschiedschrijving van de kleurstofindustrie had duidelijke consequenties voor het werk van de projectgroep. Hele gebieden bleken door onszelf ontgonnen te moeten worden. Het werk van de groep kreeg een meer historisch karakter dan aanvankelijk was voorzien. Een aantal van de hierna te behandelen "verworvenheden" kunnen als producten van dit werk gezien worden.

2. In de eerste plaats noodzaakten de lacunes in de geschiedschrijving ons tot een uitvoerig bronnenonderzoek en tot de opbouw van een uitgebreid *databestand*. Op het gebied van de kleurstofchemie moest de ontwikkeling beschreven worden op basis van een eigen keuze van wat relevant moet worden geacht. Daarbij kon gebruik worden gemaakt van de literatuursamenvattingen die in de tweede helft van de 19e eeuw in de *Jahresberichte der (reinen) Chemie* en in de *Jahresberichte der Chemischen Technologie* werden gegeven en van de patentliteratuur. De ordening van deze gegevens in stoffennetwerken, die de groeiende kennis van stoffen en hun onderlinge transformaties representeren, maakt het mogelijk om de groei van de "stoffenkennis" te beschouwen onafhankelijk van de organisatie die er door de structuurtheorie op den duur in wordt aangebracht, terwijl tevens de wisselwerking tussen "stoffenkennis" en constitutietheorie geanalyseerd kan worden (12). Hornix verwerkte een deel van deze gegevens in zijn artikel van dit eindrapport.

Op het gebied van de sociale geschiedenis van de wetenschap werd het door ons belangrijk geacht de exclusieve fixatie van de traditionele ge-

schiedschrijving op "de groten" binnen de chemie te vermijden. In navolging van de binnen de sociale geschiedenis tot stand gekomen prosopografische onderzoekstraditie werd gewerkt aan een "collectieve biografie" van kleurstofontdekkers (59). De gegevens voor deze collectieve biografie maken deel uit van een uitvoeriger bestand aan biografische gegevens dat momenteel de data van ruim 700 kleurstofchemici bevat.

Hoewel wij het niet als onze primaire taak zagen de bestaande, niet al te beste, economische geschiedschrijving van de kleurstofindustrie te verbeteren, was het toch gewenst allerhande gegevens van economische aard systematisch te verzamelen. Immers, de onderscheide economische ontwikkeling van de Franse, Duitse en Britse kleurstofindustrie speelt als "afhankelijke variabele" ook in allerlei debatten op het terrein van o.a. de beroepsontwikkeling, de wetenschapontwikkeling en het effect van het octrooistelsel een rol. Hierdoor is er een overzicht van kleurstoffen- en intermediairenproducenten opgebouwd (voor de periode 1850-1914), dat gegevens bevat over meer dan 200 bedrijven, terwijl er daarnaast allerlei kwantitatieve gegevens verzameld werden: handelsstatistieken, omzetcijfers, arbeidersaantallen etc. Een gedeelte van deze gegevens is gebruikt in de bijdrage van Homburg aan dit rapport.

3. Terwijl in het oorspronkelijke projectvoorstel de rol van octrooien (of patenten) nog slechts zijdeling werd aangestipt, kwam de bestudering van octrooibeschrijvingen en van het functioneren van het octrooistelsel in de loop van ons onderzoek steeds meer in het centrum te staan. Wij zijn van mening dat de *octrooiliteratuur* (in de ruimste zin) in de geschiedschrijving van de kleurstofindustrie tot nog toe veel te weinig aandacht gekregen heeft. Vooral voor wetenschapshistorici is het een praktisch onontgonnen gebied, hoewel zij die geïnteresseerd zijn in de relatie tussen wetenschappelijke en industriële ontwikkeling dit terrein eigenlijk niet links zouden mogen laten liggen. Wel is het zo dat dit gebied slechts met vrucht interdisciplinair kan worden bewerkt: de economische, juridische, wetenschappelijke en technische aspecten zijn immers nauw verweven. De resultaten van ons werken met patenten liggen op een drietal terreinen.

In de eerste plaats zijn - door Hornix - de *patentteksten* gebruikt als bron van informatie met betrekking tot de wetenschappelijk/technische ontwikkeling. De localisatie van de patenten binnen de "stoffennetwerken" maakt het mogelijk hun strategisch belang te evalueren en leidt tot een beter begrip van de economische ontwikkeling van de onderscheide bedrij-

ven en tot een inzicht in de industriële research. De artikelen die Hornix voorbereidt over de azokleurstoffen en over de triphenylmethaan-kleurstoffen zullen de resultaten van deze studie bevatten.

Van den Belt bestudeerde de werking van het octrooistelsel, het *sociaal-juridische systeem* dat beslist over verlening (of afwijzing) van octrooien en de onderlinge afgrenzing van de rechten van octrooihouders ten opzichte van elkaar en ten opzichte van het "algemene publiek" regelt. Dat is een verre van eenvoudige taak en het is voor een beter begrip van de ontwikkeling van wetenschap en techniek zeer instructief om te onderzoeken, hoe deze moeilijke taak in concreto wordt vervuld. Dat betekent dat het interne functioneren van het octrooistelsel *niet* meer wordt beschouwd *als een "black box"*, zoals in de meeste economische benaderingen van de technische ontwikkeling geschiedt. Deze benaderingen gaan er ten onrechte vanuit dat het object van octrooibescherming als zodanig onproblematisch zou zijn en zien in octrooien alleen eigendomsrechten over informatie, die de exploitatie daarvan door derden verhinderen. Door de "black box" te openen, krijgt men zicht op de interessante sociale processen die zich bij het afbakenen van de rechten van octrooiaanvragers en octrooihouders afspelen (bv. over de vraag of een voorliggende "uitvinding" überhaupt octrooieerbaar is). In deze sociale processen krijgen wetenschappers soms een belangrijke arbiterrol toebedeeld, zoals de analyse van de Franse anilineroodprocessen illustreert (Hofmann!) (33, 35, 39 41). Daarin was ook de principiële kwestie van de demarcatie tussen "wetenschap" en "techniek" (of "industrie") in het geding (44)¹.

Ten derde kan op de *economische rol* van het bestaan of ontbreken van een octrooistelsel gewezen worden. In de literatuur over de kleurstofindustrie (Haber, Beer) heeft men deze factor bepaald niet over het hoofd gezien. Daarvoor is, binnen het patroon van internationale rivaliteit, het volgende gegeven van een te groot belang: vóór 1877 waren Frankrijk en Engeland wel in het bezit van een effectieve octrooiwet en Duitsland niet, terwijl ná 1877 ook Duitsland een octrooiwet had. Terwijl echter bij auteurs als Beer en Haber de rol die deze factor speelt op een deterministische wijze wordt uitgewerkt [octrooistelsel → monopolies → inefficiënt handelen], geven wij het al dan niet voorhanden zijn van effectieve octrooibescherming een plaats binnen een *evolutionistisch* interpretatiekader (zie ook verderop, onder 7).

In deze visie vormt het Duitsland van vóór 1877, als de *facto* octrooi-vrije zone, een land voor mogelijkheden tot "variatie" met als gevolg tevens de mogelijkheid van het "komen bovendrijven" van die bedrijven die de

goedkoopste technische oplossingen voor de productieproblemen gevonden hadden. Door de geschiedenis van het fuchsine, het belangrijkste product en intermediair van de kleurstofindustrie in de jaren '60, en het alizarine, de belangrijkste kleurstof van de 70er jaren, wordt het voorgaande treffend geïllustreerd².

4. Het historisch onderzoek bracht ons ook in allerlei nieuwe gebieden:

"donkere hoeken" van de geschiedenis, die naderhand - bewust of onbewust - uit de geschiedschrijving van het onderwerp zijn verdwenen en die in het projectvoorstel dan ook niet voorzien werden, maar van waaruit bij nadere beschouwing een belangrijke invloed op het historisch proces is uitgegaan.

In de eerste plaats moet hier genoemd worden de rol die door de *milieu-problematiek* en door de *arbeidsomstandigheden* is gespeeld. Zowel bepaalde technische ontwikkelingen als het slagen of falen van bepaalde bedrijven kunnen vanuit deze factoren "verklaard" worden. De eerste studies op dit terrein zijn weliswaar verschenen (De Graaff, Hämmerle) en ook door ons is er al enige uitwerking aan gegeven (34, 62), maar de thematiek is nog niet systematisch in de geschiedschrijving van de kleurstofindustrie ingebracht. Dit laatste geldt ook voor de marktkant van de kleurstofindustrie.

De textielververij en -drukkerij zijn veel te weinig onderzocht dan voor een goed begrip van de economische én technische ontwikkeling van de kleurstofindustrie nodig is. In de jaren, waarin de synthetische kleurstoffen voor het eerst op de markt verschenen, bleken de ververijchemici en de *coloristen* een belangrijke rol te spelen (56).

5. Verborgen in het oorspronkelijke projectvoorstel zat ook een vooronderstelling die men als het "zondevaalmotief" zou kunnen aanduiden: de *zuivere wetenschap verleid* door techniek en industrie; dát is de essentie van de industrialisering van de wetenschap.

In andere termen speelt deze gedachte ook in de standaardvisie van de Tweede Industriële Revolutie een rol. Volgens deze visie zouden wetenschap en techniek lange tijd gescheiden wegen gegaan zijn en elkaar vervolgens, vanaf het midden van de 19e eeuw, hebben "gevonden". Historisch onderzoek van deze kwestie is echter complex. Hoewel men onderscheid kan maken tussen de niveau's van [1] onderzoek in wetenschappelijke en technische contexten, van [2] onderzoek dat wetenschappelijk en technisch van karakter is en van [3] de ideologische categorieën van Wetenschap en Techniek (als

bronnen van *legitimaties*), lopen deze niveaus in de historische bronnen steeds door elkaar heen. Een vermenging die voor de dynamiek van de plaatsvindende sociale processen essentieel is.

Een paar zaken kunnen inmiddels wel geconcludeerd worden: in de eerste plaats dat het academisch-chemisch onderzoek ook vóór de opkomst van de kleurstofindustrie bij voortduring in aanraking was met allerlei vragen van praktische aard. De chemie van de eerste helft van de 19e eeuw voldoet bepaald niet aan het beeld van "de zuivere wetenschap". Het lijkt er eerder op dat Zuivere Wetenschap als ideologische categorie pas na 1850 in opkomst is. Een ontwikkeling die zich zodoende parallel aan, en gedeeltelijk misschien in reactie op, de groei van de kleurstofindustrie voltrekt. Van een "zondeva" lijkt in ieder geval geen sprake te zijn.

Ten tweede dat ook vóór de opkomst van de kleurstofindustrie het "wetenschappelijk element" in de vorm van academisch opgeleide chemici en ander gekwalificeerd personeel als de coloristen, in de chemische industrie zeker niet ontbrak. Ook hier lijkt er zich een veel continuer proces afgespeeld te hebben dan een Revolutie, waarin de "empirie" plotseling verlicht werd door de "wetenschap". Deze laatste bewering is de meest gangbare. Alle aandacht wordt daarin gericht op de persoon van Hofmann, die dan "de vader" van de kleurstofindustrie wordt genoemd. In ons onderzoek hebben we echter aangetoond dat noch Hofmann, noch zijn leerling Perkin als het beginpunt van de "verwetenschappelijking" van de industrie genomen moet worden, maar dat zij beiden in een levende traditie stappen, waarin door de zogenaamde coloristen een belangrijke rol wordt gespeeld (56).

Ten derde dat men niet voorzichtig genoeg kan zijn met het gebruik van de begrippen "wetenschap" en "techniek", zeker ook bij de interpretatie van uitspraken van tijdgenoten (van de opkomst van de kleurstofindustrie). Dit inzicht is weliswaar niet louter uit het historisch handwerk voortgekomen, maar is wel door de bestudering van de verslagen van patentprocessen aanzienlijk aangescherpt (33, 35). Van den Belt heeft een apart artikel over deze thematiek in voorbereiding (44).

6. Een vooronderstelling, waar we evenals de meeste historici in het begin van het project vrij sterk van uitgingen, was die van het belang van het gedrukte of geschreven woord. Aan de bestudering van wetenschappelijke publicaties, octrooitexten, leerboeken e.d. werd door ons een grote betekenis toegekend in de *reconstructie van de wetenschappelijke, technische en industriële ontwikkeling*. Uiteraard is het gedrukte woord als *informatiebron* voor de historicus van onschatbare betekenis. Men moet er echter *niet*

vanuit gaan dat deze bronnen *daardoor* ook wel een grote rol als *agens* in het historische proces gespeeld zullen hebben. Bij veel historici bestaat bijvoorbeeld de neiging de rol van publicaties, patenten, boeken e.d. in het proces van de diffusie van kennis te overschatten.

Hoewel de betekenis van het geschreven of gedrukte woord in het historisch proces aan de andere kant ook weer niet onderschat moet worden (Hornix laat in zijn bijdrage zien wat je daar allemaal mee kunt doen), is het ons gaandeweg steeds duidelijker geworden, welke belangrijke invloed de niet-eenvoudig-omschrijfbaar kennis, de "tacit knowledge", in het geheel heeft.

Reeds bij de bestudering van de diffusie van de innovaties uit de beginjaren van de kleurstofindustrie (murexide, mauve, fuchsine), werd duidelijk dat gepubliceerde informatie (bv. in technische tijdschriften) in dit proces nauwelijks een rol heeft gespeeld (56). Ook uit de bestudering van een latere periode kwam het belang naar voren van persoonlijke contacten, het aantrekken van productie-chemici die over zeer persoonsgebonden vaardigheden en kennis beschikten, etc. (zie bijdrage Homburg aan dit eindrapport). In het algemeen kan men wellicht stellen dat, hoe dichter men zijn bronnen bij het "historisch gebeuren" kiest (bedrijfsarchieven e.d.), hoe duidelijker de rol die door de "tacit knowledge" wordt gespeeld, zich laat aanwijzen.

7. Het is verleidelijk het historisch gebeuren te willen reconstrueren, uitgaande van het idee van een *gepland* en bewust optreden van de (belangrijkste) actoren. Aan de research-output van een universitair laboratorium wordt dan verondersteld een research-programma ten grondslag te liggen, aan industriële ontwikkelingen een duidelijk beleid door de directie. In de beginfase van het project gingen wij - zoals blijkt uit verschillende stukken (10, 11, 51, 53) - van dit gezichtspunt uit. Vragen als: Waarom "besloot" de Duitse kleurstofindustrie te investeren in research? en Hoe ziet het onderzoeksprogramma van een bepaald bedrijf eruit? waren aan de orde. Hoewel, uiteraard, een gepland handelen ook regelmatig in het geding is, bergt een visie die dit handelen centraal stelt het gevaar in zich het historisch gebeuren retrospectief te vertekenen. Te weinig oog is er dan voor de *leerprocessen* van de actoren die een (latere) planning pas mogelijk maken. In tegenstelling tot de gebruikelijke visie, waarin bijvoorbeeld het "investeren in research" als economische gedragslijn voor evident rationeel gehouden wordt, maakt onze meer *evolutionaire beschouwingswijze* het mogelijk, gepaard aan het niet

bij voorbaat accepteren van zulke "evidenties", dóór te vragen en de processen die geleid hebben tot het "investeren in research" beter te traceren. Ook Meyer-Thurrow werkte meer langs deze lijnen en liet zien dat bij de firma BAYER de researchorganisatie via de nodige experimenten en improvisaties op een betrekkelijk "ongeplande" wijze tot stand kwam.

Deze visie hoeft er niet toe te leiden dat concepten als "researchprogramma" (Lakatos) en "technologisch traject" (Nelson en Winter) niet meer gebruikt kunnen worden. Wel leidt het ertoe dat de aandacht tevens gericht wordt op de wordingsfase van deze "programma's" en "trajecten", en op de interessante processen volgens welke deze "sedimenteren".

8. In het voorgaande is de aandacht vooral gericht geweest op de "verworvenheden" die voortvloeiden uit het door ons verrichte historische onderzoek. Aangegeven is dat door het geschiedkundige werk de bestudering van de "modellen" naar de achtergrond werd verdrongen. Men zou zelfs kunnen stellen dat de aanwezigheid in de oorspronkelijke projectformulering van deze, uit verschillende disciplines afkomstige, ontwikkelingsmodellen zich in de beginfase van het project als een ballast heeft voorgedaan. Toch zou men zo belangrijke "verworvenheden" van het project over het hoofd zien.

Juist doordat dit onderzoekproject multidisciplinair van opzet was, ontstond de unieke situatie dat verschillende theoretische tradities, die van de wetenschapsdynamica (w-filosofie en w-sociologie) en de economie, in één onderzoek bij elkaar gebracht werden. Het resulterende spanningsveld bleek een creatief spanningsveld te zijn. Los van het historisch onderzoek bleef de "modellen-discussie" gedurende de gehele tijd in het project een rol spelen. Ideeën uit de wetenschapsfilosofie bleken op verrassende wijze met economische benaderingen (in de lijn van Schumpeter) te combineren te zijn (27, 28, 29, 38, 43, 60). Op het gebied van de technische ontwikkeling resulteerde dit in een studie van het werk van Nelson, Winter en Dosi (29, 40, 45, 53, 58, 64). Voor een unificerende visie op wetenschappelijke en technische ontwikkelingen gaan onze gedachten uit naar het gebruik van de concepten *variatie en selectie* en *heuristische zoekprocessen* als sleutelbegrippen.

Daarnaast leidde ons gezamenlijke werk in de wetenschapsfilosofische werkgroep tot een kritiek op het werk van de Starnberg-groep. Het hoeft geen verwondering te wekken dat de publicaties van deze groep, waarin het voorbeeld van de kleurstofindustrie een paar maal wordt genoemd, door de daarin uitgewerkte analyse van de zogenaamde "gefinaliseerde" wetenschap aanvankelijk bij ons de nodige verwachtingen opriepen. Immers, bij vluch-

tige beschouwing heeft de opvatting, dat de kleurstofchemie een op de grondslagen van de organische chemie (Kekulé e.d.) voortbouwend "specialistisch" wetenschapsgebied is (dus gefinaliseerde wetenschap in de zin van de Starnbergers), een grote mate van plausibiliteit. Nadere analyse laat echter zien dat de zojuist geschetste opvatting onhoudbaar is. In alle fasen van haar ontwikkeling bouwt de kleurstofchemie voort op, en is zij verweven met, (gedeelten van) de chemie en in het bijzonder de organische chemie. Een punt waarop deze kleurstofchemie zou starten als uitwerking van een "rijpe" theorie (met name de structuur-/benzeentheorie van Kekulé) is niet aan te wijzen. In termen van de Starnbergers: het onderscheid tussen gefinaliseerde en gefunctionaliseerde wetenschappelijke ontwikkelingen blijkt vloeiend te zijn³.

Toekomstige publicaties

Op het moment dat dit eindrapport verschijnt, zijn nog een aantal publicaties in voorbereiding, waarvan verwacht mag worden dat ze in de loop van 1984 het licht zullen zien. Het betreft hier gedeeltelijk het omwerken van interne stukken tot tijdschriftartikelen, maar ook publicaties die nieuw materiaal zullen bevatten.

Hornix heeft een drietal artikelen gepland. In de eerste plaats een omwerking van een tweetal interne notities (15, 16) tot een artikel over de ontdekking van de azokleurstoffen. Vervolgens een artikel over de geschiedenis van de trifenylmethaankleurstoffen. En tenslotte een bijdrage over de rol die constitutietheorieën in de ontwikkeling van de kleurstofchemie hebben gespeeld. De beide laatste artikelen bouwen gedeeltelijk voort op eerder geschreven notities (12, 14) en op Hornix' bijdrage aan dit eindrapport.

Homburg heeft een proefschrift in voorbereiding over "De ontwikkeling van de kleurstofchemie 1840-1890. Vraagpunten bij een paradigmatisch voorbeeld van de Tweede Industriële Revolutie". Vergeleken met een eerder geschreven opzet (59) zal de beroepsontwikkeling van de chemici hierin een sterkere nadruk krijgen. De promotie is in 1984 gepland. In een latere fase zullen hoofdstukken van het proefschrift tot artikelen worden omgewerkt.

Van den Belt is met de uitwerking van een tweetal artikelen reeds vrij ver gevorderd (39, 44). De afronding van het project en een vervolgonderzoek voor het DG Wetenschapsbeleid hebben de uitwerking tijdelijk gestagneerd. Het artikel "Patent legislation and the dye industry in Germany and France" is bedoeld voor het tijdschrift *Dyes and Pigments*. De studie "Intellectuele eigendom in wetenschap en techniek. Demarcatie als sociale constructie: het voorbeeld van de negentiende eeuwse organische chemie"

richt zich op een meer sociologisch publiek (bv. het [Amsterdams] Sociologisch Tijdschrift).

Gremmen werkt binnenkort een eerdere interne notitie (68) uit tot een publicatie over "De rol van de filosofie in de ontwikkeling van de organische chemie", welke verschijnen zal in een bundel over Grondslagen en Filosofie van de Chemie. Voor het blad Kennis en Methode is een, hiervoor reeds aangeduid, artikel gepland met als titel: "De kleurstofchemie als test-case voor het Starnberg-model".

Het door Gremmen gestarte promotieonderzoek (67) moet momenteel naast een andere dienstbetrekking uitgevoerd worden. Hierdoor én doordat de plannen pas uit 1982 dateren, is een afronding van dit onderzoek niet voor 1986 te verwachten.

NOTEN

1. De analyse van het latere Duitse octrooistelsel toont daarnaast hoe in de octrooirechtelijke jurisprudentie *technologie-specifieke* interpretaties ontwikkeld moeten worden: hier gaf de octrooiëring voor nieuwe bereidingswijzen voor azokleurstoffen telkens aanleiding tot problemen, totdat er in 1889 door een beslissing van de hoogste rechterlijke instantie een principiële knoop werd doorgehakt (waarmee de problematische eis van inventiviteit een veel lager gewicht kreeg). In veel opzichten is het octrooierecht een kind van zijn tijd. Tijdens de hoogtijdagen van het economisch liberalisme - het korte vrijhandels-intermezzo in de Europese geschiedenis (1860-1873) - stonden octrooien als verwerpelijke monopolies in een kwade reuk. Voorstanders van octrooibescherming als ingenieurs en chemici moesten toen tegen de stroom in roeien. In de jaren van economische malaise na de zogenoemde "Gründer-krise" van 1873 sloeg het klimaat echter helemaal om. Dit was een gunstige tijd voor de voorstanders van octrooibescherming, een tijd waarin ook de belangrijke Rijkspatentwet van 1877 in Duitsland tot stand kon komen. Ook in de campagne voor deze wet zijn chemici als Hofmann actief geweest, hoewel een belangrijk deel van de Duitse kleurstofindustrie toen tegen de octrooibescherming van chemische uitvindingen was. De beroemde bepaling uit de Rijkspatentwet over het uitsluiten van stofbescherming voor uitvindingen op chemisch gebied is waarschijnlijk te interpreteren als een compromis voor het conflict tussen vóór- en tegenstanders van octrooibescherming in chemische kring. Deze bepaling is dan ook minder als de uitkomst van rationele overwegingen te beschouwen, zoals sommige auteurs suggereren, en nog minder als bewijs voor een zeer "vooruitziende blik" - de uitsluiting van stofbescherming bleek door het sterke accent op de octrooiëring van nieuwe kleurstoffen in de volgende decennia nauwelijks relevant en daarnaast bleek het op het gebied van de azokleurstoffen mogelijk om door serie-octrooien veel grotere terreinen bezet te houden dan door stofoctrooien mogelijk was geweest, terwijl men van deze laatste de grote monopoliserende werking juist zo had gevreesd (37, 39, 41; bijdrage Van den Belt aan dit rapport).

2. Het fuchsine stond in Frankrijk van 1859 tot 1874, en in Engeland van 1859 tot 1865 onder octrooibescherming, waardoor er in deze landen slechts ruimte was voor één (La Fuchsine, later Poirrier), respectievelijk een paar (in het Engeland van na 1865) fuchsineproducenten. Geen van deze bedrijven kon zich echter meten met de Duitse bedrijven (BASF, Hoechst, BAYER etc.) die op een succesvolle wijze het Duitse "selectieproces" hadden overleefd. Van de ongeveer 20 bedrijven die in Duitsland in de vroege 60er jaren de productie van het belangrijke fuchsine op zich namen, had in 1870 de helft de productie alweer gestaakt. De overblijvende Duitse bedrijven hadden echter inmiddels op de wereldmarkt een groot marktaandeel weten te veroveren (vgl. ook Homburg's artikel in dit eindrapport). Het overwicht dat de Duitse kleurstofindustrie in 1870 reeds had, werd in het daaropvolgende decennium verder uitgebouwd, vooral door het aandeel dat de Duitse bedrijven hadden in de wereldproductie van het alizarine. Dit product werd zowel in Frankrijk als in Engeland van 1868 tot 1882 door octrooien beschermd. In beide landen werd het, dan ook, door slechts 1 bedrijf geproduceerd. In Duitsland ontstonden echter in korte tijd 12 alizarineproducenten. 6 Van deze bedrijven gingen weldra over de kop. In 1880 hadden de resterende Duitse bedrijven 80 à 90% van de alizarinemarkt in handen.
De Duitse Rijkspatentwet van 1877 vormt een belangrijke "waterscheiding" in de geschiedenis van de kleurstofindustrie. Het is geen tegenspraak om te beweren dat de Duitse kleurstofindustrie zowel profijt heeft getrokken van het de facto ontbreken van octrooibescherming vóór 1877 als van de effectieve octrooiwet na 1877: de Rijkspatentwet werd voor deze industrie op een zeer geschikt moment ingevoerd, doordat de randvoorwaarden zich inmiddels - juist als gevolg van de uitkomsten van het voorafgaande "vrije" variatie- en selectieproces - drastisch hadden gewijzigd. De oligopolistische concurrentie tussen de grote Duitse bedrijven kon nu op beslissende wijze door de Duitse octrooiwet worden gemoduleerd. De opkomst van de geïnstitutionaliseerde research binnen deze bedrijven is van deze nieuwe situatie niet los te zien. Na enkele jaren ervaring met de Rijkspatenwet wilden ook de bedrijven, die zich eerst tegen octrooibescherming hadden gekeerd, niet meer terug naar de oude situatie. Het was overigens niet zo, dat het bestaan van de wet op zich reeds een kant-en-klaar kader schiep dat voor de ondernemer een "calculeerbaar handelen" mogelijk maakte; veel onduidelijkheden in de wet en onvoorziene problemen moesten in de jaren na 1877 nog worden "opgelost". Maar de Duitse kleurstofproducenten lieten niet na om te trachten het octrooirecht (wet en jurisprudentie/uitvoering) in de door hen gewenste richting te beïnvloeden (37, 41).
3. We moeten constateren dat de organisch-chemische kennis "gelaagd" is. Een rijpheid van dé (organische) chemie is dan nergens vast te stellen: steeds zijn bepaalde onderdelen "rijp" en andere niet. Zo "bouwt" de vroege kleurstofchemie "voort" op de analytische chemie die scheiding en zuiverheid van de stoffen mogelijk maakt en de "individualiteit" van de kleurstoffen garandeert (zie bijdrage Gremmen aan dit rapport). De typentheorie maakt vervolgens interpretaties van deze individuen en bepaalde voorspellingen mogelijk. Een krachtiger heuristiek wordt vervolgens geleverd door de benzeentheorie. Toch moet ook deze theorie de theoretische "rijpheid" ontzegd worden. Een adequate classificatie van de aromatische verbindingen kon door deze theorie geleverd worden, maar de formulering van de benzeenstructuur zelf bleef tot na 1925 (opkomst quantummechanica) onbevredigend. Een rijpheids criterium voor de disci-

pline als geheel blijkt zodoende te ontbreken, een kritiek die in algemene zin ook door vele anderen reeds op het werk van de Starnberg-groep geleverd is.

De misvatting dat de kleurstofchemie aan het model van de Starnberg-groep zou voldoen, wordt grotendeels veroorzaakt door de traditionele geschiedschrijving op dit terrein. In deze geschiedschrijving wordt aan de formulering van de benzeentheorie door Kekulé, in 1865, een doorslaggevende rol toegekend. Eigenlijk wordt vaak de gehele opkomst van de Duitse kleurstofindustrie en -chemie met deze gebeurtenis in verband gebracht en wordt er verondersteld dat die ontwikkeling het *onmiddellijke* gevolg is van de formulering van deze theorie. Hornix laat echter in zijn bijdrage aan dit eindrapport iets heel anders zien.

Ten eerste dat Baeyer één van de weinige chemici is die de structuur-/benzeentheorie met vrucht op het terrein van de kleurstofchemie weten toe te passen, zodat van een "finalisering" over de gehele linie geen sprake is.

Ten tweede dat - bij nader inzien - blijkt dat de kleurstofchemische ontwikkelingen tot in de jaren '80 geformuleerd kunnen worden zonder een beroep te doen op de structuurtheorie. Deze laatste theorie lijkt, in tegenstelling tot wat doorgaans beweerd wordt, geen noodzakelijke voorwaarde voor de organisatie van de research.

De paradox doet zich voor dat de kleurstofchemische ontwikkelingen van de jaren '70 in de termen van de Starnbergers als "functionalisering" zouden moeten worden gekarakteriseerd, terwijl ze te zelfder tijd door de organisch-chemici in die tijd als het neusje van de zalm op hun vakgebied zouden worden getypeerd. Er is in de organische chemie volstrekt geen scheiding te maken tussen de uitbouw van het paradigma en de (kleurstofchemische) toepassing - noch cognitief, noch sociaal. De theoretische moeilijkheden die er nog zijn rond de structuur van benzeen zorgen niet voor dié zuigkracht die het Starnbergmodel in de "paradigmatische fase" voorspelt. Enkel werken hieraan en anderen niet. Een sociale scheidslijn tussen deze chemici is echter niet te trekken. Zo blijkt het 3-fasen-model van de Starnberg-groep wat betreft de organische chemie ook voor sociale aspecten inadequaat.

Een uitwerking van deze kritiek zal in de nabije toekomst ondernomen worden door Gremmen.

HET OCTROOISTELSEL EN DE KLEURSTOFINDUSTRIE
Ontwikkelingen in Frankrijk en Duitsland 1860-1890

Henk van den Belt

1. ENKELE ALGEMENE BESCHOUWINGEN OVER HET OCTROOIRECHT

De bevordering van de technische ontwikkeling wordt gewoonlijk als de belangrijkste functie van het octrooirecht beschouwd. Degene die zich kosten en inspanningen getroost om technische verbeteringen tot stand te brengen, dient ervan verzekerd te zijn dat hij althans een groot deel van de economische opbrengsten van gerealiseerde verbeteringen zal kunnen incasseren, of - in economische termen uitgedrukt - deze opbrengsten moeten "geinternaliseerd" kunnen worden. Het octrooirecht is bij uitstek bedoeld om deze internalisering mogelijk te maken. Kennis of informatie met betrekking tot technische processen, het directe resultaat van research-inspanningen, heeft als immaterieel goed namelijk de eigenaardigheid dat het niet - zoals materiële goederen - "van nature" bezit is van één persoon: dezelfde kennis of informatie kan tegelijkertijd door meerdere personen worden bezeten. Pas door een juridische interventie kan er "kunstmatig" zoiets als een exclusief bezit op dit terrein worden gecreëerd: door het stellen van sancties op het ongeoorloofd gebruik van informatie ("patent-inbreuk") worden uitsluitende exploitatierechten gegarandeerd. Deze stellen de uitvinder in staat om daadwerkelijk de vruchten van zijn intellectuele arbeid te plukken. Een mogelijk alternatief voor octrooibescherming is wellicht een politiek van strikte geheimhouding, doch deze is niet altijd door te voeren en dikwijls riskant en omslachtig. Zoveel is zeker, dat een bepaalde mate van internalisering van de resultaten gewaarborgd moet zijn, wil men bereid zijn aan het verkrijgen van technische verbeteringen de nodige kosten te spenderen. Indien de bereikte resultaten onmiddellijk door derden vrijelijk zouden kunnen worden geëxploiteerd, zou het motief voor deze technische inspanningen wegvallen.

Bovengenoemde vrij banale overwegingen vindt men - aangekleed met enig jargon - terug in de zogenoemde *property-rights-theorie*, welke recentelijk ook in de economische geschiedenis opgeld doet. In deze theorie wordt echter niet alleen de functie van het octrooirecht in bovenstaande termen omschreven, maar ook het ontstaan van deze institutie als de uitkomst van een simpele calculatie van maatschappelijke kosten en baten verklaard. Om Hugo Demsetz, één van de grondleggers van de *property-rights-theorie*, aan

te halen: "Property rights develop to internalize externalities when the gains of internalization become larger than the cost of internalization."¹ De economisch-historici North en Thomas passen dit beginsel toe om de ontwikkeling van het octrooirecht te verklaren:

"Innovation will be encouraged by modifying the institutional environment, so that the private rate of return approaches the social rate of return. Prizes and awards provide incentives for specific inventions, but do not provide a legal basis for ownership of intellectual property. The development of patent laws provides such protection."²

De Onzichtbare Hand heeft met andere woorden een steuntje in de rug nodig. Onder een regime, waarin uitvindingen niet beschermd worden, vinden minder innovaties plaats dan uit het oogpunt van welvaart gewenst is, doordat bij gebrek aan particuliere stimulansen de potentiële sociale opbrengsten niet worden gerealiseerd. De invoering van een nieuwe categorie "eigendomsrechten" op basis van octrooiwetgeving kan de verstoorde harmonie tussen algemeen belang en particulier belang herstellen.

Voor een historische studie naar het ontstaan en de werking van het octrooirecht lijkt de property-rights-theorie intussen niet het meest geschikte uitgangspunt. In plaats van de invoering van octrooiwetgeving te beschouwen als de uitkomst van een denkbeeldige kosten- en batenanalyse, is het beter de ontwikkeling van de krachtsverhoudingen tussen voor- en tegenstanders van octrooibescherming te traceren. Voor de verklaring van de totstandkoming van de Duitse Rijkspatentwet van 1877 hebben wij in §4 deze weg gekozen.

Het gebruik van de aanduiding "intellectuele eigendom" mag voorts niet aanleiding geven tot de misvatting dat het bij de in octrooien vastgelegde rechten gaat om "eigendomsrechten" als alle andere. In feite was gedurende de hele 19e eeuw de benaming "geestelijke" of "intellectuele eigendom" ter aanduiding van het octrooirecht en het auteursrecht in juridische kring zeer omstreden. De juristen van de 19e eeuw hadden in het algemeen zeer ernstige bedenkingen tegen het begrip "intellectuele eigendom", omdat zij deze notie niet konden onderbrengen in hun romanistische systeem. Zo wees bijvoorbeeld - als één uit velen - de Nederlandse jurist (en veelvuldig minister) J. Heemskerk op het "oneigenlijke der benaming *propriété intellectuelle*":

"Wat toch is eigendom? Eigendom is het regt om van een zaak het vrije genot te hebben en daarover op de volstreckte wijze te beschikken. (...) Eigendom zonder de mogelijkheid van uitsluitend bezit is ondenkbaar; en het feitelijke bezit, waarvan de eigendom uitgaat, laat zich slechts als een regt op lichamelijke voorwerpen denken..."³

Dergelijke bedenkingen waren voor veel juristen zelfs aanleiding om zich tegen octrooi- en auteurswetten te verzetten. Om aan deze bezwaren tegemoet te komen, ontwikkelde de Duitse jurist Joseph Kohler later in de eeuw zijn beroemde "Immaterialgüterrechtstheorie", waarin - onder vermijding van het eigendomsbegrip! - toch een juridische fundering werd gegeven aan het octrooi- en auteursrecht. Het kind hoefde niet met het badwater weggespoeld te worden. In onze eeuw bestaat er veel minder weerstand tegen het begrip "intellectuele eigendom", waarschijnlijk als gevolg van een minder "absolutistische" en "essentialistische" opvatting van het eigendomsbegrip in het algemeen, zodat de benaming "intellectuele eigendom" als verzamelnaam voor een serie rechten weer zonder bezwaar wordt gebezigd.

Indien men in het geval van octrooien toch van "eigendomsrechten" wil spreken, dan mogen de 19e-eeuwse bedenkingen op zijn minst als een waarschuwing gelden, dat men met een zeer speciale categorie van doen heeft. In het bijzonder kan men dan weerstand bieden aan de verleiding, waarvoor vooral het economisch denken al gauw bezwijkt, om eigendomsrechten op te vatten als rechten, welke zonder problemen scherp afgebakend en volkomen en kosteloos afgedwongen kunnen worden. De Amerikaanse economen Nelson en Winter hebben deze tendens van de economische wetenschap in de behandeling van eigendomsrechten in het algemeen gekritiseerd:

"In almost all formal economic theory, property rights and contractual obligations are assumed to be costlessly delineated in unambiguous terms and enforcement of the civil and criminal law is perfect and costless. By virtue of the combined force of these assumptions of clarity, perfection, and costlessness, the problem of providing the basic institutional underpinnings of a system of voluntary exchange is assumed away. It is then not too surprising that voluntary exchange can be shown to be a largely effective solution to such social problems as are left."⁴

Als de gewraakte veronderstellingen al niet op zijn plaats zijn bij de behandeling van "gewone" eigendomsrechten, hoezeer geldt dat dan niet voor de door octrooien vastgelegde rechten!

Op dit terrein stelt de ondubbelzinnige afbakening van de rechten van octrooihouders onderling en ten opzichte van het algemene publiek het octrooiestelsel voor zeer grote problemen. Hoe - via welke institutionele machinerie en welke sociale processen - deze problemen worden "opgelost", zal worden gedemonstreerd aan de hand van enkele voor de kleurstofindustrie relevante voorbeelden van octrooirechtelijke jurisprudentie in Frankrijk en Duitsland. Vóór we deze voorbeelden behandelen, zullen wij echter eerst nog de in de geschiedschrijving over de kleurstofindustrie gangbare opvattingen over de invloed van de octrooiwetgeving uiteenzetten

- uiteraard om ons vervolgens met kracht tegen deze opvattingen af te kunnen zetten.

2. DE OPVATTINGEN VAN HABER EN BEER OVER DE INVLOED VAN DE OCTROOIWETGEVING OP DE ONTWIKKELING VAN DE KLEURSTOFINDUSTRIE

Een bedrijfstak als de kleurstofindustrie die van meet af aan bekend stond als een "science-based industry" zal niet onverschillig hebben gestaan tegenover de regelingen die ten aanzien van de wettelijke bescherming van uitvindingen golden. In dit opzicht was de situatie in de diverse Europese landen in de tweede helft van de 19e eeuw nogal verschillend. De twee vooraanstaande auteurs over de geschiedenis van de kleurstofindustrie, Haber en Beer, kennen aan deze variaties in de nationale octrooiwetgevingen een zeer belangrijke invloed toe bij het verklaren van de uiteenlopende ontwikkeling van de kleurstofindustrie in de verschillende landen. Haber schrijft zelfs:

"The influence of patent laws on the development of the organic chemical industry was great and lasting. Perhaps no single factor determined to the same extent the decline of dyestuffs manufacture in England and France and conversely its growth in Germany and Switzerland."⁵

We zullen hier de visie van Haber en Beer op de rol van de octrooiwetgeving in de ontwikkeling van de kleurstofindustrie kort weergeven.

De wieg van de kleurstofindustrie stond in Engeland en Frankrijk. Enige tijd later deed deze bedrijfstak ook in Duitsland en Zwitserland zijn intrede: het ontbreken van een effectieve octrooiwetgeving maakte de opkomst van deze "imitatie-industrie" aldaar mogelijk. In Zwitserland was er vóór 1888 helemaal geen octrooiwet (de in dat jaar ingevoerde octrooiwet sloot bovendien uitvindingen op chemisch gebied nog van bescherming uit!), terwijl de octrooirechtelijke situatie in Duitsland voor de invoering van de Rijkspatentwet in 1877 *de facto* gelijk te stellen was met het ontbreken van octrooibescherming. De Duitse en Zwitserse kleurstofbedrijven konden zo de in Engeland en Frankrijk gedane en geoctrooieerde kleurstofuitvindingen straffeloos kopiëren, uiteraard ten nadele van de Engelse en Franse kleurstofindustrie.

In Frankrijk werd de ontwikkeling van de kleurstofindustrie bovendien nog negatief beïnvloed door een bepaald defect in de Franse octrooiwet van 1844: deze wet liet namelijk op chemisch gebied ook stofoctrooiëring toe. Gezien het feit dat chemische stoffen gewoonlijk langs verschillende routes bereid kunnen worden, betekent het verlenen van een stofoctrooi

aan een uitvinder die één route heeft gevonden, dat het zoeken naar andere en misschien wel efficiëntere routes niet langer lonend is. Kortom, stofoctrooiëring remt de inventieve activiteit.

De nadelige gevolgen van stofoctrooiëring worden, volgens Beer en Haber, dramatisch geïllustreerd door het voorbeeld van de patentprocessen over anilinerood of fuchsine. De uitkomst van deze processen bracht de houder van het eerste octrooi voor het bereiden van anilinerood - de firma Renard frères te Lyon - een wettelijk monopolie op de kleurstof zelf, waardoor andere fabrikanten die alternatieve procédés hadden ontwikkeld het veld moesten ruimen. De poging om het zo verkregen monopolie op grote schaal te exploiteren (aan het eind van 1863 werd daartoe met participatie van de bank Crédit Lyonnais de "Société La Fuchsine" opgericht), liep echter uit op een jammerlijk fiasco. Deze geschiedenis leerde dat concurrentie als prikkel voor de technische vooruitgang onontbeerlijk was en zich niet strafeloos liet uitschakelen. Inmiddels had de Franse octrooirechtelijke situatie ook geleid tot migratie van kleurstofbedrijven en kleurstofchemici naar Zwitserland, zodat de Zwitserse kleurstofindustrie ook in dit opzicht haar oorsprong ten dele aan het ontbreken van een octrooiwet te danken had. Dit ontbreken van octrooibescherming was echter niet alleen een *initiele* vestigingsvoorwaarde, maar ook een voorwaarde voor de *verdere* groei van deze bedrijfstak.

Het feit dat de kleurstofuitvindingen in Engeland en Frankrijk vrijelijk door Duitse en Zwitserse kleurstofbedrijven konden worden gekopieerd en vervolgens tot verbeterde productkwaliteiten konden worden ontwikkeld, betekende volgens Beer dat het zoeken naar nieuwe kleurstoffen in beide eerstgenoemde landen meer en meer ontmoedigd werd. Zo dreigde volgens hem de bron, waarop de Duitse en Zwitserse kleurstofindustrie parasiteerden, aan het eind van de jaren zestig en het begin van de jaren zeventig op te drogen. Gelukkig bleek nu de inmiddels, mede dankzij "piraterij", groot en sterk geworden Duitse kleurstofindustrie - aldus Beer - bereid en in staat om de leiding van de Engelsen en Fransen in de kleurstofchemie over te nemen. De invoering van de Duitse Rijkspatentwet in 1877 kwam zo gezien precies op het juiste ogenblik: de Duitse kleurstofindustrie was al geneigd zich meer op haar eigen inventieve inspanningen te verlaten. Zoals Haber het uitdrukt: "The German dyestuffs industry was growing and showing signs of remarkable inventiveness; it was opportune, therefore, to give it patent protection."⁶

Het lijkt er haast op, alsof de Duitse Rijkspatentwet speciaal ten behoeve van de Duitse kleurstofindustrie in het leven is geroepen! Voor de

Zwitserse kleurstofindustrie was de invoering van de Duitse Rijkspatentwet eveneens een gelukkige omstandigheid: zij kon haar bewust-parasitaire strategie voorlopig voortzetten, nu ten koste van en tot grote ergernis van de Duitse kleurstofindustrie.

Het octrooistelsel dat door de Rijkspatentwet van 1877 in Duitsland werd geïntroduceerd, was door zijn bijzondere kenmerken extra bevorderlijk voor de ontwikkeling van de Duitse kleurstofindustrie en voor de opkomst van de georganiseerde industriële research. In de eerste plaats werden de gevaren van stofoctrooiering vermeden, doordat de Rijkspatentwet een bepaling bevatte, volgens welke "stoffen die langs chemische weg bereid worden" uitdrukkelijk van octrooiering werden uitgesloten; alleen de "werkwijze" of het "procédé" ("ein bestimmtes Verfahren") voor de bereiding van dergelijke stoffen zou vatbaar zijn voor octrooi.

In de tweede plaats was de Duitse Rijkspatentwet ook in zijn uitvoering uniek: de wet voorzag namelijk in een grondig *vooronderzoek* door een speciale ambtelijke instantie, het "Kaiserliche Patentamt", waarbij octrooi-aanvragen getoetst werden op criteria als nieuwheid, technisch effect en inventiviteit. In Frankrijk en Engeland was een dergelijk systeem onbekend: daar vigeerde een zogenaamd *aanmeldingssysteem*, waarbij octrooi-aanvragen vrijwel automatisch - indien aan de nodige formaliteiten was voldaan - tot verlening van octrooien aanleiding gaven.

Het grote voordeel van het Duitse stelsel van vooronderzoek is volgens Beer dat de octrooien, die de toets van deze strenge kritiek hebben doorstaan, voor hun eigenaars een zeker bezit vormen: dát zijn octrooien waar je werkelijk wat aan hebt, waar je op kunt bouwen, waarmee je kunt gaan investeren!⁷

In het volgende zullen we de hierboven weergegeven visie van Haber en Beer op de rol van de octrooiwetgeving in de ontwikkeling van de kleurstofindustrie enigszins nuanceren en relativeren. In de eerste plaats zullen we de beweerde negatieve effecten van stofoctrooiering aan de hand van de "cause célèbre" van de Franse patentprocessen rond fuchsine nader onderzoeken. Vervolgens gaan we na welke krachten hebben bijgedragen aan de totstandkoming van de Duitse Rijkspatentwet en wat de betekenis van het daarmee geïntroduceerde octrooistelsel in de daaropvolgende periode voor de ontwikkeling van de Duitse kleurstofindustrie en de opkomst van de georganiseerde industriële research is geweest. Over het functioneren van het octrooistelsel in Engeland kunnen we niet meer dan een paar terloopse opmerkingen maken.

3. DE PATENTPROCESSEN ROND ANILINEROOD IN FRANKRIJK

Het is zeer twijfelachtig of het wettelijk gesanctioneerde monopolie op de bereiding van anilinerood dat de firma Renard frères et Franc in 1863 als uitkomst van langdurige patentprocessen wist te verkrijgen, wel opgevat mag worden als een directe consequentie van de door de Franse octrooiwet geboden mogelijkheid van stofoctrooiering voor chemische producten. Een nadere bestudering van deze patentprocessen leert, dat daarin zeer uiteenlopende gezichtspunten en argumenten naar voren kwamen. Van groot gewicht bleken ook de in de wet vervatte bepalingen omtrent octrooiering van "wijzigingen, verbeteringen of aanvullingen" ten opzichte van reeds geoctrooieerde uitvindingen.

Volgens artikel 18 van de octrooiwet was het alleen aan de houder van het oorspronkelijke octrooi voorbehouden om binnen een termijn van één jaar dergelijke "wijzigingen, verbeteringen of aanvullingen" ten opzichte van zijn reeds geoctrooieerde uitvinding te laten octrooieren; na deze termijn stond die mogelijkheid ook voor anderen open, doch volgens artikel 19 zouden zij bij de exploitatie van hun uitvindingen niet gebruik mogen maken van het oorspronkelijke octrooi zonder toestemming van de houder daarvan.

De Franse wet bood de houder van het oorspronkelijke octrooi de mogelijkheid om voor "verbeteringen etc." zogenoemde aanvullingsoctrooien ("certificats d'addition") aan te vragen - dat had het voordeel dat lagere cijzen ("taxes") hoefden te worden betaald. Voor degene die binnen de termijn van één jaar een "wijziging etc." ten opzichte van de door een ander gepatenteerde uitvinding had uitgevonden, bestond de mogelijkheid om de beschrijving hiervan verzegeld ("sous cachet") bij het Ministerie van Landbouw en Handel te laten deponeren: na afloop van de termijn zou dan het zegel verbroken worden: had de oorspronkelijke uitvinder dan inmiddels niet dezelfde verbetering aangebracht, dan zou de "wijziging etc." onder de termen van artikel 19 vallen.

De Franse octrooiwet sprak zich echter niet uit over de precieze aard van het verband ("rattachement") dat tussen de oorspronkelijke uitvinding en de "wijzigingen etc." diende te bestaan.

De patentprocessen rond anilinerood sleepten zich voort van januari 1860 tot 31 maart 1863, toen het *Cour impériale de Paris* in zijn arrest alle voorgaande vonnissen bekrachtigde en de gebroeders Renard volledig in hun rechten bevestigde. Intussen waren verschillende rechterlijke instanties gepasseerd en waren tweemaal wetenschappelijke expertises uitgebracht. Deze patentprocessen hielden destijds in Frankrijk zowel in industriële als wetenschappelijke kring de gemoederen bezig. We zullen hier niet ingaan op het gedetailleerde verloop van deze processen, maar alleen enkele kwesties aanstippen, die aan de orde waren.

Inzet van de processen was de vraag of de gebroeders Renard zich het alleenrecht mochten aanmeten voor het bereiden van (de) rode kleurstof(fen) uit aniline. Hoe was de situatie?

Op 8 april 1859 hadden de gebroeders Renard uit Lyon octrooi aangevraagd voor de bereiding van een rode kleurstof, "fuchsine" genaamd, door de inwerking van watervrije metaalchloriden (in het bijzonder tinchloride) op aniline (de uitvinding was in feite door hun chemicus Verguin gedaan); binnen de termijn van één jaar werden nog eens 5 aanvullingsoctrooien ("certificats d'addition") aangevraagd, waarin achtereenvolgens het gebruik van steeds meer reactiemiddelen gepatenteerd werd en waarin de Renards ook hun aanspraken steeds verder opschroefden.

Op 29 oktober 1859 vroeg Jean Gerber-Keller, chemisch fabrikant te Mulhouse, octrooi aan voor de bereiding van "azaléine", een rode kleurstof verkregen door inwerking van kwiknitraat op aniline (de Renards waren er vervolgens rap bij om ook het gebruik van kwiknitraat in één van hun "additions" te patenteren). Gerber-Keller vroeg daarna ook nog enkele aanvullingsoctrooien aan.

Op 19 januari 1860 werd door de gebroeders Depouilly, fabrikanten te Clichy bij Parijs, "sous cachet" (artikel 18!) octrooi aangevraagd voor de bereiding van "aniléine", te verkrijgen door inwerking van salpeterzuur op aniline.

De gebroeders Renard hebben verschillende juridische akties gevoerd tegen Gerber-Keller en de gebroeders Depouilly en hun licentiehouders, commissio-nairs en wederverkopers wegens "contrefaçon". De Renard's meenden dat de door Gerber-Keller en de gebroeders Depouilly geoctrooieerde procédé's onder het bereik van hun octrooi en de bijbehorende "additions" vielen en derhalve niet het recht gaven om de (?) rode kleurstof uit aniline onder wat voor naam dan ook te produceren en in de handel te brengen.

Dat was de eerste kwestie die in de anilineroodprocessen aan de orde werd gesteld: waren de verschillende kleurstoffen uit aniline (resp. "fuchsine", "azaléine" en "aniléine") identiek of niet? De eerste expertise moest hierover uitsluitel brengen: het rapport van de deskundigen concludeerde met een vaag voorbehoud over mogelijke "verontreinigingen" tot de identiteit van deze kleurstoffen. Deze conclusie - en de toegepaste bewijsvoering - werd echter van verschillende zijden heftig bestreden. Over dit vraagstuk bestond de grootst mogelijke onenigheid en verwarring, voordat Hofmann in 1862 de nodige opheldering bracht en aantoonde dat de verschillende soorten anilinerood *verschillende* zouten van een *zelfde* organische base, door

hem "rosaniline" genoemd, vertegenwoordigden. (Indien men de identiteit van de organische base het zwaarst liet wegen, dan kon men dus concluderen dat de verschillende kleurstoffen "in wezen" identiek waren.)

De tweede vraag was welk gewicht men moest toekennen aan de verschillen tussen de procédés van de betrokkenen. In de diverse vonnissen van de rechtbanken kan men vaak lezen dat de substitutie van andere reagentia voor de bestaande in een gegeven geoctrooieerd procédé nog niet betekent, dat men dan onder het bereik van het octrooi uit is. Een dergelijke overweging vormt nog geen bewijs dat de Franse rechtbanken in termen van stofbescherming in plaats van procesbescherming dachten. Ook in het Duitse octrooirecht - dat later onder uitdrukkelijke uitsluiting van stofbescherming ontwikkeld werd - hield een simpele substitutie op zich nog niet de schepping van een nieuw octrooieerbaar procédé in. De jurist Joseph Kohler zou daarvoor dit probleem zijn zogenaamde *equivalentieel* ontwikkelen: indien alleen "equivalenten" in een bestaand procédé werden gesubstitueerd, dan was er geen sprake van een zelfstandige uitvinding. De zaak lag anders als er voor deze substitutie bijzondere moeilijkheden moesten worden overwonnen of als er onverwachte effecten werden bereikt⁸.

In de Franse octrooirechtelijke praktijk werden dergelijke overwegingen niet bewust toegepast. De vraag was of er in het onderhavige geval sprake was van een simpele substitutie. In dat verband was de argumentatie van Emile Kopp (een chemicus die connecties had met de gebroeders Depouilly) zeer interessant⁹. Kopp argumenteerde namelijk dat de Renards in hun oorspronkelijke octrooi en in hun eerste "addition" alleen maar niet-zuurstofhoudende reagentia hadden vermeld. Het was Gerber-Keller die aantoonde, dat aniline ook onder invloed van oxidatiemiddelen - geheel tegen de verwachting in - een rode kleurstof kon voortbrengen. Daartoe moesten wel de reactieomstandigheden aangepast worden. Weliswaar hadden de Renards in hun tweede "addition" het gebruik van kwiknitraat aan hun hoofd octrooi "geannexeerd", maar zij hadden verzuimd de reactieomstandigheden dienovereenkomstig aan te passen. Bij de door de Renards vermelde reactieomstandigheden (verwarming van aniline met verschillende reagentia tot $\pm 200^{\circ}\text{C}$) levert het gebruik van kwiknitraat namelijk helemaal geen rode kleurstof op. Hieruit bleek, aldus Kopp, dat het procédé van Gerber-Keller beschouwd moest worden als een op zichzelf staand procédé en niet als een "wijziging etc." ten opzichte van het procédé van de Renards. In Kohler's terminologie: het gebruik van kwiknitraat kan niet gelden als een simpel "equivalent".

Een derde kwestie die na het eerste vonnis in de anilineroodprocessen een zeer grote rol ging spelen, betrof de draagwijdte van Hofmann's zogenaamde "wetenschappelijke anticipatie" van Verguin's ontdekking van het ani-

linerood. Het bleek namelijk - en dat veroorzaakte een niet geringe sensatie - dat Hofmann reeds in 1858 in een door hem verricht en gerapporteerd experiment, waarin hij aniline met koolstoftetrachloride behandelde, de vorming van een karmijnrode kleurstof had geconstateerd. Dat betekende dat het anilinerood vóór Verguin reeds door Hofmann was ontdekt.

De eerste expertise was volledig aan Hofmann's "anticipatie" voorbijgegaan. Vervolgens was het de taak voor een tweede expertise (door andere deskundigen) om na te gaan of het "procédé van Hofmann" (zoals diens beschrijving van zijn experiment door de tegenstanders van de Renards werd bestempeld) zich zou lenen voor toepassing op industriële schaal (zoals door diezelfde tegenstanders werd beweerd). De nieuwe deskundigen kwamen tot de conclusie dat het "procédé van Hofmann" gevaarlijk was in zijn uitvoering en geen regelmatige opbrengst van anilinerood garandeerde. Deze conclusie werd echter afdoende weerlegd, o.a. door het "comité de chimie" uit Mulhouse, dat door eigen proefnemingen aantoonde, dat Hofmann's "procédé" zich zeer wel leende voor industriële toepassing. De tegenstanders van de Renards concludeerden hieruit dat het door de Renards gepatenteerde procédé in feite een "modificatie" was van Hofmann's "procédé": de Renards hadden hun aanspraken veel te hoog opgeschroefd; zij zouden hoogstens het recht hebben om hun eigen procédé toe te passen, evenals hun opponenten het recht zouden hebben om hún specifieke procédé's toe te passen. Dat was een standpunt dat aan de vooravond van het cassatieproces veel steun vond in de Franse wetenschappelijke en industriële wereld.

Tijdens het cassatieproces was het ook voor het Keizerlijke Hof de grote vraag welk gewicht aan Hofmann's "anticipatie" moest worden toegekend en in hoeverre deze de octrooiaanspraken van de gebroeders Renard moest beïnvloeden. Nu was Hofmann zelf het Hof in deze moeilijke materie al enigszins te hulp gekomen. In het verslag van de Londense wereldtentoonstelling van 1862 had Hofmann namelijk verklaard, dat het anilinerood *vanuit een industrieel oogpunt gezien* ("from an industrial point of view") ontdekt was door "Messrs. Verguin and Renard Brothers, of Lyons", terwijl hij voor zichzelf de eer van de "*wetenschappelijke ontdekking*" opeiste¹⁰. Het verslag van de wereldtentoonstelling was in maart 1863 nog niet gepubliceerd, maar Hofmann had wel al de drukproeven aan de gebroeders Renard doorgespeeld, die ze aan de rechtbank ter beschikking hadden gesteld¹¹. Hofmann's verklaring vormde voor het Hof een dankbaar houvast.

In zijn overwegingen¹² stelde het Hof dat er in Hofmann's publicatie uit 1858 - welke als "anticipatie" werd aangevoerd - slechts sprake was

van het aantreffen van een rode kleurstof gedurende het verloop van een experiment met aniline, dat voor een heel ander doel werd ondernomen. Welnu, Hofmann's ontdekking was - in de door hem beschreven termen - niet vatbaar voor octrooi (volgens artikel 30 van de octrooiwet) om de simpele reden dat hij geen industriële toepassing van zijn ontdekking had aangegeven. (Indien Hofmann in zijn publicatie terloops had opgemerkt dat de door hem ontdekte kleurstof wellicht geschikt zou zijn als textielkleurstof, wat dan?) Daaruit concludeerde het Hof dat de "productie en industriële bereiding" van het anilinerood nog niet ontdekt was en dat deze als zodanig derhalve nog het voorwerp van een octrooi kon vormen.

Om nog eens extra te onderstrepen, dat Hofmann's ontdekking in de "zuiver wetenschappelijke sfeer" was blijven steken zonder dat de industrie er profijt van kon trekken, veroorloofde het Hof zich een uitweiding om scherp het contrast te laten uitkomen tussen enerzijds een "toevallig feit dat tijdens een laboratoriumexperiment wordt vastgesteld" en anderzijds een "regelmatige, snelle, economische productie zoals vereist door het commerciële verbruik": het voorbeeld van de fuchsineproductie bewees de waarheid van dit onderscheid. Het is echter nogal aanvechtbaar om het contrast op deze manier te stellen: hier wordt immers een "wetenschappelijke ontdekking" niet tegenover een "technische uitvinding" gesteld, maar gecontrasteerd met een florerende *economische* productie! Om het "zuiver wetenschappelijke" karakter van Hofmann's ontdekking te beargumenteren, heeft het Hof ten onrechte zijn toevlucht genomen tot *economische* criteria om het contrast extra gechargeerd uit te laten komen. Op die manier kun je aan elke technische uitvinding, zolang deze nog niet op grote schaal in de economische productie is gerealiseerd, het karakter van een octrooieerbare uitvinding ontzeggen!

Het Hof heeft hiermee echter niet alleen Hofmann's "anticipatie" terugverwezen naar het "zuiver wetenschappelijke" domein en aldus onschadelijk gemaakt voor de octrooiaanspraken van de Renards, het heeft ook via een slinkse handomdraai de notie ingang weten te doen vinden dat het voorwerp van hun octrooi bestaat in de "productie en industriële bereiding" van het anilinerood. Dit is bepaald geen onschuldige formulering. Wordt het voorwerp van een octrooi gewoonlijk geacht te bestaan in een zekere technische receptuur, dan heeft men - indien men het voorwerp opvat als de economische productie - via deze redenatie de Renards al het alleenrecht op de productie van anilinerood toegekend. Immers, indien men de inhoud van hun uitvinding opvat als de "industriële productie" van het anilinerood, dan is er per definitie geen ruimte meer voor anderen om deze "industriële pro-

ductie" ook nog eens uit te vinden. Ook zonder de Renards formeel een stofoctrooi toe te kennen op het anilinerood (dat was uitgesloten omdat de stof al bekend was), plaatste het Hof hen in een uiterst comfortabele juridische positie.

Aan een zorgvuldige vergelijking en afweging van de verschillen tussen de procédés van de diverse betrokkenen kwam het Hof dan ook niet meer toe. Het stelde dat het zonder meer duidelijk was dat Gerber-Keller en Depouilly frères enkel tot de "industriële productie" van de rode kleurstof waren gekomen, dankzij de aanwijzingen die zij uit het octrooi van de Renards gehaald hadden, en dat zij deze "contrefaçon" vervolgens camouflerden door een vage redactie van hun octrooiën.

Tenslotte beriep het Hof zich ook nog nadrukkelijk op de door Hofmann in zijn verslag van de Londense wereldtentoonstelling gedane uitspraken. Hofmann werd hiermee een kroongetuige van onschatbare waarde voor de Renards. Wat aanvankelijk de grote troef van hun tegenstanders had geleden, namelijk Hofmann's "wetenschappelijke anticipatie" van het anilinerood, werd met Hofmann's latere uitspraken zelfs tegen hen gekeerd.

In het voorgaande hebben we betoogd dat het wettelijke gesanctioneerde monopolie op de productie van anilinerood, dat de firma Renard frères et Franc wist te verkrijgen, niet het rechtstreekse gevolg was van de bepalingen van de Franse octrooiwet, maar gezien moet worden als de "contingente" uitkomst van een gecompliceerd sociaal proces, waarin zowel de interpretatie van rechtsregels als van wetenschappelijke bevindingen inzet van "onderhandelingen" vormde.

Het anilinerood of fuchsine was zeer belangrijk, omdat het ook als uitgangsstof voor de bereiding van andere kleurstoffen fungeerde. Een monopolistische beheersing hiervan had dus grote strategische waarde. Toch is het de vraag of voor een dergelijke monopolistische beheersing een stofoctrooi op het anilinerood of een vergelijkbare juridische positie (zoals Renard frères et Franc verkregen) een absolute voorwaarde was: waarschijnlijk zou de beschikkingsmacht over het *arseenzuurproces* (een procédé dat een veel hoger rendement kende dan alle overige procédés voor het bereiden van anilinerood) hiervoor ook voldoende zijn geweest. Welnu, Renard frères et Franc wist zich in april 1861 te verzekeren van de rechten op dit procédé, waarvan het octrooi op naam stond van Girard en De Laire. De laatsten hebben wellicht gemeend dat de bepalingen omtrent octrooiëring van "wijzigingen etc." (artikel 19) hen weinig ruimte liet voor een zelf-

standige exploitatie van hun octrooi. Zij kwamen met Renard frères et Franc tot een vergelijk, in ruil voor een financieel aandeel in de firma¹³.

De Engelse tegenhanger van dit octrooi, Medlock's arseenzuurpatent, was in handen van Simpson, Maule & Nicholson, met welke onderneming Renard frères et Franc (en de opvolger: La Fuchsine) in de jaren zestig een nauwe internationale samenwerking onderhield. Toen in 1865 Medlock's patent na jarenlange processen voor de Engelse rechtbanken als gevolg van een ongelukkige formulering nietig werd verklaard, was dat een grote klap voor deze internationale "combine". Met de val van dit patent werd een enorme bres geslagen in de grote Engelse markt, waarvan vooral de Duitse en Zwitserse kleurstofindustrie profiteerde. In Frankrijk daarentegen wist het arseenzuuroctrooi van Girard en De Laire zich te handhaven.

Wat was de oorzaak van het economisch fiasco, waarop het avontuur met de Société La Fuchsine tenslotte uitliep? Dat was niet enkel het ontbreken van de prikkel van een weldadige concurrentie. In de statuten van La Fuchsine zaten reeds grote tegenstellingen ingebouwd tussen de belangen van chemici als Girard en De Laire die op grond van de inbreng van hun octrooiën winstgerechtigd ("intéressé") waren, en de belangen van grootaandeelhouders, zoals Crédit Lyonnais en vertegenwoordigers van de rijke Lyonse zijde-bourgeoisie. Deze ingebouwde tegenstellingen gaven na verloop van tijd aanleiding tot zeer ernstige conflicten¹⁴. Verder waren er ook grote problemen met de milieuverontreiniging (arseenvervuiling!), welke langdurige productiestilstand veroorzaakte en het treffen van kostbare voorzieningen nodige maakte¹⁵ (een moderne fabrieksvestiging van La Fuchsine was vanuit de stad Lyon gezien stroomopwaarts langs de Saône gelegen; het arseenhoudende afvalwater moest dus nog de stad passeren).

Tenslotte vergde ook de bestrijding van de patentontduiking veel inspanningen en kosten. Door het grote prijsverschil was er een zeer levendige smokkelhandel vanuit Zwitserland naar Mulhouse en Lyon (de hoge waarde per gewichtseenheid product maakte deze extra lucratief). Zelfs met de blanco volmachten die La Fuchsine verkreeg om met deurwaarders bij nacht en ontij beslagleggingen te laten uitvoeren bij van "contrefaçon" verdachte personen¹⁶, was het kwaad nauwelijks te bestrijden.

4. DE TOTSTANDKOMING VAN DE DUITSE RIJKSPATENTWET

We hebben gezegd dat de octrooirechtelijke situatie in Duitsland vóór 1877 *de facto* gelijkgesteld kan worden aan het ontbreken van octrooibescherming.

Dit was mede een gevolg van de politieke versplintering van Duitsland vóór de "Reichsgründung" van 1871: in de diverse Duitse staten en staatjes was er een bonte verzameling zeer uiteenlopende octrooiwetten en in 10 staten bestond helemaal geen octrooiwet. Daarenboven was het octrooiverleningsbeleid ook dikwijls "uitvinder-onvriendelijk" te noemen. Dit laatste hield zeker ook verband met de in de jaren zestig heersende economische denkbeelden van de liberale vrijhandelsschool, die octrooien als verwerpelijke monopolies beschouwde. Deze denkbeelden vonden ook onder Duitse topambtenaren veel weerklank.

Tekenend voor het toenmalige restrictieve octrooiverleningsbeleid is het lot van de alizarine-patenten in Pruisen. De door Graebe en Liebermann gevonden syntheseroute liep via dibroomanthrachinon. Voor dit procédé werd in maart 1869 in Pruisen een patent (of beter: een "privilege") verkregen. Het procédé was echter economisch niet doelmatig. Met hulp van Caro van de BASF werd nu een nieuwe route via anthrachinonsulfonzuur ontwikkeld. Dit nieuwe procédé bleek wel efficiënt, maar de Pruisische ambtenaren die belast waren met het verlenen van privileges voor uitvindingen - de zogenoemde "technische Deputation für Handel und Gewerbe" - weigerden het nieuwe procédé te laten octrooieren. Het argument was dat het geen "nieuwe uitvindingsgedachte" vergeleken met het oude procédé belichaamde. Toen echter de BASF alizarine ging produceren volgens het nieuwe procédé werd het patent voor het oude procédé wegens het niet-nakomen van de uitvoeringsplicht vervallen verklaard. Hierdoor moest de alizarineproductie het in Pruisen zonder wettelijke bescherming stellen.

De voorstanders van octrooibescherming waren vooral nog in de minderheid. Zij moesten vooral in Duitse ingenieurskringen gezocht worden. Onder hen nam Werner Siemens als groot-industrieel een aparte plaats in¹⁷. De voorstanders streefden naar één uniforme en effectieve octrooiwet voor heel Duitsland. Voorlopig was hiervan nog geen sprake: er werden - in 1863 en 1868 - zelfs initiatieven genomen om de bestaande octrooiwetten in het Duitse gebied maar helemaal af te schaffen.

Tegen het laatste initiatief richtte zich in januari 1869 de *Deutsche Chemische Gesellschaft* onder leiding van Hofmann met een verzoekschrift aan Bismarck (toen kanselier van de Noordduitse Bond), waarin juist gepleit werd vóór octrooibescherming¹⁸. Door dit verzoekschrift en door de agitatie van de VDI (Verein Deutscher Ingenieure) belandde het plan tot afschaffing van de octrooiwetten voorlopig in de ijskast.

Ongetwijfeld is Hofmann één van de stuwende krachten achter het verzoekschrift van de *Deutsche Chemische Gesellschaft* geweest. In het verslag over de Parijse wereldtentoonstelling van 1867 had hij reeds, samen met zijn Franse collega's Girard en De Laire, een doordachte visie op de rol van het octrooiwezen ontvouwd¹⁹. Octrooien waren in de ogen van Hofmann en zijn Franse collega's de onontbeerlijke schakel om de alliantie van we-

tenschap en industrie te smeden. Hofmann c.s. gingen in hun verslag ook op de mogelijkheden van de Duitse kleurstofindustrie in. Deze had haar succes tot dan toe vooral te danken aan de goedkopere arbeidskracht en de lagere alcoholbelasting in Duitsland, en aan een ruim aanbod van goed opgeleide chemici. Wat dit laatste aangaat constateerden Hofmann c.s. echter een "anomalie": ondanks het hoge peil van de chemie had Duitsland op kleurstofgebied vrijwel niets zelf uitgevonden, maar alleen Engelse en Franse uitvindingen gekopieerd. De reden was niet ver te zoeken: het ontbreken van een effectieve octrooibescherming. De invoering hiervan zou het mogelijk maken om nog veel meer profijt te trekken van Duitsland's on-geëvenaarde wetenschappelijke potentieel. Hofmann's bemoeienissen met het octrooiwezen waren door dit inzicht geleid.

Het tij voor de voorstanders van een effectieve octrooibescherming keerde in de jaren zeventig. Na de vorming van de Duitse Rijkseenheid en in het bijzonder na de zogenaamde "Gründerkrise" van 1873, welke een periode van langdurige economische malaise inluidde, waren de politieke en economische omstandigheden geheel gewijzigd. De liberale vrijhandels-school, die voor een deel de schuld kreeg van de economische crisis, verspeelde veel van haar krediet. Anderzijds kreeg de campagne voor de invoering van een uniforme Duitse octrooiwet die werd aangevoerd door de in 1874 door Werner Siemens opgerichte *Patentschutz-Verein* (waarvan ook Hofmann lid was), steeds meer de wind in de zeilen²⁰. Toen aan het einde van 1876 het Reichskanzleramt de wetgevende machinerie in werking stelde, leek de overwinning van de beweging voor octrooibescherming nog slechts een kwestie van tijd, maar toch verzezen er toen nog onverwachte moeilijkheden. Tijdens de uitvoerige consultaties onder de belanghebbende industriële en wetenschappelijke gemeenschap keerden Dr Brüning van Meister, Lucius & Brüning zich namelijk fel tegen de wettelijke bescherming van uitvindingen, althans voorzover het uitvindingen op chemisch gebied betrof²¹.

Deze uitspraak van een leidende vertegenwoordiger van de Duitse kleurstofindustrie kwam voor Hofmann, die ook aan de consultaties deelnam, zeer ongelegen. Zijn hele streven was er immers op gericht om via een octrooiwet de eenheid van wetenschap en industrie te bezegelen. Indien chemische uitvindingen van octrooibescherming uitgesloten zouden worden, dan zou dit streven jammerlijk falen. Misschien kan Hofmann's nogal irritante gedrag om anderman's bedrijfsgeheimen te "onthullen" (zoals in januari 1877 geschiedde met Witt's chrysoïdine) in dit licht geïnterpreteerd worden als een bewuste strategie om de industriëlen duidelijk te maken, dat het fabrieksgeheim geen veilig alternatief was voor een goede octrooibescherming

van uitvindingen²².

Misschien moet de petitie die de Deutsche Chemische Gesellschaft op 16 maart 1877 aan de Rijksdag richtte en waarin o.a. gevraagd werd om stofbescherming op het gebied van chemische uitvindingen uit te sluiten, geïnterpreteerd worden als een *compromis-oplossing* voor het conflict tussen voor- en tegenstanders van octrooibescherming in chemische kring. (In het verzoekschrift aan Bismarck uit 1869 werd destijds met geen woord gerept over stofoctrooiering.)

Hoe dan ook, de door de Deutsche Chemische Gesellschaft gevraagde uitsluiting van stofbescherming werd inderdaad in de op 25 mei 1877 aangenomen Rijkspatentwet als bepaling opgenomen.

5. HET FUNCTIONEREN VAN HET DUITSE OCTROOIISTESEL EN DE OPKOMST VAN DE GEORGANISEERDE INDUSTRIELE RESEARCH

De Rijkspatentwet van 1877 vormde een voorwaarde voor de opkomst van de georganiseerde industriële research in de Duitse kleurstofindustrie in de daaropvolgende decennia: zonder een redelijk functionerend octrooi-stelsel zou de industrie nauwelijks bereid zijn geweest om te investeren in de systematische productie van nieuwe kennis, te meer daar Hofmann met zijn "onthullingen" had laten zien dat het fabrieksgeheim geen veilig alternatief voor octrooibescherming vormde.

Anders wordt het wanneer men wil betogen, dat deze ontwikkeling van de industriële research in Duitsland nog extra is bevorderd door de bijzondere kenmerken van het Duitse octrooiestelsel: als zodanig werden door Haber en Beer de uitsluiting van stofoctrooiën en het stelsel van vooronderzoek genoemd. Deze beweringen dienen nader onderzocht te worden.

Het klassieke argument voor het uitsluiten van stofbescherming werd reeds door de Deutsche Chemische Gesellschaft geformuleerd, toen zij haar verzoek aan de Duitse Rijksdag motiveerde: een stofoctrooi maakt het niet langer lonend om nog naar andere en eventueel efficiëntere routes voor het bereiden van dezelfde stof te zoeken en heeft een te grote monopoliserende werking; kortom, een stofoctrooi remt de inventieve activiteit²³.

Deze redenering lijkt uiterst plausibel, alleen is het de vraag of zij een basis biedt voor het verklaren van het succes van de Duitse kleurstofindustrie uit de genoemde bepaling van de Duitse Rijkspatentwet. Wanneer men de innovaties van de Duitse kleurstofindustrie in de periode ná 1877 overziet, dan blijkt het accent namelijk heel eenzijdig te liggen op het zoeken naar steeds nieuwe kleurstoffen en *niet* op het zoeken naar

steeds betere procédé's voor reeds bestaande kleurstoffen. Met andere woorden: het streven naar *product-innovaties* is veel sterker dan het streven naar *proces-innovaties*. Otto Witt schatte de verhouding tussen beide typen innovaties in de kleurstofindustrie voor de periode 1877-1892 tussen 10:1 en 20:1²⁴.

Wat, ten tweede, het belang van het vooronderzoek aangaat, moet allereerst worden opgemerkt dat het in Duitsland vigerende systeem in feite een combinatie was van een stelsel van vooronderzoek en een *oproepingsstelsel* ("Aufgebotverfahren"): octrooi-aanvragen werden niet alleen door het Patentamt op hun nieuwigheid, inventiviteit en technisch effect onderzocht, maar ook ter inzage gelegd om andere belanghebbenden in de gelegenheid te stellen bezwaren in te brengen tegen octrooiverlening.

Dit laatste aspect van het Duitse systeem was zeker niet onbelangrijk. Mede gezien de situatie van oligopolistische mededinging in de Duitse kleurstofindustrie moesten de afzonderlijke bedrijven voortdurend alert zijn op de octrooiaanvragen van hun concurrenten, deze zorgvuldig onderzoeken om - indien nodig - te kunnen opponeren. In zekere zin werd de juridische strijd van de reguliere rechtbanken naar het Patentamt verplaatst en omdat daar de drempel veel lager was, ontstond al gauw het fenomeen van de "constant legal warfare" (Beer)²⁵. Als *informatiemechanisme* moet dit systeem echter ongetwijfeld positief worden beoordeeld.

Het stelsel van vooronderzoek door het Patentamt werd door Beer in zijn uitwerking gunstig beoordeeld, omdat de octrooien die de toets van de strenge kritiek van het Patentamt hadden doorstaan, voor hun eigenaars een zeker bezit vormden. Waar Beer echter aan voorbij gaat, is het feit dat het Patentamt in de eerste decennia na 1877 zeker nog niet de beschikking had over heldere en eenduidige richtlijnen en principes, waarnaar de beslissingen over verlening of afwijzing van octrooien zich konden richten. Deze richtlijnen en principes moesten eerst nog ontwikkeld worden.

Een categorie kleurstoffen, waarvoor de octrooirechtelijke beoordeling grote problemen opleverde, vormde de categorie van de *azokleurstoffen*, welke juist in de periode na 1877 - nadat de zogenaamde methode-Griess of de "koppelingsmethode" algemeen bekend was geworden - een onstuimige groei doormaakte en in de kleurstofindustrie aanleiding gaf tot de organisatie van de "wissenschaftliche Massenarbeit"²⁶ (Caro): de uitvindingsarbeid op dit terrein werd door Caro als "constructief" gekarakteriseerd.

Het was een groot probleem, hoe het Patentamt de grote stroom octrooiaanvragen voor het bereiden van azokleurstoffen, waarmee het werd overspoeld, moest beoordelen.

Drie fundamentele criteria, die in het octrooirecht gehanteerd worden, zijn: 1. nieuwheid; 2. inventiviteit; 3. technisch effect of vatbaarheid voor industriële exploitatie ("gewerbliche Verwerthbarkeit"). In Duitsland werd het begrip "nieuwheid" dikwijls ook in een ruimere zin opgevat: het omvat dan tegelijk "nieuwheid" (in engere zin) en inventiviteit.

In feite waren de nieuwe procédés voor het bereiden van nieuwe azokleurstoffen, waarvoor zoveel octrooien werden aangevraagd, alleen maar variaties op de reeds bekende koppelingsmethode van Griess. Het "nieuwe" (in engere zin) van zo'n nieuw procédé kon dus alleen maar bestaan in de specificatie van nieuwe "koppelingscomponenten", waarop de methode zou worden toegepast. Aan de eis van technisch effect kon worden voldaan, als men liet zien dat de toepassing van deze methode als eindproduct althans één kleurstof opleverde. De grote vraag was of ook aan de eis van *inventiviteit* kon worden voldaan. De door Caro gegeven karakterisering ("constructief") gaf wat dat betreft ook te denken. De jurist Joseph Kohler had juist geprobeerd het begrip "uitvinding" scherp van het begrip "constructie" af te grenzen²⁷. Volgens de kleurstofchemicus Otto Witt, die Kohler's filosofie voor uitvindingen op chemisch gebied trachtte uit te werken, was dit de grote vraag voor het bereiden van azokleurstoffen: waar houdt de "constructie" op en waar begint de "uitvinding"?²⁸

Door het Patentamt werden soms inderdaad octrooiaanvragen voor het bereiden van bepaalde azokleurstoffen afgewezen op grond van het ontbreken van inventiviteit, maar er werden ook veel octrooien verleend voor procédés waarvan de inventiviteit even dubieus was. De argumentatie voor afwijzing of verlening wisselde, een consistente lijn viel in dit beleid niet te ontdekken²⁹.

Een ander probleem betrof de *reikwijdte* van de octrooien voor de bereiding van azokleurstoffen, de omvang van het gebied dat de octrooiaanvragers probeerden te claimen. Het was namelijk gebruik om, zodra de toepassing van de methode van Griess een bruikbaar procédé opleverde, de verkregen resultaten vervolgens te generaliseren naar hele groepen van analogen, homologen en isomeren, zonder overigens de bereiding voor al deze andere groepen stoffen ook daadwerkelijk uit te voeren.

Op een in 1886 gehouden "enquête" over het functioneren van de Duitse octrooiwet constateerde Caro dat men dankzij dergelijke serie-octrooien veel grotere gebieden bezet kon houden dan door een echt stofoctrooi mogelijk zou zijn geweest, waarvan men de monopoliserende werking bij de invoering van de Rijkspatentwet juist zo had gevreesd. Caro stelde daarom voor dat de octrooi-

aanvragers precies moesten aangeven voor welke nieuwe producten zij aanspraak wilden maken op octrooibeschermtng en dat zij van deze producten monsters moesten inleveren bij het Patentamt³⁰.

In antwoord op deze suggestie werd door het Patentamt in maart 1887 inderdaad een dergelijke verordening uitgevaardigd. Deze verordening werd vervolgens fel aangevallen door Otto Witt als een ad-hoc-regeling, die de omvang van octrooiaanspraken willekeurig inperkte en een eenzijdige bevoordeling van de grootindustrie tegenover de individuele uitvinder betekende³¹.

Enige duidelijkheid over de betekenis van de eis van *inventiviteit* bracht het beroemde *Kongoroodproces*, dat in 1889 tot een uitspraak van het Reichsgericht voerde, waarbij de zogenoemde "*leer van het nieuwe technische effect*" werd geformuleerd. Het procédé voor het bereiden van Kongorood, waarvan het octrooi de inzet voor de juridische discussie vormde, was de zoveelste variatie op de koppelingsmethode van Griess. In dit geval resulteerde de toepassing van deze methode echter in een zeer waardevolle nieuwe kleurstof, die katoen zonder beitsmiddel kon verven. In zijn advies aan de rechtbank had Caro - die in het proces als getuige-deskundige optrad - weinig originaliteit in het "nieuwe" procédé kunnen ontdekken, een standpunt, waarmee hij volgens Carl Duisberg (die namens Bayer het proces bijwoonde) de nekslag dreigde te geven aan de hele azokleurstoffenchemie³². Het Reichsgericht ondersteunde in zijn oordeel echter de geldigheid van het Kongorood-octrooi en formuleerde bij die gelegenheid de leer van het nieuwe technische effect³³: hoewel door het ontbreken van inventiviteit het procédé op zich niet octrooieerbaar zou zijn, werd dit gemis door de verrassende nieuwe eigenschappen van het product meer dan gecompenseerd! Met andere woorden: als je de eis van vatbaarheid voor industriële exploitatie extra zwaar aanzet, dan hoeft je de eis van inventiviteit als afzonderlijke eis niet meer te stellen.

Deze juridische doctrine van de hoogste rechterlijke instantie betekende dat de eis van inventiviteit, die bij de beoordeling van procédé's voor de bereiding van azokleurstoffen zulke grote problemen veroorzaakte, officieel zeer laag werd gewaardeerd. Daardoor werd de "wissenschaftliche Massennarbeit" gered. De georganiseerde industriële research kon worden voortgezet.

6. DE INDUSTRIALISERING VAN HET UITVINDEN EN DE ROUTINISERING VAN HET INNOVEREN: PROMETHEUS GETEMD?

Indien we de consequenties van de leer van het nieuwe technische effect nog eens overwegen, dan dringt zich een nogal paradoxale conclusie aan ons

op: het Duitse Reichsgericht heeft eigenlijk met zoveel woorden verklaard dat "uitvindingen" helemaal geen "inventief" karakter hoeven te hebben om toch als voor octrooi-vatbare "uitvindingen" te kunnen gelden. Daarmee lijkt een essentieel kenmerk van uitvindingen genegeerd. Is het echter terecht om in zo'n geval nog van uitvindingen te spreken?

De paradoxen van de juridische doctrine vormen overigens de afspiegeling van een onderliggende sociaal-economische realiteit, welke door diverse auteurs dikwijls in niet minder paradoxaal klinkende bewoordingen is getypeerd. Zo sprak Caro reeds van de "constructive Entwicklung der modernen Farbstoffe- und Farbmittel-Erfindungen" en karakteriseerde de hedendaagse historicus Georg Meyer-Thurow dezelfde tendens als de "industrialization of invention"³⁴. Onwillekeurig wordt men ook herinnerd aan de opmerking van Whitehead dat "ergens in de negentiende eeuw" de "kunst van het uitvinden" werd uitgevonden³⁵.

Beer schetst als resultaat van deze "constructive Entwicklung" het beeld van de research-laboratoria van de grote kleurstofbedrijven, die in de twee decennia voor de Eerste Wereldoorlog octrooien aan de lopende band "fabriceerden":

"In the two decades that preceded the First World War, patents (...) became a kind of manufactured article, turned out by the research laboratories of the big companies."³⁶

In de jaren na 1900 werd door sommige chemici in loondienst getracht een groter aandeel in de opbrengst van de door hen gerealiseerde uitvindingen te verkrijgen, een streven dat door de *Bund technischer Angestellten* werd ondersteund. De argumenten waarmee de leidende vertegenwoordigers van de Duitse kleurstofindustrie dit streven pareerden, zijn veelzeggend. Zo keerde de "Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands" op een bijeenkomst in september 1908 zich nadrukkelijk tegen de populaire lekenvoorstelling, dat uitvinden "etwas ganz Besonderes, Gottbegnadetes" zou zijn:

"Demgegenüber muss aber mit aller Entschiedenheit darauf hingewiesen werden, dass eine derartige erfinderische Tätigkeit, wie sie dem Laien vorschwebt, immer nur in vereinzelt Fällen vorkommt, dass in der Regel das Erfinden keine besonders geartete Tätigkeit ist, sich vielmehr von den sonstigen Leistungen eines Chemikers, Technikers usw. qualitativ nicht unterscheidet."³⁷

En Carl Duisberg, directielid van de Firma Bayer, vatte in 1909 in een rede die hij hield op een te Stettin gehouden congres over bescherming van industrieel eigendom zijn uitvoerige schildering van de gang van zaken bij het doen van "uitvindingen" in de volgende zin pregnant samen: "Von Gedankenblitz keine Spur!"³⁸ Duisberg stelde in zijn rede ook nog dat het

merendeel van de uitvindingen in de kleurstofindustrie opgevat moest worden als "Etablissementserfindungen". Dat wil zeggen: dat deze uitvindingen moesten worden beschouwd als het product van de hele bedrijfsorganisatie en niet aan individuen konden worden toegerekend.

Hoewel men terecht twijfels kan koesteren omtrent het "inventief" gehalte van het gros van de in de kleurstofindustrie tot stand gebrachte "uitvindingen" - een twijfel die door de uitslatingen van de officiële vertegenwoordigers van deze bedrijfstak alleen maar wordt versterkt -, dient men echter niet uit het oog te verliezen dat dit gebrek aan inventiviteit slechts de keerzijde vormt van een ongekend grote mate van beheersing van de "productiekracht wetenschap" (of "wetenschap-en-technologie") door een gering aantal grote ondernemingen. Deze lijken erin geslaagd te zijn deze productiekracht daadwerkelijk te "temmen" en het innovatieproces in door hen beheerste en voor hen veilige banen te laten verlopen. De Oostenrijks-Amerikaanse econoom Joseph Schumpeter heeft later in een soortgelijk verband de frase "routinization of innovation"³⁹ bedacht, een al even paradoxale aanduiding als de eerder door ons genoemde. En de historische overgang van een situatie, waarin innovaties direkt verbonden waren met de opkomst en ondergang van familiefortuinen en waarin de door Schumpeter zo geliefde ondernemersfiguur nog zijn klassieke heldenrol kon spelen, naar een situatie waarin innovatie door een klein aantal grote ondernemingen tot een interne routine is gemaakt, was door hem in een eerder stadium al tot de grote "waterscheiding tussen twee tijdperken in de sociale geschiedenis van het kapitalisme"⁴⁰ uitgeroepen. Ziehier de "wereldhistorische" betekenis van de opkomst van de kleurstofindustrie.

NOTEN

1. H. Demsetz, "Toward a theory of property-rights", *American Economic Review* 57 (1967), p. 350.
2. North en Thomas, *The Rise of the Western World. A new economic history*, 1973, p. 154.
3. J. Heemskerck, *Voordrachten over den Eigendom van Voortbrengselen van den Geest*, Haarlem, 1856, p. 2 en 3.
4. Nelson en Winter, *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass., 1982, p. 363.
5. L.F. Haber, *The chemical industry during the nineteenth century*. Oxford, 1959, p. 108.
6. L.F. Haber, a.w., p. 202.
7. J.J. Beer, *The emergence of the German dye industry*, Urbana, 1959, p. 108.
8. J. Kohler, *Forschungen aus dem Patentrecht*, Mannheim, 1888, p. 55-64.
9. Dr Quesneville (red.), *Moniteur Scientifique* 3 (1861), p. 189-190.
10. A.W. Hofmann, "Colouring Derivatives of Organic Matter, Recent and Fossilized", *International Exhibition 1862, Report by the Juries etc.*, Class II Section A: Chemical Products and Processes.
11. *Moniteur Scientifique* 5 (1863), p. 273.
12. J. Pataille (red.), *Annales de la propriété industrielle, artistique et littéraire*, 1863, p. 308-313.
13. M. Frémy, *Encyclopédie chimique*, Tome X - Applications de chimie organique Matières colorantes, série aromatique, par Ch. Girard et A. Pabst, Paris, 1892, pp. 413-414; *Statuts de la Fuchsine*, 11 et 13 décembre 1863, Archives Départementales du Rhône, Série U: Actes de Société, Lyon.
14. Girard, De Laire, et Pelouze contre la Fuchsine (Consultations 1. Me. Hébert, 2. Me. Bricod, 3. Me. Grandmanche de Beaulieu), Lyon, 1868 (Archives municipales de Lyon).
15. Briefwisseling van La Fuchsine met de prefect van het department Rhône, 12 en 27 juli 1866, Archives Départementales du Rhône, Série Etablissements Insalubres (dossier Brédin et Fayolle).
16. *Annales*, a.w. (zie noot 12), 1866, p. 320.
17. A. Heggen, *Erfindungsschutz und Industrialisierung in Preussen 1793-1877*, Göttingen, 1975, p. 91-95; Werner von Siemens, *Lebenserinnerungen*, Berlin, 1901, p. 258-261.
18. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 2 (1869), p. 49-51.
19. *Exposition Universelle de 1867 à Paris*, Rapports du jury international, publiés sous la direction de M. Michel Chevalier, membre de la Commission Impériale, Tome Septième, Groupe V - Classes 44 à 46, Paris, 1868, p. 296-306.
20. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 7 (1874), p. 837.
21. Rolf Sonnemann, *Der Einfluss des Patentwesens auf die Herausbildung von Monopolen in der deutschen Teerfarbenindustrie*, Halle-Wittenberg (DDR), 1963, p.
22. *Berichte* 10 I (1877), p. 213: zie ook Witt's reactie in *Berichte* 10 (1877) p. 350 en Hofmann's repliek in *Berichte* 10 (1877), p. 388.

23. Berichte 10 (1877), p. 507.
24. Otto N. Witt, *Die deutsche chemische Industrie in ihren Beziehungen zum Patentwesen*, Berlin, 1893, p. 14.
25. J.J. Beer, a.w. (zie noot 7), p. 108.
26. H. Caro, "Ueber die Entwicklung der Theerfarben-Industrie", Berichte 25 (1892), p. 1095.
27. J. Kohler, a.w. (zie noot 8).
28. Otto N. Witt, a.w. (zie noot 24), p. 61 en 70.
29. Zie het bezwaarschrift van de BASF uit 1882 tegen een bepaalde octrooi-aanvraag van de Firma Bayer (P.A. 11452), dat gemotiveerd werd vanuit de gedachte dat procédé's voor de bereiding van azokleurstoffen niet meer octrooieerbaar zouden zijn (zo werd althans de policy van het Patentamt geïnterpreteerd), te vinden in het in het Bayer-archief bewaardossier over het Croceïn-Scharlach-proces (p. 8-9).
30. Die Chemische Industrie 9 (1887), p. 93.
31. Otto N. Witt, a.w. (zie noot 24), p. 28-29.
32. Carl Duisberg, *Meine Lebenserinnerungen*, Leipzig, 1933, p. 44.
33. B. Geissler, *Der Umfang des Stoffschutzes für chemische Erfindungen*. Köln, 1972, p. 9-10.
34. H. Caro, a.w. (zie noot 26), p. 1091 en p. 1104; G. Meyer-Thurow, "The industrialization of invention", in: *Isis* 73 (1982).
35. A.N. Whitehead, *Science and the Modern World*, Harmondsworth, 1938.
36. J.J. Beer, a.w. (zie noot 7), p. 108.
37. *Die Chemische Industrie* 31 (1908), p. 621.
38. Carl Duisberg, *Abhandlungen, Vorträge und Reden aus den Jahren 1882-1921*, Berlin-Leipzig, 1923, p. 742.
39. J. Schumpeter, *Capitalism, Socialism and Democracy*, London, 1974, p. 132.
40. J. Schumpeter, *The Theory of Economic Development*, London, 1974, p. 67.

1. INLEIDING

1.1 *Kleurstofchemie en organische chemie*

De kleurstofchemie blijkt in de praktijk op eenvoudige wijze operationeel te definiëren. Uit de veelheid van handboeken en monografieën die sedert de 60er jaren van de vorige eeuw de kleurstofchemie op overzichtelijke wijze behandelen en ook uit de inhoud van de categorieën "Farbstoffe" uit de Jahresberichte van Liebig, Kopp etc., en uit de Jahresberichte der chemischen Technologie van Wagner kan worden afgelezen wat onder kleurstofchemie wordt verstaan.

Het betreft aanvankelijk vooral de isolatie van natuurlijke kleurstoffen en later de bereiding en zuivering van de synthetische kleurstoffen uit koolteer; voorts de analyse van deze kleurstoffen en de beschrijving van hun chemische eigenschappen. In verschillende handboeken wordt voorts de chemische technologie van de kleurstofproductie besproken en de technologie van het verven en drukken met de verschillende kleurstoffen. Dit laatste wordt in het algemeen niet tot de kleurstofchemie gerekend. In dit artikel worden de technologische aspecten van de kleurstofproductie buiten de beschouwing gehouden, de chemische aspecten van de industriële processen nemen daarentegen een centrale plaats in.

De kleurstofchemie kan moeilijk van de rest van de organische chemie worden onderscheiden. Wanneer we de organische chemie beschouwen als de studie van het relatiepatroon van de koolstofverbindingen; dat wil zeggen: van de wetmatigheden die hun transformatie bepalen, dan vormen de kleurstoffen in het stoffennetwerk dat de transformatie beschrijft, knooppunten die géén samenhangend geheel vormen. De kleurstofchemie behandelt naast de kleurstoffen evenwel ook de andere verbindingen, waarmee ze nauw zijn gerelateerd; dat wil zeggen: waarin ze kunnen worden omgezet of waaruit ze kunnen worden gevormd, en de methoden waarop ze via diverse intermediairen uit grondstoffen worden bereid. Dat komt neer op een beschrijving van een met deze criteria geselecteerd deel van het netwerk van de organische verbindingen. Om de plaats van de kleurstoffen binnen het netwerk van de organische verbindingen éénduidig te kunnen bepalen, is het noodzakelijk om een veel groter aantal andere verbindingen in de beschouwingen te betrekken dan die welke direkt relevant lijken voor de kleurstofproducent. Samen met een

veelvoud van andere verbindingen vormen de kleurstoffen wel een omvangrijk samenhangend deel van het stoffennetwerk: dat van de zogenaamde aromatische verbindingen.

De wetmatigheden die aan het gehele stoffennetwerk der organische verbindingen ten grondslag liggen, bepalen ook die van de aromatische verbindingen en deze bepalen weer dat van het door de kleurstofchemie geselecteerde deel. Die wetmatigheden worden beschreven in de zogenaamde constitutietheorieën van de organische chemie. In de periode 1850-1885 zijn er diverse alternatieven: Laurent's nucleustheorie, Gerhardt's nieuwe typentheorie, Kolbe's nieuwe radicaaltheorie en tenslotte de structuurtheorie van Kekulé. Uitindelijk zal de structuurtheorie het algemeen aanvaarde theoretisch kader leveren aan de kleurstofchemie: de structuurformule van een verbinding pretendeert éénduidig alle bekende transformaties van die verbinding met anderen in het netwerk te representeren en voorspelt de mogelijkheid van andere nog onbekende transformaties, met name nieuwe syntheseswegen voor de verbinding. De type-formules hebben niet de pretentie de éénduidige representant van *alle* transformaties te zijn; ze reflecteren de onvolledige kennis van een vroegere periode, vaak gecombineerd met een relativistische houding met betrekking tot de mogelijkheid van volledige kennis. De nucleustheorie mag als de directe voorganger van de typentheorie worden beschouwd en als de eerste alle kennis samenvattende theorie die aan de knellende beperkingen van de oude dualistische radicaaltheorie ontsnapt. Die oude theorie werd echter nieuw leven ingeblazen, enerzijds door uitbreiding van het radicaal begrip en anderzijds door de substitutie binnen het radicaal toe te staan. De relatie met de elektrische bindingstheorie bleef echter in principe gehandhaafd en daarmee ook de realistische interpretatie van de constitutieformules. De verklarende en voorspellende kracht van de nieuwe radicaaltheorie bleek door dit alles groot genoeg om te appelleren aan vele chemici.

De belangrijkste theoretische controverse in de beschouwde periode is die tussen de "realistische" nieuwe radicaaltheoretici, eerst met de "typentheoretici" en daarna met de "structuurtheoretici". Deze controverse zullen we echter in dit artikel niet vervolgen. Wél wordt aandacht gegeven aan de vraag welk belang de controverse voor de ontwikkeling van de kleurstofchemie heeft en vice versa.

1.2 Methode van onderzoek. Netwerken en stambomen

We zullen bij onze beschrijving van deze "ontwikkeling" uitgaan van een geselecteerd samenhangend netwerk van verbindingen rond kleurstoffen, zoals

dit in de periode 1850-1885 groeit. Daarbij is gekozen voor een concentrische methode.

In een eerste ronde wordt uitgegaan van het netwerk van industriële procédés die in deze periode in de handel gebrachte kleurstoffen via intermediairen met de grondstoffen verbindt. De lijst van in de handel gebrachte kleurstoffen vinden we betrouwbaar en praktisch volledig in het "Tabellarische Übersicht der künstlichen organischen Farbstoffe" van Schultz en Julius (1e editie, 1888). Daar vinden we tevens een korte aanduiding van de industriële procédés, die voor de bereiding werden gebruikt. Voor de industriële bereidingswijzen van de intermediairen maken we gebruik van het grote handboek "Die Chemie des Steinkohlentheers, etc." van Schultz aangevuld door Heumann's "Anilinfarben etc." (1888) en Friedlander's "Fort-schritte der Theerfabrikation etc." 1877-1887 (1888).

Voor ca 1875 hebben we gebruik gemaakt van een combinatie van bronnen: Bolley's "Die chemische Technologie der Spinnfasern" (3e Lieferung, 1874), Girard en de Laire "Traité des dérivés de la Houille, etc." (1873) en Wurtz' verslag over de Wereldtentoonstelling van 1873 in Wenen, aangevuld met gegevens uit Wagner's Jahresberichte.

Voor ca 1868 is de relevante informatie te vinden in de 1e en 2e Lieferung van het bovengenoemde werk van Bolley, Chateau's "Couleurs d'Aniline, d'Acide phénique et de Naphtaline" (Paris 1868), Schutzenberger's "Traité de Matières Colorantes" (Paris 1876) en Reimann, "On aniline and its derivatives etc." en het rapport van Hofmann, De Laire en Girard over de Wereldtentoonstelling van 1867 in Londen.

Voor ca 1862 is vooral Hofmann's rapport over de Wereldtentoonstelling van 1862 in Parijs van belang.

De beschikbare gegevens zijn samengevat in stambomen voor deze peiljaren, die in verkorte vorm zijn weergegeven in de schema's 1, 3, 5 en 6. Deze stambomen zijn de volgens de aangegeven methode geselecteerde netwerken en representeren slechts een klein deel van de kennis over kleurstoffen in deze peiljaren: immers alle kleurstoffen die de markt *niet* gehaald hebben en alle transformaties die niet in industriële processen werden toegepast, blijven buiten beschouwing. Wél kunnen belangrijke industriële ontwikkelingen uit de stambomen worden afgeleid. Deze worden gerelateerd aan relevant-lijkende ontwikkelingen op organisch-chemisch gebied, zoals deze uit de bestaande geschiedschrijving en uit onze (partiële) kennis van de organisch-chemische literatuur van de betreffende periode zijn af te leiden. Dit laatste maakt een zekere mate van zelfstandige beoordeling van de

bestaande geschiedschrijving mogelijk.

In een tweede stap van de concentrische benadering - die hier nog niet systematisch is voltooid - wordt uitgegaan van *alle* wetenschappelijke publicaties en patenten over kleurstoffen en van relevante publicaties met betrekking tot intermediairen. Een goed overzicht over de wetenschappelijke publicaties over kleurstoffen wordt verkregen uit de Jahresberichte van Liebig, Kopp etc. en van Wagner. De Engelse kleurstofpatenten zijn geëxtraheerd in de Abridgments of Specifications Class 2, uitgegeven door het Patent Office; de Duitse (vanaf 1877) zijn afgedrukt en becommentarieerd in Friedländers "Fortschritte der Theerfarbenfabrikation etc.", deel 1 1877-1887 (1888); voor de Franse patenten is gebruik gemaakt van de originele "Brevets d'Invention"; en de Amerikaanse kleurstofpatenten zijn geëxtraheerd in Doyle's Digest of Patents etc." (Easton 1926). De selectie van relevante publicaties met betrekking tot intermediairen houdt een subjectief beoordelingsmoment in. Deze uitgebreide procedure is slechts voltooid voor een beperktere periode dan die welke dit artikel beschouwt. De verworven kennis functioneert hier dan ook slechts als ondersteuning van de eerste ronde.

In een derde stap kan tenslotte een veel diepergaande literatuurstudie worden ondernomen, aangevuld met de bestudering van andere bronnen, zoals correspondenties, bedrijfsarchieven etc. Hierbij dient men zich om praktische redenen natuurlijk te beperken tot bepaalde thema's. Dit kan onafhankelijk van de twee eerste ronden worden ondernomen, al zullen de resultaten van de integrale studies van belang zijn voor het thematische onderzoek. Thema's die bijzondere aandacht hebben gekregen zijn: de ontwikkeling van de azokleurstoffen en van de ftaleïnekleurstoffen, een vergelijking van de Engelse, Franse en Duitse bijdragen aan de ontwikkeling van de kleurstofchemie, en de wisselwerking tussen de theorievorming in de organische chemie en de ontwikkeling van de kleurstofchemie. Resultaten hiervan zullen in dit artikel wel worden gebruikt, maar in afzonderlijke artikelen worden gespecificeerd.

1.3 *Verhouding tot de "traditionele" geschiedschrijving*

De geschiedenis van de kleurstofchemie is, sinds Caro deze in het kader van zijn beroemde voordracht "Über die Entwicklung der Theerfarben Industrie" zeer gedetailleerd aan de orde stelde tot voor kort alleen fragmentarisch onderwerp van op bronnen gebaseerd historisch onderzoek geweest. In de recente publicaties van Stolz over de geschiedenis van de synthetische organische kleurstoffen wordt voor het eerst op basis van een groot aantal

publicaties en patenten een poging gewaagd om tot een overzicht van de ontwikkeling van de kleurstofchemie te komen. De verschillende, tussen Caro's voordracht en Stolz' artikelen, verschenen overzichten baseren zich op secundaire literatuur, op hun best op Caro's voordracht en reflecteren diens visie op het historisch gebeuren.

Hierin staat centraal dat de kleurstofindustrie zijn geweldige successen en uitgroei te danken heeft aan de inschakeling van de wetenschap en met name van de organische chemie; dat Hofmann aan het begin van de vruchtbare samenwerking van wetenschap en industrie staat met zijn wetenschappelijk onderzoek over de eerste belangrijke synthetische kleurstof - het fuchsine of rosaniline - hetwelk tot verbeterde procédés en nieuwe producten voert; dat Kekulé met zijn structuur- en benzeentheorie de organische chemie het theoretisch instrumentarium schonk, dat succesvol onderzoek over kleurstoffen en hun grondstoffen en intermediairen mogelijk maakt; dat de Duitse industrie de leiding neemt door zich in de internationale concurrentieslag van de voortdurende hulp van de wetenschap te verzekeren; dat de Duitse octrooiwetgeving vanaf 1877 het eigendom van de resultaten van wetenschappelijk onderzoek ook genoegzaam beschermd om dit onderzoek in competitie te stimuleren; en dat de door de Duitse industrie georganiseerde wetenschappelijke "massa-arbeid" in de bedrijfslaboratoria de succesvolle exploratie van het domein der azokleurstoffen mogelijk maakt (waarmee de wetenschap ook binnen de industrie is geïnstitutionaliseerd).

In meer recente historische beschouwingen is de rol van de wetenschap in de ontwikkeling van de kleurstofindustrie nog meer geaccentueerd vanuit het perspectief dat de verdere groei van de industriële researchlaboratoria in onze eeuw opent. De wetenschap is daarmee binnen de chemische industrie geïnstitutionaliseerd en de beslissende rol van de wetenschap voor de industriële ontwikkeling lijkt er door te worden bevestigd. Caro's beoordeling van de ontwikkeling wordt dan ook in het algemeen gevolgd. Ook Stolz brengt deze visie niet in discussie. Zijn aandacht gaat uit naar de ontwikkeling die in de kleurstofchemie zelf kan worden gezien, waarbij een imitatiefase, een empirisch experimentele "probeerfase" een fase van uitwerking van empirische zoekstrategieën en van beginnend gebruik van wetenschappelijke kennis, een fase van doelgericht onderzoek, eindigend in een fase van stagnatie voor afzonderlijke onderzoekgebieden wordt onderscheiden. Dit schema wordt voor de verschillende belangrijke kleurstofgroepen gespecificeerd.

Door het afzonderlijk en na elkaar behandelen van de ontwikkelingen op de domeinen van de verschillende klassen van verbindingen en doordat de ana-

lytische beschrijving van vele detailresultaten het moeilijk maakt om synchrone gebeurtenissen uit verschillende domeinen in hun samenhang te zien, wordt het moeilijker om een synthetische karakterisering van een bepaalde periode te geven. Tevens wordt de beschrijving bij Stolz zeer gehinderd door anachronistisch gebruik van de taal van de hedendaagse organische chemie. Caro maakt in feite gebruik van eenzelfde structureringsprincipe. Door de inside-informatie, waarover hij als participant beschikt in de geschiedenis die hij bespreekt, kan hij evenwel vele dwarsverbanden leggen, die zijn verhaal nog steeds uitermate boeiend maken. Ook bij hem is een synthetische karakterisering van diverse perioden niet te vinden.

Wij geven in dit artikel ook daarom de voorkeur aan een chronologische indeling, waarbij alleen binnen relatief korte perioden ontwikkelingen op diverse gebieden na elkaar worden besproken. Door de keuze van peiljaren voor de industriële "stambomen" wordt in de gevolgde methode een periodisering van enigszins willekeurig karakter aangebracht. Deze kunnen we zonder moeite laten samenvallen met de traditionele periodisering, welke wordt gemarkeerd door belangrijk geachte ontdekkingen. Die markeringspunten krijgen echter in de traditionele geschiedschrijving extra gewicht omdat de daaropvolgende periode gekarakteriseerd wordt door ontwikkelingsprocessen die in die ontdekkingen een begin vinden. De eerste periode die begint met de ontdekking van het anilinepurper door Perkin in 1856 wordt traditioneel gekarakteriseerd als die van de toevalsondekkingen op basis van empirisch proberen: het fuchsine is daarbij het meest succesvolle resultaat.

De tweede periode wordt ingeluid door Hofmann's publicaties over het fuchsine (1862-64), die de kleurstofchemie van puur empirische methoden naar een wetenschappelijke aanpak van de problemen voert. De derde periode begint met het geweldig wetenschappelijke en industriële succes van de alizarinesynthese door Graebe en Liebermann (1868): de nieuwe era van de op wetenschap gebaseerde industrie is nu definitief begonnen.

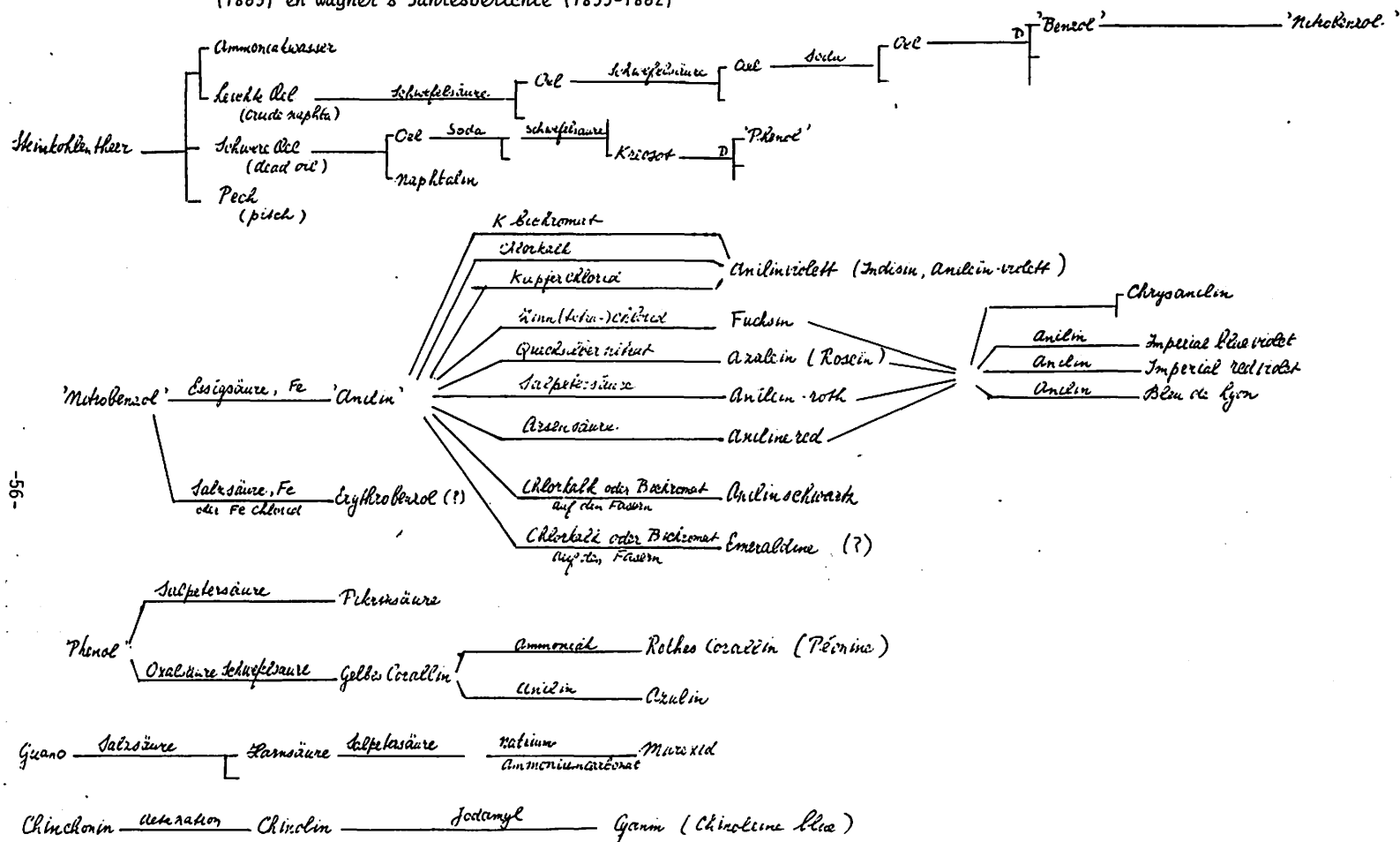
De vierde periode wordt gekarakteriseerd door de snelle exploratie van het gebied der azokleurstoffen sinds 1876 en is de periode van de industriële research. Zonder ons voorlopig uit te spreken over de merites van deze periodisering zullen we die gebruiken als een werkzame structuur voor het verhaal. We pogen voor iedere periode de ontwikkelingen in de research in verband met kleurstoffen te beschrijven en te karakteriseren.

Aan het slot van dit artikel zullen we ons afvragen in welke mate de periodisering willekeurig is en of de traditionele karakterisering van de diverse perioden kan worden onderschreven. Daarmee kiezen we positie in de dis-

Tabel 1 De in Europa in gebruik zijnde natuurlijke handelskleurstoffen en hun kleurende principes volgens O'Neill (1860) en Bolley (1868)

Madder	Alizarin $C_{14}H_5O$ or $C_{20}H_{10}O_8$, rubiacine $C_{22}H_{11}O_{10}$ (Schunck)	Krapp	Alizarin $C_{20}H_6O_6$ (Strecker), Purpurin $C_{40}H_{12}O_{14}$ (Schutzenberger & Schiffert), Pseudopurpurin $C_{40}H_{12}O_{10}$ (idem) $C_{40}H_{12}O_{14}$ (Bolley)
Garancine	From madder	Garancin	
Cochineal	Carmin $C_{16}H_{11}NO$ (Pelletier & Caventou)	Kochenille	Karmin(säure) $C_{24}H_{18}O_{20}$ (Hlasiwetz & Grabowsky)
Kermes	Coccine	Kermes	Karmin(säure)?
Safflower	Carthamine (carthamic acid) $C_{26}H_{20}O$ (Persoz)	Safflor	Carthamin $C_{24}H_{15}O_{15}$ (Schlieper)
Redwoods	Bresiline	Rothholz	Brasilin $C_{44}H_{26}O_{14}$ (Bolley)
Sandelwood		Santelholz	Santalsäure $C_{20}H_{14}O_{10}$ (Hässely & Weyermann)
Indigo	Indigotine $C_{16}H_5NO_2$ (Dumas)	Indigo	Indigotin $C_{16}H_5NO_2$
Quercitron bark	Quercitrine $C_{16}H_8O_9 + HO$	Querzitronrinde	Quercitrin $C_{66}H_{30}O_{34}$ (Hlasiwetz)
Weld	Luteoline	Wau	Luteolin $C_{24}H_{10}O_{12}$ (Schutzenberger & Paraf)
Persian berries	Rhammine, chrysorhammine $C_{23}H_{11}O_{11}$, xanthorhammine $C_{23}H_{12}O_{14}$	Gelbbeeren	Rhammine, Quercetin $C_{54}H_{18}O_{24}$
French berries	idem		
Fustic	Morine	Gelbholz	Morin $C_{24}H_{10}O_{10} \cdot 2HO$ (Hlasiwetz & Pfandler)
Turmeric	Curcumine	Curcuma	Curcumin $C_{16}H_{10}O_6$ (Vogel)
		Fisetholz	
		Wurzel, Holz des Berberitzenstrauches	Berberin $C_{40}H_{17}NO_8$ (Perrins, Hlasiwetz & v. Gilm)
		Purree	Euxanthinsäure $C_{42}H_{17}O_{21}$, HO
		Blaulholz	Hämatein $C_{32}H_{10}O_{10}$ aus Hämatoxilin $C_{32}H_{14}O_{12}$ (Hesse)
Logwood	Hemateine $C_{40}H_{15}O_{16}$ from hematoxiline $C_{40}H_{17}O_{15}$		
Gall-nuts	Tannic acid $C_{18}H_5O_9$, 3HO, gallic acid C_7HO_3		
Catechu	Japonic acid		
Archil, Cudbear, Litmas	Alpha orceine $C_{18}H_{10}NO_3$, beta orceine $C_{18}H_{10}NO_6$	Orseille	Orcein $C_{14}H_{17}NO_6$ (Laurent & Gerhardt) aus Orcin $C_{14}H_8O_4$ (Hesse)
Solid French purple	From archil	Französischer Purper	idem
Alkanet	Achusine or orcanettine $C_{17}H_{10}O_4$ (Pelletier)	Alkanna	Anchusin $C_{35}H_{20}O_8$ (Bolley & Hydler)
Anotta	Bixine, bixeine	Orlean	Bixin $C_{10}H_6O_4$ (Bolley & Mylius)

Schema I Stambomen van de synthetische organische hanaelskleurstoffen in 1862, samengesteld uit Oppler (1862), Hofmann (1863) en Wagner's Jahresberichte (1855-1862)



cussie over de rol van de industrie in de ontwikkeling van de organische chemie. Tevens kunnen we de betekenis van Kekulé's structuur- en benzeentheorie voor de ontwikkeling van de kleurstofchemie evalueren.

2. DE PERIODE 1850-1862

Het chemisch onderzoek aan natuurlijke kleurstoffen (indigo, alizarine, orseille, saffloer etc.) heeft in de negentiende eeuw (en ook vroeger) steeds in de belangstelling gestaan. Uit de materialen of de extracten die in de textielververij en -drukkerij werden gebruikt, poogde men de kleurende bestanddelen te isoleren en deze fysisch (door kristalvorm, kleur, smeltpunt etc.) en chemisch (door elementaire samenstelling en door hun omzettingsproducten, dat wil zeggen plaats in het stoffenschema) te identificeren (Tabel 1).

Er is een continue belangstelling die tot vele publicaties in de wetenschappelijke en technische literatuur leidt en tot monografieën en handboeken die de chemie van de kleurstoffen met de pretentie van volledigheid op het niveau van de chemische kennis en de vaardigheden van de tijd overzien.

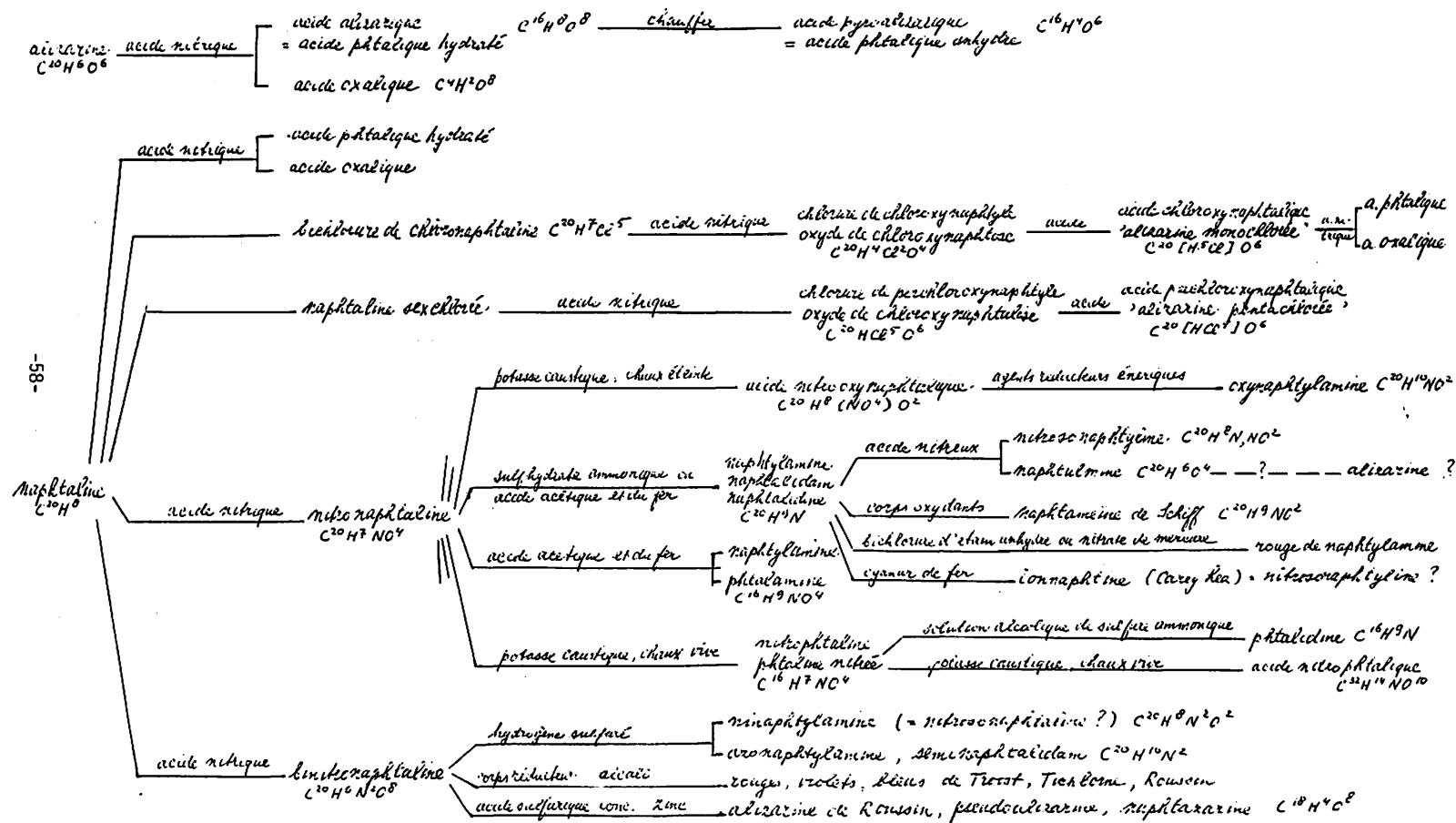
In de vijftiger jaren verschijnen synthetische kleurstoffen op de markt: pikrinezuur (1849, uit "carbolzuur"), murexide (1856, uit guano of uit urinezuur), de eerste anilinekleurstoffen (1858: anilinepurper, 1859: fuchsine etc.) en chinolineblauw (uit chinoline dat uit chinchonine wordt bereid).

In Schema 1 is de stamboom van alle synthetische kleurstoffen, die vóór 1862 op de markt komen, weergegeven.

2.1 De eerste synthetische kleurstoffen: anilinekleurstoffen-naftaleenkleurstoffen

Van de eerste synthetische kleurstoffen genieten pikrinezuur, murexide en chinolineblauw slechts een kort succes. In geval van pikrinezuur en van murexide is er een grote tijdspanne tussen de "wetenschappelijke ontdekking" van deze stoffen; dat wil zeggen: de eerste beschrijving ervan en de ontdekking van hun bruikbaarheid als textielverfstof: de "technische ontdekking". In geval van het chinolineblauw en van de anilinekleurstoffen vallen deze praktisch samen.

Het is duidelijk dat de succesvolle introductie van Perkin's anilinepurper op de markt er een aantal chemici toe bracht om gericht te gaan



Schema 2 Alizarine en de gekleurde derivaten van naftaline volgens Kopp (1861)

zoeken naar nieuwe synthetische kleurstoffen uit aniline en verwante basen en fenol en verwante zuren. In de jaren 1858-1862 kan dit zoeken worden gekarakteriseerd als het beproeven van een variëteit van reagentia (vooral oxidatiemiddelen en salpeterigzuur) onder allerlei omstandigheden op deze grondstoffen en de extractie van eventuele kleurende producten uit het reactiemengsel. Vooral "aniline" (hiermee wordt in het vervolg technische aniline bedoeld) en, in veel mindere mate, "carbolzuur" (technische fenol) blijken in de late vijftiger en in de zestiger jaren gemakkelijk uit koolteer te verkrijgen grondstoffen, waaruit een grote variëteit van economische rendabele kleurstoffen kunnen worden gesynthetiseerd (Schema 1).

Naftaleen, een belangrijke component van de koolteer en naftylamine dat uit naftaleen op dezelfde wijze wordt bereid als aniline uit benzeen, roepen hoge verwachtingen op die echter voorlopig niet worden vervuld. Die verwachtingen worden mede gestimuleerd door het vermoeden van Laurent en Gerhardt (1849), dat alizarine nauw verwant is aan chloro-oxynaftalinezuur en dat volgens hen als oxynaftalinezuur moet worden beschouwd. De gronden voor deze hypothese worden duidelijk uit de vergelijking van de reeds in de vijftiger jaren bekende stoffennetwerken rond naftaline en alizarine (zie Schema 2).

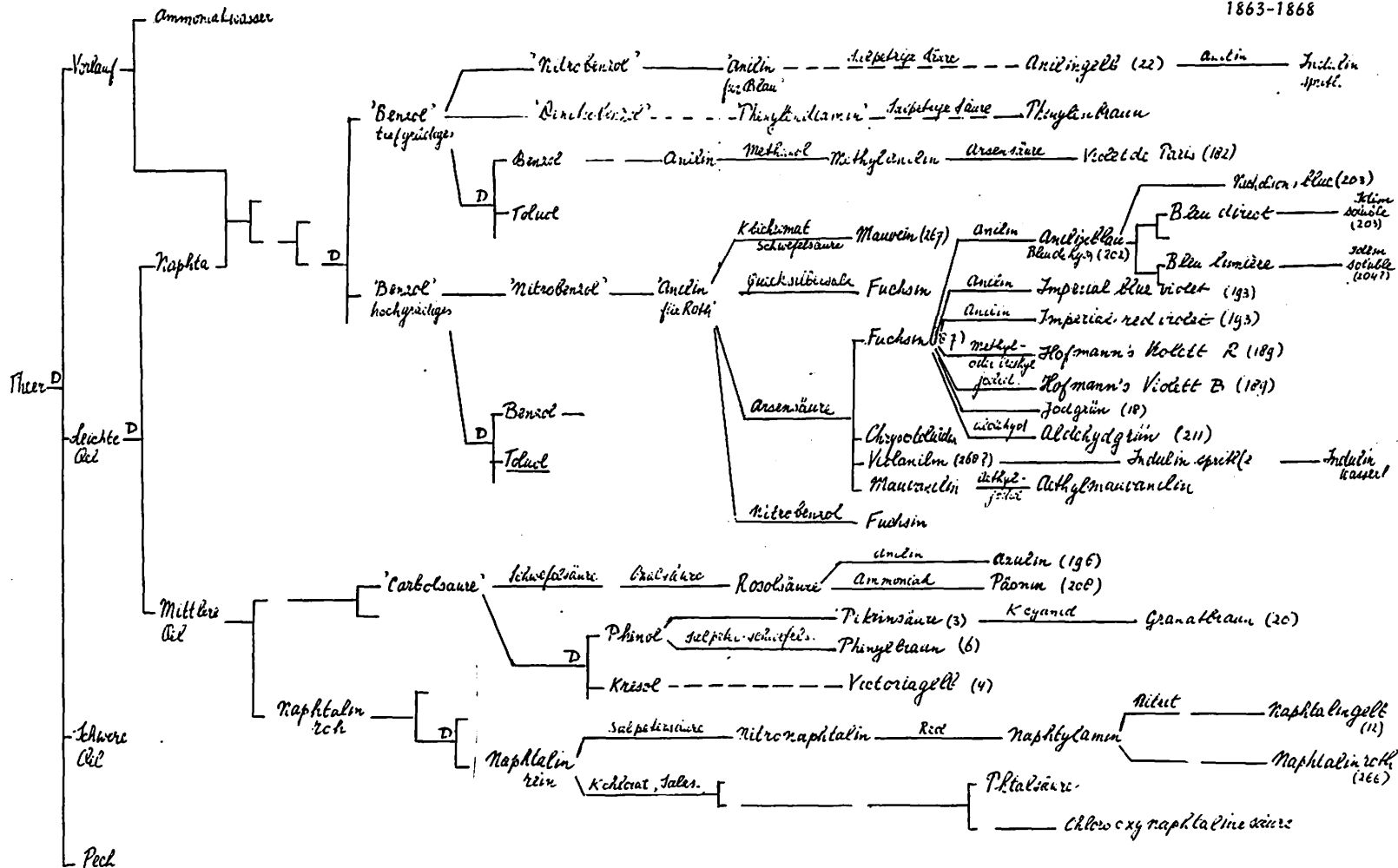
Roussin meent dat het door hem in 1861 uit naftylamine gesynthetiseerd naftazarine identiek is aan alizarine. Nauwkeuriger vergelijking onthult echter verschillen. Kopp (1861) meent dat de analyseresultaten voor naftazarine voorlopig voeren tot de formule $C^{18}H^{40}O^8$, verschillend van alizarine ($C^{20}H^{60}O^6$) en purpurine ($C^{18}H^{60}O^6$). Hij noemt voorts verschillend gedrag ten opzichte van oplosmiddelen, ten opzichte van beitsmiddelen en van met naftazarine en natuurlijke alizarine geverfde textiel ten opzichte van zeep. Kopp noemt daarom Roussin's "alizarine", pseudo-alizarine of naftazarine. De discussie rond de relatie alizarine-naftazarine, en alizarine-chloro-oxynaftalinezuur is significantief voor het niveau, waarop in de vroege zestiger jaren kleurstofchemische problemen kunnen worden behandeld. Geen van de uit naftaline gesynthetiseerde kleurstoffen blijkt praktisch bruikbaar.

2.2 Analyse en constitutie van de anilinekleurstoffen en van koolteercomponenten

Bij de analyse van de eerste anilinekleurstoffen bleek dat het hier gecompliceerde verbindingen betreft, die slechts met krachtige middelen tot reeds bekende veel eenvoudiger verbindingen zijn te transformeren. Voorlopig komt men niet veel verder dan de bepaling van molecuulformules.

De analyse van anilinekleurstoffen - in het bijzonder het anilinerood - kreeg veel aandacht van de Franse chemici vanwege de betekenis van de re-

Schema 3 Stamboom van de synthetische organische handelskleurstoffen in 1868, samengesteld uit Hofmann, De laire, Girard (1867), Reimann (1868), Schützenberger (1867), Chateau (1868), Bolley (1868) en Wagner's Jahresberichte 1863-1868



Tabel 2 Producten van de droge destillatie van steenkool volgens Calvert (Mechanics Mag. 1854, 531), aangevuld door Wagner (Jahresber. Chem. Technol. / 1855), 463) en volgens Hofmann (International Exhibition 1862, Report of the Juries 1863).

Ueber die flüssigen Destillationsproducte der Steinkohlen und deren technische Anwendung hat C. Calvert¹⁾ in Manchester interessante Mittheilungen gemacht. Die Destillationsproducte sind bekanntlich entweder Gase, Flüssigkeiten oder feste Körper, wie man aus folgender (vervollständigten) Tabelle ersieht:

Gase.
 Oelbildendes Gas CH_4
 Propylen oder Tetrylen C_3H_6
 Butylen oder Tetrylen C_4H_8
 Gruhen- oder Sumpfgas (Methylwasserstoff) C_2H_4
 Kohlenoxydgas
 Kohlensäuregas
 Wasserstoffgas
 Schwefelwasserstoffgas.

Feste Stoffe.

Paraffin
 Naphthalin
 Parannaphthalin
 Pyren und Chrysen.

Flüssigkeiten.

Schwefelkohlenstoff CS_2
 Ammoniak NH_3
 Anilin $\text{C}_{12}\text{H}_7\text{N}$
 Leukol (Chinolin) $\text{C}_{18}\text{H}_9\text{N}$
 Picolin $\text{C}_{12}\text{H}_7\text{N}$
 Phenylige Säure $\text{C}_{12}\text{H}_6\text{O}_2$
 Benzol C_{12}H_6
 Toluol C_{14}H_8
 Nylol $\text{C}_{16}\text{H}_{10}$
 Cumol $\text{C}_{18}\text{H}_{12}$
 Cymol $\text{C}_{20}\text{H}_{14}$
 Cyan u. Schwefelcyan C_2N u. C_2NS_2
 Paraffinhaltiges Oel.

Products of the Destructive Distillation of Coal.

Name	Formula	Boiling point
Hydrogen	H_2	—
Methane gas, or Hydrate of Methyl	$(\text{C}_2\text{H}_6)\text{H}$	—
Hydride of Methyl	$(\text{C}_2\text{H}_6)\text{H}$	—
Hydride of Octyl	$(\text{C}_8\text{H}_{18})\text{H}$	—
Hydride of Decyl	$(\text{C}_{10}\text{H}_{22})\text{H}$	—
Oil-gas, or Ethylene	C_2H_4	—
Propylene, or Tetrylene	C_3H_6	—
Caproylene, or Heptylene	C_6H_{12}	55°C.
Enanthylene, or Heptylene	C_7H_{14}	—
Paraffin	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ (?)	—
Acetylene	C_2H_2	—
Benzol	C_6H_6	80°
Paralenzol	C_8H_{10}	97° 5
Toluol	C_7H_8	114°
Xylol	C_8H_{10}	126°
Cumol	C_9H_{12}	150°
Cymol	$\text{C}_{10}\text{H}_{14}$	175°
Naphthalin	C_{10}H_8	212°
Parannaphthalin, or Anthracene	$\text{C}_{14}\text{H}_{10}$	—
Chrysen	$\text{C}_{18}\text{H}_{12}$ (?)	—
Pyren	$\text{C}_{16}\text{H}_{10}$	—
Eupion	$\text{C}_{18}\text{H}_{14}$ (?)	—
Water	H_2O	100°
Hydrosulphuric acid	H_2S	—
Hydrocyanic acid	$(\text{CN})\text{H}$	—
Carbonic oxide	CO	—
Carbonic anhydride	CO_2	—
Disulphide of carbon	CS_2	47°
Sulphurous anhydride	SO_2	-10°
Acetic acid	$(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})\text{O}$	120°
Phenyllic acid, or alcohol, Phenol	$(\text{C}_6\text{H}_5)\text{O}$	188°
Cresylic acid, or alcohol, Cresol	$(\text{C}_7\text{H}_7)\text{O}$	203°
Phloric acid, or alcohol, Phlorol	$(\text{C}_9\text{H}_9)\text{O}$	—
Rosolic acid	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{O}_2$ (?)	—
Branolic acid	$(?)$	—
Ammonia	H_3N	-33°
Aniline	$(\text{C}_6\text{H}_5)\text{N}$	182°
Cephaline	$(\text{C}_8\text{H}_9)\text{N}$	96°
Pyridine	$(\text{C}_5\text{H}_5)\text{N}$	115°
Picoline	$(\text{C}_6\text{H}_7)\text{N}$	134°
Luclidine	$(\text{C}_7\text{H}_9)\text{N}$	154°
Collidine	$(\text{C}_8\text{H}_{11})\text{N}$	170°
Parcolline	$(\text{C}_9\text{H}_{13})\text{N}$	185°
Covidine	$(\text{C}_{10}\text{H}_{15})\text{N}$	211°
Bulodine	$(\text{C}_{11}\text{H}_{17})\text{N}$	230°
Viridine	$(\text{C}_{12}\text{H}_{19})\text{N}$	251°
Leucoline	$(\text{C}_{13}\text{H}_{21})\text{N}$	275°
Lepidine	$(\text{C}_{14}\text{H}_{23})\text{N}$	290°
Cryptidine	$(\text{C}_{15}\text{H}_{25})\text{N}$	—
Pyrol	$\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$	133°
Hydrocyanic acid	HCN	26°C.

sultaten voor de processen rond het fuchsinepatent van de gebroeders Renard. Het ging er hierbij o.a. om of rode kleurstoffen die door verschillende procédés uit aniline worden bereid, met name fuchsine en azaleïne, als verschillend kunnen worden geïdentificeerd.

De beslissende bijdragen van Hofmann aan deze discussie, die zijn intrede op het gebied van de anilinekleurstoffen betekenen, kunnen gevoegelijk als markerings voor een nieuwe periode worden beschouwd.

Ook de koolteer die als een aanvankelijk lastiger onbruikbaar bijproduct van de koolgasindustrie de producenten grote problemen gaf, verkrijgt intensieve belangstelling van de chemici. Reeds vóór de ontdekking van de anilinekleurstoffen waren door Mansfield en Greville Williams reeds een lange reeks van basen en neutrale stoffen en enkele zuren uit de koolteer geïsoleerd. Dit onderzoek kreeg nu een nieuwe stimulans.

Enerzijds voerde dit tot steeds nauwkeuriger identificatie van de diverse componenten door kookpunt- en/of smeltpuntbepalingen, anderzijds tot een snel uitbreidende kennis over de nauwe onderlinge chemische relaties van veel koolteerbestanddelen en de vele analogieën in chemisch gedrag (Tabel 2). De klasse van verbindingen, waarin zij vanwege die relaties en analogieën werden samengebracht - de zogenaamde aromatische verbindingen - groeide snel en het netwerk van transformaties dat de individuen van deze klasse verbindt, werd steeds dichter.

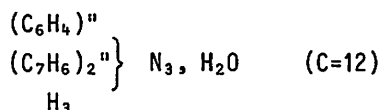
Met betrekking tot de constitutie van de aromatische verbindingen - welke de kennis over de transformaties schematiseert - komt men voorlopig niet veel verder dan de introductie van een lange reeks van kool-waterstofradicalen binnen de algemene schema's van de typen- of de nieuwe radicaltheorie. Dit reflecteert het gebrek aan kennis over transformaties tussen stoffen die door verschillende radicalen worden gekarakteriseerd.

3. DE PERIODE 1862-1869

Een vergelijking van de stambomen van de in de handelskleurstoffen voor 1862 en 1868 (zie Schema 1 en Schema 3) voert tot de conclusie dat de ontwikkeling in de tussenliggende periode vooral geconcentreerd is rond derivaten van het fuchsine. Het fuchsine wordt van belangrijkste synthetische textielverfstof tevens tot het belangrijkste intermediair en terecht kan deze periode dan ook "fuchsineperiode" worden genoemd. Daarnaast verschijnen de gesubstitueerde anilines als belangrijke intermediairen. Fenol en naftylamine vinden ook in deze periode nog slechts beperkte toepassingen.

3.1 De invloed van Hofmann op de ontwikkeling van de kleurstofindustrie

In de industriële ontwikkelingen van deze periode wordt traditioneel aan Hofmann een centrale rol toegekend. Hofmann gaat rond 1861 zijn aandacht op de anilinekleurstoffen richten, waarschijnlijk aangemoedigd door zijn oud-leerling Nicholson en door Franse chemici en industriëlen, betrokken in de processen rond het fuchsine. De bijdragen van Hofmann, die wij in §3 aan het begin stelden van een nieuwe periode in de ontwikkeling van de kleurstofchemie, betreffen in de eerste plaats zijn analysesresultaten van anilinerood en de interpretatie ervan. Hij herkent de verschillende vormen van anilinerood als zouten van het rosaniline $C_{40}H_{19}N_3$ (C=6) een triamine (1862). Deze molecuulformule en de omstandigheid dat uit zuivere aniline, $C_{12}H_7N$ (C=6) geen anilinerood kan worden bereid, uit mengsels van aniline en toluïdine, $C_{14}H_9N$, daarentegen wél, leidt tot een constitutie die in de typeformulering als volgt wordt geschreven (1864):



Dit resultaat interfereert met een onderzoekprogramma dat de optimale verhoudingen en omstandigheden tracht te vinden voor de anilineroodsynthese en dat kleurstofsynthesen beproeft, analoog aan die van rosaniline, uitgaande van andere analoge componenten, bv. alléén met toluïdine.

Hofmann's onderzoek over de vorming van het anilinerood voert Caro (1865) tot een analoog onderzoek over de rol van fenol en kresol bij de synthese van rosolzuur. Ook hier is het resultaat dat uit zuiver fenol geen rosolzuur kan worden gevormd. Als er bovendien uit rosaniline rosolzuur blijkt te kunnen worden gevormd, is een belangrijk verband tussen de aniline- en fenolkleurstoffen gelegd.

Een tweede bijdrage van Hofmann is de herkenning van het anilineblauw van Girard en De Laire als gefenyleerd rosaniline. Dit voert tot een onderzoekprogramma dat poogt om kleurstoffen te bereiden door alkylering van rosaniline. De zogenaamde Hofmannse violetten die hieruit resulteren bleken een groot succes. Voorts voeren Hofmann's inzichten over de constitutie van het rosaniline, het anilineblauw en de violetten tot een onderzoekprogramma om kleurstoffen te bereiden uit gealkyleerde of gefenyleerde aniline, toluïdine etc. met de methodes, gebruikt voor de anilineroodsynthese, en om een alternatief te vinden voor de dure alkyljodides, die aanvankelijk voor de alkylering benodigd waren. Girard en De Laire (1866)

synthetiseren difenylamine uit aniline en hieruit difenylamineblauw. Poirrier en Chappat (1866) synthetiseren ethyl- en (di)methylaniline en hieruit methylviolet. Dit programma wordt gestimuleerd door de omstandigheid dat de Franse kleurstofindustrie ernstig wordt gehinderd door het monopolie van "La Fuchsine" over de fuchsineproductie.

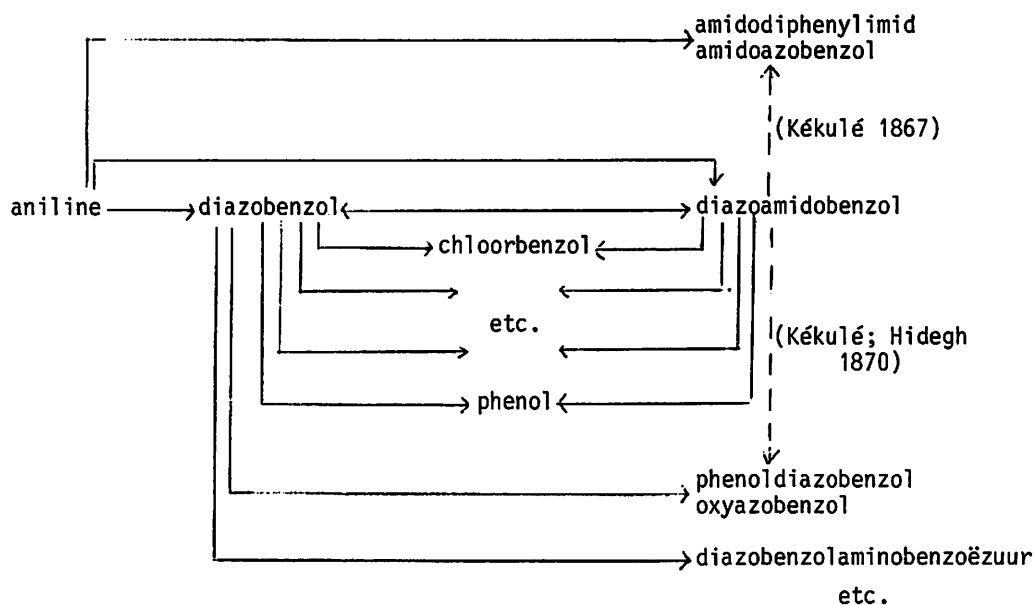
Het onderzoekprogramma over de verbetering van de anilineroodsynthese dat boven reeds werd genoemd, vond zijn oorsprong in de slechte beheersbaarheid en de inefficiëntie van het productieproces. Het werd spoedig duidelijk dat de "aniline" die werd gebruikt van zeer wisselende kwaliteit was. De wens tot verbetering van de kwaliteit van de "aniline" voerde tot de verbetering van de destillatiemethoden binnen de koolteerdestillatieindustrie (Coupier, Depouilly, 1863). Een zuiverder "aniline" bleek echter geen hogere opbrengsten te leveren. Hofmann's resultaten gaven hiervoor een verklaring. Voor fenylering van rosaniline bleek anderzijds zuivere aniline essentieel. Het een en ander was een stimulans om dit chemisch-technische onderzoekprogramma door te zetten tot een goede scheiding, vooral van aniline en toluïdine, uitvoerbaar was. Met zuivere grondstoffen bleken ook nieuwe kleurstoffen te kunnen worden vervaardigd, bv. het controversiële toluolrood uit zuivere toluïdine (Coupier, 1865) en het onderzoek voerde tevens tot de isolatie van nieuwe teerbasen, met name het pseudo-toluïdine (Rosenstiehl, 1868). Het toluolrood was vooral controversieel vanwege de omstandigheid dat het buiten het fuchsinepatent viel en dit zelfs ter discussie stelde.

De pogingen om uit naftaleen bruikbare kleurstoffen te synthetiseren, worden in deze periode intensief voortgezet, echter slechts met zeer incidenteel succes. Alleen het manchestergeel van Martius (1867) (dinitronaftol, bereid via naftylamine en diazonaftaline) vindt afzet. Het is interessant om te memoreren dat Hofmann in verband met de synthese van de kleurstof chloro-oxynaftalinezuur door P. en E. Depouilly (1865) dat, samen met ftaalzuur uit naftaleen wordt bereid, met nadruk aan de verwachting refereert langs deze weg de alizarinesynthese te realiseren. Ook de poging van Caro en Martius (1865) in deze richting voert niet tot het gewenste succes: hun resultaat is een vermeend isomeer van alizarine, dat een aantal eigenschappen ermee gemeen heeft.

3.3 *De ontdekking van de azokleurstoffen door Griess*

In deze periode vallen ook een aantal publicaties van Griess over de diazo-amido- en diazoverbindingen, die in retrospect van groot belang zijn

Schema 4 STOFFENNETWERK ROND DIAZO- EN DIAZOAMIDO-VERBINDINGEN, ONTDEKT DOOR GRIESS TOT 1864, MET TOEVOEGINGEN VAN KÉKULÉ (EN HIDEGH) IN 1867 EN 1870



Namen en formules volgens Griess (1864, 1865 met Martius) en Kekulé (1867, 1870 met Hidegh)

Aniline	$C_6H_5(NH_2)'$ of $C_6H_4(NH_3)''$	idem	$C_6H_5-NH_2$
Chloorbenzol	C_6H_5Cl	idem	C_6H_5Cl
Phenol	C_6H_6O	idem	C_6H_5-OH
Diazobenzol	$C_6H_4N_2$	idem	$C_6H_5-N=N, OH$
Diazoamidobenzol	$C_6H_4N_2$ C_6H_7N	idem	$C_6H_5-N=N-NH-C_6H_5$
Amidodiphenylimide	$C_{12}H_9(NH_2) \left. \vphantom{C_{12}H_9(NH_2)} \right\} N_2$	Amidoazobenzol	$C_6H_5-N=N-C_6H_5-NH_2$
Phenoldiazobenzol	$C_6H_6O \left. \vphantom{C_6H_6O} \right\}$ $C_6H_4N_2 \left. \vphantom{C_6H_4N_2} \right\}$	Oxyazobenzol	$C_6H_5-N=N-C_6H_5-OH$
Diazobenzolaminobenzoëzuur	$C_6H_4N_2 \left. \vphantom{C_6H_4N_2} \right\}$ $C_7H_7NO_2 \left. \vphantom{C_7H_7NO_2} \right\}$	idem	$C_6H_5-N=N-NH-C_6H_5-COOH$

voor de kleurstofchemie, hoewel de tijdgenoten zich hiervan niet bewust zijn. De diazo- en diazo-amidoverbindingen worden door Griess gesynthetiseerd door inwerking van salpeterigzuur op "aromatische amiden" onder nauw omschreven omstandigheden. Het zijn instabiele en zeer reaktieve verbindingen die in diverse andere verbindingen kunnen worden omgezet. Daarom blijken deze twee klassen van verbindingen - die trouwens nauw samenhangen - belangrijke intermediären te bevatten voor allerlei syntheses die uitgaan van "aromatische amides" als grondstof (zie Schema 4).

Door inwerking van salpeterigzuur op aniline en naftylamine - onder andere dan de door Griess beschreven omstandigheden - konden kleurstoffen worden gemaakt: het nitroso-naftaline of azodinaftyl-diamine (Perkin en Church, 1856) en het anilinegeel (Mène, 1861). Beide kleurstoffen waren evenwel van slechte kwaliteit.

Uit onderzoek van Martius en Griess bleek (1866) dat het anilinegeel, hoewel isomeer met, toch volkomen verschillend was van diazo-amido-aniline en ze slaagden er ook niet in de isomeren in elkaar om te zetten. Het anilinegeel kreeg de systematische naam amidodifenylimide of amido-azobenzol. Nauw gerelateerd aan deze stof is het fenyleenbruin dat door Caro en Griess in 1867 uit fenyleendiamine en salpeterigzuur werd gesynthetiseerd. Het bleek een economisch interessante kleurstof te zijn. Eerst 10 jaar later zal blijken dat de klasse van de azoverbindingen, waartoe anilinegeel en fenyleenbruin behoren, een onuitputtelijk lijkende bron van goede kleurstoffen is en dat ze via de diazoverbindingen volgens een algemeen voorschrift op eenvoudige wijze kunnen worden gemaakt. In 1867 wordt fenyleenbruin echter nog als een geïsoleerd succes gezien, dat geen aanleiding geeft tot intensief verder zoeken.

3.4 Baeyer's vroege kleurstofonderzoek

Het chemisch onderzoek van natuurlijke kleurstoffen wordt in de zestiener jaren intensief voortgezet met de beschreven methoden. Het is enerzijds zoals vanouds gericht op verbetering van de kwaliteit van het natuurlijke product, anderzijds steeds meer op een economisch rendabele synthese van deze kleurstoffen. Daarvoor is de constitutiebepaling van groot belang en de eenvoudiger derivaten die uit de natuurlijke kleurstoffen worden verkregen, spelen een centrale rol bij het zoeken naar geschikte uitgangsstoffen voor de synthese. Die derivaten trekken óók de aandacht van de kleurstofchemici, omdat er een verwachting is dat, uitgaande daarvan, ook andere kleurstoffen binnen eenzelfde klasse kunnen worden gesynthetiseerd. Bij de indeling van de synthetische kleurstoffen in aniline-, fenol- en nafta-

leenkleurstoffen functioneert reeds een primitief klassebegrip. Bij de ontwikkeling van een meer geavanceerd klassebegrip in de zeventiger jaren, zal Baeyer een centrale rol spelen.

Baeyer begint in 1865 met zijn indigo-onderzoek. De opheldering van de constitutie van indigo en in wisselwerking daarmee het vinden van synthesewegen zal echter vele jaren vergen en eerst in een latere periode tot definitieve resultaten voeren. Het begin van het indigo-onderzoek valt samen met de afbouw van een ander programma, dat rond urinezuur. Zijn intensieve belangstelling hiervoor in de vroege zestiger jaren kan misschien worden begrepen uit de relatie van urinezuur met murexide. Het programma kan wel zijn beëindigd, omdat het tot weinig praktische resultaten voerde en het murexide zelf uit de markt werd gedrukt.

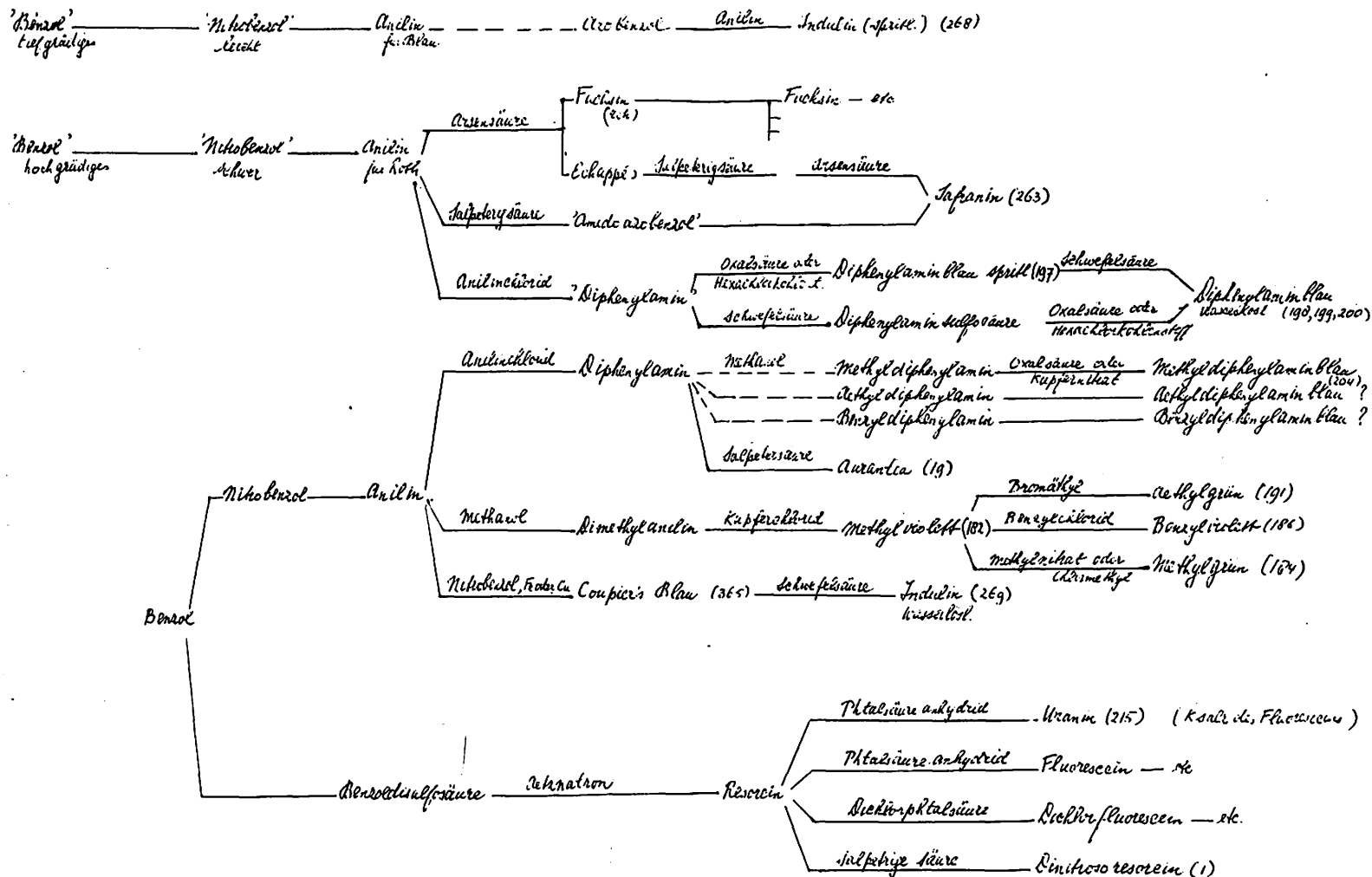
Baeyer's belangstelling voor het alizarine lijkt voorlopig zijdelings. Het cruciale experiment dat de synthese mogelijk maakte, wordt evenwel door hem geïnitieerd. We stellen - in overeenstemming met de traditie - de alizarinesynthese aan het begin van een nieuwe periode.

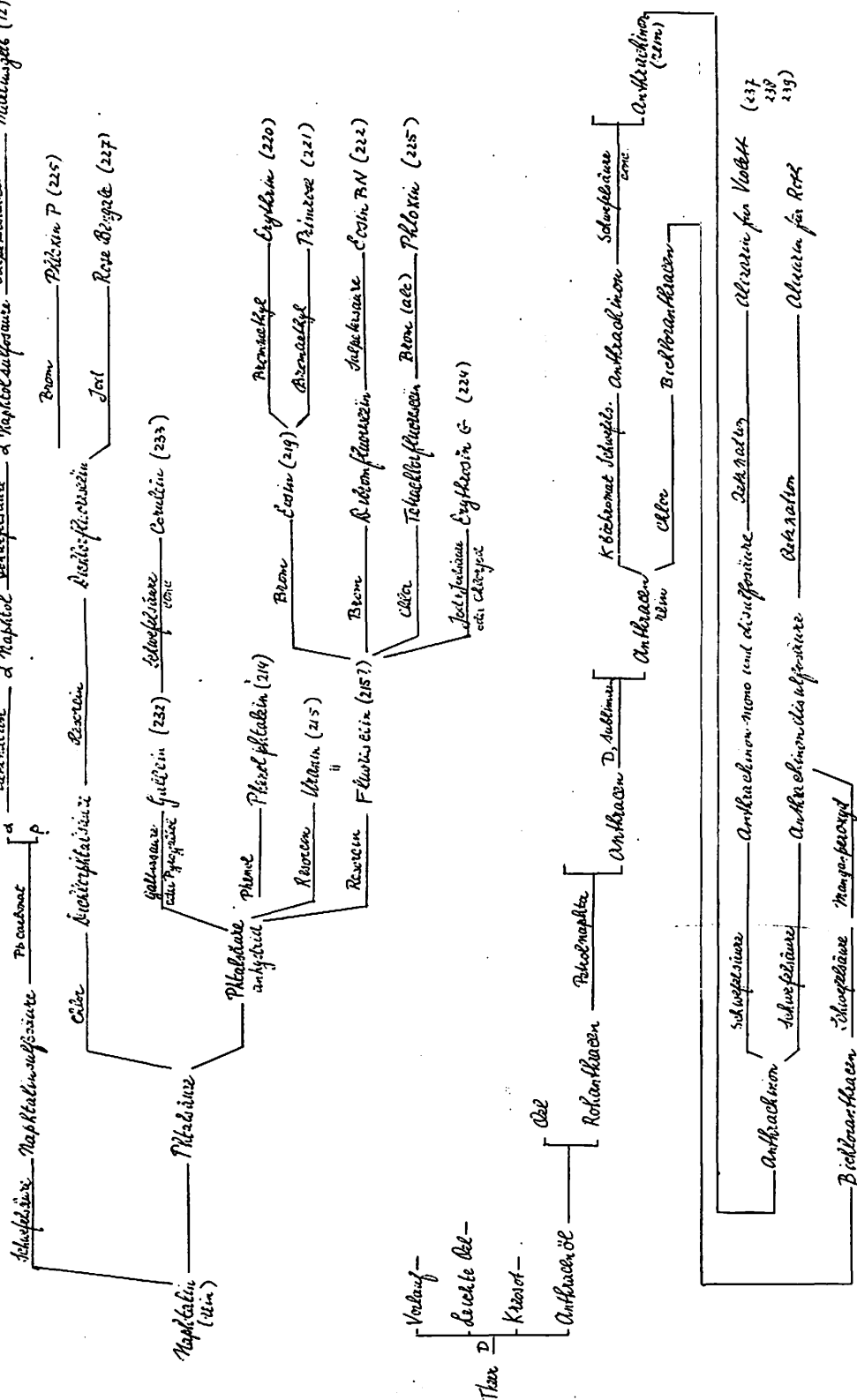
3.5 Kekulé en de kleurstofchemie

Vóór we deze karakteriseren, dient de invloed van de theoretische doorbraak in de zestiger jaren op de kleurstofchemie te worden besproken. De snelle uitbreiding van de kennis over aromatische verbindingen in deze periode wordt begeleid door een intensieve discussie over hun constitutie. De meest creatieve bijdrage is die van Kekulé, die de eigentijdse kennis over grote delen van dit gebied samenvatte in het tweede en derde deel van zijn leerboek (1865-1866) en met zijn benzeentheorie het toen bekende stoffennetwerk binnen een doorzichtig interpretatiekader plaatste. Deze theorie was in staat om vele bekende transformaties tussen stoffen die dezelfde "aromatische radicalen" bevatten, te beschrijven en voorspelde het bestaan van vele nieuwe verbindingen en de manier, waarop deze kunnen worden gesynthetiseerd. Kekulé's theorie is, ondanks de indringende wijze, waarop zij via zijn leerboek werd geïntroduceerd, niet ogenblikkelijk door zijn tijdgenoten geassimileerd. Door de school van Kolbe werd de benzeentheorie tot in de late zeventiger jaren als een te ver gaande speculatie afgewezen.

De empirische organisch-chemische kennis (de stoffennetwerken) konden in de zestiger en zeventiger jaren met minder vergaande constitutieconcepten, waarin de analyse niet tot de afzonderlijke n-waardige atomen wordt doorgevoerd op een, voor de meeste chemici, bevredigende wijze worden geschematiseerd. De discussie over de mérites van de theorie van Kekulé heeft in beperkte kring plaats. Hofmann, die tot ver in de zeventiger ja-

Schema 5 Stamboom van de synthetische organische handelskleurstoffen die tussen 1868 en 1875 volgens nieuwe procédés worden geproduceerd, samengesteld uit Girard en De Laire (1873), Bolley (1874), Wurtz' Dictionnaire de Chimie 1874 en Wagner's Jahresberichte 1869-1875 (aanvulling op de stamboom voor 1868)





ren van een typenformulering met een veelheid van aromatische radicalen gebruik blijft maken, houdt zich buiten de discussie. De andere vooraanstaande kleurstofchemici zullen de benzeentheorie eerst in de volgende periode assimileren. Alleen Baeyer, die zijn resultaten van zijn onderzoek over urinezuurderivaten nog uitdrukte in een typenformulering, maakt reeds vanaf 1865 de Kekulé'sche theorie tot het officiële voertuig voor zijn denken. De potenties ervan voor de kleurstofchemie manifesteren zich in de nu volgende perioden.

4. DE PERIODE 1869-1876

Aan het begin van deze periode wordt algemeen de alizarinesynthese van Graebe en Liebermann geplaatst. Deze veroorzaakt enerzijds een omwenteling in de kleurstofindustrie: de synthetische alizarine veroverd snel de zeer omvangrijke markt van de natuurlijke alizarine en levert zeer hoge winsten aan een aantal van de producenten. Anderzijds is de synthese een getuigenis van de mogelijkheden die de chemie belooft aan de industriële ontwikkeling. Met de alizarinesynthese wordt het anthraceen uit koolteer plotse-ling een belangrijke grondstof. De synthetische alizarine vervangt de natuurlijke alizarine in snel tempo. Ze is géén concurrent voor de aniline-kleurstoffen.

De vergelijking van de stambomen van de handelskleurstoffen voor 1868 en 1875 (zie Schema 3 en Schema 5) laat nog enige andere ontwikkelingen zien. Het betreft hier vooral de ontdekking en ontwikkeling van kleurstoffen die van ftaalzuur zijn afgeleid: de ftaleïnen. Met de ftaleïne-kleurstoffen krijgt het naftaline de grondstof, waaruit ftaalzuur wordt bereid; eindelijk een belangrijke toepassing. Voorts kan worden afgelezen dat de ontwikkelingen rond het fuchsine en de gesubstitueerde anilines die de vorige periode bepaalden ook in deze periode worden voortgezet.

Verschillende belangrijke kleurstofchemische ontwikkelingen uit deze periode worden niet in de stambomen gereflecteerd, omdat ze nog geen of slechts beperkte industriële toepassingen vonden, met name de indigoresearch en het onderzoek rond de nitroso-verbindingen en azokleurstoffen.

4.1 Synthetische alizarine

De alizarinesynthese is de eerste synthese van een belangrijke natuurlijke kleurstof en kon slechts tot stand worden gebracht met het theoretisch en experimenteel instrumentarium van de chemie der late zestiger ja-

ren. Het is geen toevalsontdekking: de toepassing van een modern reductans op alizarine en de onmiddellijke herkenning van het anthraceen dat resulteert, is vanzelfsprekend. Dat de herinterpretatie van het toen bekende stoffennetwerk rond alizarine de constitutie snel kon verhelderen en dat op basis daarvan (simultaan door Graebe en Liebermann en door Perkin) verschillende synthesesewegen werden ontdekt, hoeft geen verbazing te wekken. De enige vraag is of de alizarinesynthese tot de offspin van Graebes onderzoek van de chinonen is te rekenen, zoals de traditionele geschiedschrijving stelt, óf dat het chinonenonderzoek omgekeerd is geïntroduceerd door de wens om alizarine te synthetiseren.

In het kielzog van de alizarinesynthese wordt gezocht naar andere kleurstoffen, die uit het intermediair antrachinon kunnen worden vervaardigd. Die inspanningen leverden op den duur de oplossing van vragen met betrekking tot de plaatsisomerie van de substituenten aan de anthrachinonkern en - eerst na 1876 - ook praktische resultaten in de vorm van nieuwe met alizarine verwante kleurstoffen. Aan dit onderzoek zijn de namen van Graebe, Liebermann, Perkin, Baeyer, Caro, Brunck en Rosenstiehl verbonden.

4.2 De ontdekking van de ftaleïnekleurstoffen

Een tweede onderzoeksgebied die in deze periode wordt ontsloten, is dat van de ftaleïnekleurstoffen. De klasse der fenolen was juist in de zestiger jaren uitgebreid met verschillende individuen, verkregen door afbraak van natuurproducten, zoals orcine en β -orcine uit orseille, floroglucine uit quercetine, geelhout en catechu, pyrogalluszuur o.a. uit catechu, en resorcine uit diverse harsen. Kekulé beschouwt ze als hydroxybenzeenverbindingen: $C_6H_6-n(OH)_n$. Hun oorsprong en analogie met fenol en kresol roept de verwachting op dat ze als grondstoffen voor kleurstoffen kunnen dienen.

In 1871 publiceert Baeyer - dan hoogleraar in Straatsburg - de synthese van een kleurstof "galleïne" uit pyrogalluszuur. Deze laatste stof is juist tevoren geïsoleerd als derivaat van de kleurstof uit campêchehout (Reim, 1871) en Baeyer's resultaat mag als een poging om deze kleurstof te synthetiseren worden beschouwd. Galleïne werd bereid door verhitting van pyrogalluszuur met ftaalzuuranhydride en de reactie werd door Baeyer geïnterpreteerd als een condensatie van pyrogalluszuur via wateronttrekking door ftaalzuuranhydride: $4C_6H_6O_3 - 3H_2O = C_{24}H_{18}O_9$.

Kort daarna wordt door Baeyer op analoge wijze uit resorcine een kleurstof "fluoresceïne" bereid. Ook andere van de bovengenoemde fenolen en

Tabel 3 KLASSIFICATIE VAN KLEURSTOFFEN

Genetische klassificatie volgens Wagner (1869)-(1879)

α Vegetabilische und animalische Farbstoffe

β Theerfarben

1. Anilinfarben
2. Carbol- und Kresylsäurefarben
3. Naphthalinfarben
4. Anthracenfarben
5. Resorcinfarben (1875)-(1879)

Structurele klassificatie volgens Baeyer (1871)

Bindes- substanz	Chromogener Bestandteil	Phenol	Naphtol	Resorcin	Pyrogallus- säure	u.s.w.
Phtalsäure	Phtaleïn des Phenols	-	-	Fluoresceïn	Galleïn	
Bernsteinsäure	-	-	-	Malin's substanz	-	
Kohlensäure	Rosolsäure	-	-	Euxanthon	-	
u.s.w.						

Structurele klassificatie volgens Schultz & Julius (1888)

I	Nitrosofarbstoffe	(Nr. 1-2)	XIII	Safranine	(Nr. 259-267)
II	Nitrofarbstoffe	(Nr. 3-20)	XIV	Induline en Nigrosine	(Nr. 268-269)
III	Azoxyfarbstoffe	(Nr. 21)	XV	Künstlicher Indigo	(Nr. 270-271)
IV	Azofarbstoffe	(Nr. 22-162)	XVI	Chinolin- und Acridin- farbstoffe	(Nr. 272-274)
V	Hydrazonfarbstoffe	(Nr. 163-165)	XVII	Anhang	(Nr. 275-278)
VI	Diphenylmethanfarbstoffe	(Nr. 166)			
VII	Triphenylmethanfarbstoffe	(Nr. 167-236)			
VIII	Anthracenfarbstoffe	(Nr. 237-247)			
IX	Indophenole	(Nr. 248-249)			
X	Oxazine	(Nr. 250-254)			
XI	Thionin- farbstoffe	(Nr. 255-256)			
XII	Eurhodine	(nr. 257-258)			

naftol geven met ftaalzuuranhydride kleurstoffen. Analyse van het fluoresceïne noodzaakt hem de reactie als een condensatie van resorcine en ftaalzuur te beschrijven. De klasse der ftaleïnen wordt nu gedefinieerd als condensatieproducten van ftaalzuur (anhydride) en de fenolen. Verder onderzoek voert in de kring rond Baeyer en Caro (BASF) tot de synthese van het eosine (Baeyer en Caro, 1874) en derivaten ervan: erythrine (Caro, 1874), primerose (Caro, 1874), eosine BN (Caro, 1875). De onthulling van de constitutie en bereidingswijze van eosine door Hofmann (1875) brengt de ftaleïnes onder de aandacht van concurrenten en er verschijnen diverse varianten, zoals erythrosine (Bindschedler en Busch, 1876), erythrosine G, phloxin en rose bengale (Nölting, 1875, 1876).

Baeyer's ftaleïnenonderzoek werd in 1873 verbonden met het anthrachinon-onderzoek door de synthese van chinizarine - een isomeer van alizarine - uit hydrochinon en ftaalzuur. Deze en dergelijke condensaties worden voor de bepaling van de plaatsisomerie van de oxy-anthrachinonen van belang.

4.3 Een nieuwe klassificatie van kleurstoffen

Er bestaat bij Baeyer reeds in 1871 een conceptie die de ftaleïnen als een subgroep van een algemenere klassificatie van fenolkleurstoffen karakteriseert. Deze worden beschouwd als condensatieproducten van ftaalzuur, barnsteen- en koolzuur etc. met fenolen. De fenolen worden daarin de "chromogene" bestanddelen genoemd: ftaalzuur, barnsteen- en koolzuur, het "bindende" bestanddeel (zie Tabel 3).

Rosolzuur is het condensatieproduct van fenol en koolzuur, euxanthon, dat van resorcine en koolzuur. Ook de rosanilinekleurstoffen zouden begrepen moeten worden als condensatieproducten, waarbij het methyl van toluïne de rol heeft van een bindende groep voor de aromatische groepen van het molecuul. Deze conceptie - in 1871 nog speculatief - zal aan het einde van de zeventiger jaren uiterst vruchtbaar blijken. Baeyer zelf heeft hoge verwachtingen: "Jedenfalls ist durch diese Methode ein ungeheures Feld für die Synthese gewonnen, welche nicht nur Farbstoffe in unbegrenzter Zahl sondern auch andere Substanzen zu liefern verspricht." (Baeyer, 1871.)

Mét deze conceptie wordt de bestudering van de condensatiereacties, waarbij (aromatische) koolwaterstoffen via een alifatisch koolstofatoom met andere (aromatische) koolwaterstoffen worden verbonden voor Baeyer van groot belang. In de zeventiger jaren loopt onder Baeyer's leiding een uitgebreid onderzoekprogramma, waarin men ftaalzuur (anhydride, chloride) of aldehyden (benzaldehyde) en alcoholen met fenolen en later ook met gesubstitueerde anilines tracht te condenseren. Dit programma kan in het kader

van de kleurstofsynthesen worden geplaatst. Baeyer verwacht de oplossing van kleurstof-chemische problemen kennelijk van een brede aanpak, waarin de klasse van de verbindingen, die kleurstoffen bevatten en de klassen van reacties, die tot kleurstoffen aanleiding geven in hun algemene aspecten worden bestudeerd. Dat geeft Baeyer ook de rechtvaardiging zijn onderzoek als fundamenteel onderzoek over klassen van verbindingen en klassen van reacties aan te kondigen. Praktische, economische intenties van onderzoek worden in het algemeen door hem niet genoemd, maar geven waarschijnlijk wel degelijk richting aan het programma.

4.4 Rosaniline kleurstoffen en rosolzuur

Naast de nieuwe ftaleïne-kleurstoffen ondervinden de rosanilinekleurstoffen en het rosolzuur en zijn derivaten voortdurende belangstelling. Het onderzoek van deze stoffen wordt bemoeilijkt door het samen optreden van isomeren en homologen, hetgeen vanuit de bereidingswijze uit onzuivere handelsgrondstoffen en de aard van de vormingsreactie (condensatie van drie of meer moleculen tot complexe verbindingen) is te begrijpen.

Rosenstiehl poogt de verschillende rosaniline-isomeren en homologen te scheiden en te onderscheiden via de verschillende toluïdines, waaruit ze in combinatie met aniline ontstaan en op basis daarvan de synthese te verbeteren.

Hofmann zet in nauwe samenwerking met Martius het onderzoek van de homologen en isomeren van aniline, toluïdine etc. voort. De resultaten ervan vinden toepassing in de AGFA. Met name het dimethylaniline, de grondstof van het methylviolet, krijgt veel aandacht.

Caro, Graebe, Dale en Schorlemmer richten hun aandacht vooral op de rosolzougroep. Over de constitutie van deze verbindingen bestaat voorlopig nog geen overeenstemming. Wél wordt het steeds duidelijker dat de rosanilines en het rosolzuur nauw met elkaar samenhangen.

4.5 Op weg naar de indigosynthese, de nitroso- en de azokleurstoffen

We noemden aan het begin van deze paragraaf enige belangrijke wetenschappelijke ontwikkelingen die in deze periode nog geen industriële toepassing vinden.

De indigoresearch van Baeyer die, via een analyse van allerlei afbraakproducten ervan verloopt, voert rond 1870 tot structuuropheldering van een aantal ervan: isatine, dioxindol, oxindol en indol. Kekulé (1870) kritiseert Baeyer en onderneemt in de zeventiger jaren diverse synthese-pogingen, echter zonder succes.

Hoge verwachtingen roepen nieuwe kleurstoffen op, waarvan de eerste door Weselsky (1871) uit resorcine worden bereid door inwerking van salpeterig-zuur, door hem diazoresorcine genoemd, en waaruit andere brilliante gekleurde derivaten worden gesynthetiseerd. Baeyer ontdekt dat het diazoresorcine via het intermediair nitroso-resorcine ontstaat en dat het diazoresorcine niet tot de klasse der diazoverbindingen van Griess behoort, hoewel er verwantschap bestaat. Hij richt intensieve aandacht op de nitrosoverbindingen. Hij laat salpeterigzuur inwerken op diverse fenolen en op secundaire en tertiaire amines: de nitrosoverbindingen blijken zeer reactief te zijn. De verwachting dat ze goede kleurstoffen kunnen leveren - alsmede dat ze bij de indigosynthese bruikbaar zouden zijn - kan de inspanningen van Baeyer c.s. zeker hebben gestuurd. Het onderzoek voert evenwel in deze periode nog niet tot praktische resultaten.

De periode die rond 1876 begint, wordt traditioneel gekarakteriseerd door de explosieve ontwikkeling op het gebied van de azokleurstoffen. In 1876 en 1877 verschijnen het chrysoïdine en de tropaeolines van de firma Williams, Thomas en Dower en de orangés van Poirrier op de markt. Deze kleurstoffen worden gevolgd door een brede stroom van andere azokleurstoffen.

In de periode 1869-1876 die in deze paragraaf wordt beschouwd, zijn de voortekenen voor deze ontwikkeling schaars. De koppeling van diazoverbindingen met fenolen tot oxy-azoverbindingen wordt in 1870 voor de eerste maal gerealiseerd door Kekulé en Hidegh (met diazobenzol en fenol), maar eerst vijf jaar later lijkt de reactie te worden gegeneraliseerd, wanneer ze door Baeyer en Jäger (1875) als vanzelfsprekend ook met resorcine wordt uitgevoerd.

Deze onderzoeken lijken echter alleen maar argumenten te moeten aandragen in het debat rond de constitutie van de diazoverbindingen. Ook Griess die zich in 1874, na jaren van afzijdigheid, weer in dit debat mengt en in 1876 opnieuw regelmatig over diazoverbindingen gaat publiceren, blijkt voorlopig slechts in constitutieproblemen te zijn geïnteresseerd.

Alleen bij de research van Victor Meyer en zijn leerlingen in Zürich, over zogenaamde gemengde azoverbindingen (1875), horen we van contacten met Bindschiedler en Busch in Basel over de kleurstofeigenschappen van deze stoffen.

5. DE PERIODE 1876-1888

De stamboom van de handelskleurstoffen voor 1887 (zie Schema 6) toont de explosieve groei in het decennium voor dit peiljaar. De belangrijke ontwikkelingen op het gebied van de azokleurstoffen worden pas zichtbaar door nauwkeurige beschouwing van de stamboom. Dat komt, omdat de nieuwe klassificering van kleurstoffen, die in deze periode wordt ingevoerd en die de azokleurstoffen en trifenylmethaankleurstoffen als de belangrijkste groepen bevat en *niet* genetisch van aard is en dus niet direkt gerelateerd aan de stambomen die de productiewegen van grondstoffen naar eindproducten weergeven.

De nieuwe klassificatie is gebaseerd op structuur-kenmerken en dus - als we de structuur als uitdrukking van het reactiepatroon opvatten - op identiteit in het reactiepatroon van individuen uit een bepaalde klasse van verbindingen met individuen van andere klassen. Zo worden de azokleurstoffen gevormd door diazoteren van aromatische aminen en koppeling van de gevormde diazoverbindingen met fenolen of aminen. De functionele indeling in fenolen en aminen staat dwars op de genetische indeling in benzeen-, toluene-, naftaleen- etc. verbindingen. De trifenylmethaan-kleurstoffen worden op een minder eenduidige manier gevormd uit ftaalzuur(anhydride), of benzylverbindingen enerzijds en fenylverbindingen anderzijds. De structuur van deze kleurstoffen is tegelijkertijd een samenvatting van reeds bekende syntheseswegen en een wegwijzer naar nieuwe syntheseswegen. Structuuropheldering en het vinden van nieuwe kleurstoffen gaan in deze periode hand in hand.

Toch onthult de bestudering van de stamboom voor 1887 de beslissende rol van bepaalde intermediairen in de ontwikkeling van het assortiment van de handelskleurstoffen, met name de rol van de naftylamine- en naftolsulfonzuren voor de azokleurstoffen en van dimethylaniline voor de trifenylmethaan-kleurstoffen.

De ontwikkeling van nieuwe intermediairen lijkt een noodzakelijke voorwaarde te zijn voor de productie van nieuwe, praktisch bruikbare, kleurstoffen.

Mag de periode 1876-1887 duidelijk worden gemarkeerd door het verschijnen van de nieuwe azokleurstoffen, de tropaeolines en orangés, de karakterisering ervan als het tijdperk der azokleurstoffen gaat enerzijds voorbij aan de manifeste doorbraak op het gebied van de trifenylmethaan-kleurstoffen en anderzijds aan een aantal belangrijke wetenschappelijke ontwikkelingen die nauw met de ontwikkelingen op de kleurstoffenmarkt samenhangen.

De jaren 1876-1880 brengen namelijk de oplossing van een aantal centrale problemen van de kleurstofchemie: de constitutie van de rosanilines, die van het rosolzuur en de daaraan gerelateerde verbindingen en die van de ftaleïnen en van de azokleurstoffen wordt fundamenteel opgehelderd. Daarmee wordt een verdere rationele exploratie mogelijk van de voornaamste klassen van verbindingen die hoge verwachtingen voor de kleurstofindustrie oproepen. In deze en de volgende jaren worden, in samenhang met deze resultaten, nieuwe syntheseswegen en nieuwe kleurstoffen ontdekt. Ook de eerste indigosynthese wordt gerealiseerd, die evenwel geen technisch succes blijkt te zijn. De wetenschappelijke ontwikkelingen in deze periode doen de kracht van de structuurtheorie van Kekulé manifest worden: het is het theoretisch instrumentarium dat door de hoofdrolspelers in dit bedrijf met grote vaardigheid wordt gebruikt en dat de taal levert, waarin zij hun resultaten uitdrukken.

Baeyer's indigosynthese van 1880 - het resultaat van drie jaar hernieuwd onderzoek - bevestigde de bruikbaarheid van de structuurtheorie wel zeer demonstratief. Dat de synthese economisch niet rendabel kon worden gemaakt, doet niets af aan het wetenschappelijk succes van Baeyer's indigo-programma. Baeyer maakt in de late zeventiger jaren zijn laboratorium in München tot de bakermat van praktisch alle belangrijke ontwikkelingen op kleurstofchemisch gebied met uitzondering van die op dat van de azokleurstoffen.

5.1 Baeyer's kleurstofresearch in München. Triphenylmethaan-kleurstoffen

In Baeyer's condensatieprogramma wordt in 1876 bij het zoeken naar nieuwe ftaleïnekleurstoffen, in plaats van fenolen, het dimethylaniline en in plaats van ftaalzuuranhydride, het benzaldehyde gebruikt. Deze uitbreiding van het domein der ftaleïnen blijkt zeer succesvol: er resulteren nieuwe kleurstoffen, met name het "Bittermandelölgrün".

In het kielzog van de publicaties van O. Fischer hierover (1877) maakte Doebner in Hofmann's Berlijnse laboratorium de synthese van "malachietgroen" uit benzyltrichloride en dimethylaniline bekend (1878), dat begin 1878 door de AGFA op de markt werd gebracht. Spoedig volgden nog enige varianten op deze synthese die het Brilliantgrünextra, het Lichtgrün SF en het Benzaurin opleverden (Doebner, 1879). Malachietgrün en het identieke "Bittermandelölgrün" (BASF) waren technische successen. Op den duur bleek Fischer's procédé, uitgaande van benzaldehyde, in het voordeel te zijn, vanwege de mogelijkheid om industrieel zuiver benzaldehyde te maken, hetgeen met benzeentrichloride niet gelukt is en wat groot effect heeft op de kwaliteit van het eindproduct.

De ontdekking van het trifenylmethaan als de "Muttersubstanz" van de rosanilines induceert de definitieve structuuropheldering van de rosanilines en het rosolzuur. De voorwaarden voor deze ontdekking: de onderscheiding van diverse isomeren en homologen van het rosaniline en de synthese van zuiver "pararosaniline" (Rosenstiehl), en de synthese van het trifenylmethaan als product binnen het condensatieprogramma van Baeyer (Hemilian, 1874) vallen nog in de vorige periode. Als dan E. en O. Fischer in 1878 uit zuiver pararosaniline door reductie een verbinding $C_{19}H_{16}$ weten te bereiden die als trifenylmethaan wordt geïdentificeerd, kunnen de rosanilines en het rosolzuur als trifenylmethaanderivaten worden herkend. Ook het "Bittermandelölgrün" wordt als trifenylmethaanderivaat beschouwd.

Ook de inzichten met betrekking tot de constitutie van het fenolftaleïne werden door de herkenning van het trifenylmethaan als "Muttersubstanz" van de genoemde kleurstoffen beïnvloed. In 1878 werd door toepassing van de nieuwe condensatiereactie van Friedel en Crafts een poging gedaan om de "Muttersubstanz" van het fenolftaleïne te synthetiseren. Ftaalzuuranhydride werd met benzeen gecondenseerd tot "ftalofenon" en Baeyer concludeert uit een onderzoek van de transformaties hiervan, dat het als een trifenylmethaanderivaat moet worden beschouwd. Daarmee worden alle ftaleïne-kleurstoffen binnen het domein van de trifenylmethaanverbindingen gebracht.

Baeyer's speculatieve kleurstoffenklassificatie van 1871 blijkt, zij het in gewijzigde vorm, tot een hecht in het experiment verankerde theorie te zijn uitgegroeid.

Het fundamentele inzicht dat aan het einde van de zeventiger jaren is verworven, impliceert nieuwe synthesestrategieën. Zo lijkt een rosanilinesynthese vanuit paranitrobenzaldehyde bereikbaar. Deze laatste stof ontstaat als een belangrijk nevenproduct van de indigosynthese van Baeyer en de rentabiliteit van de laatste bleek afhankelijk van een goed gebruik van dit nevenproduct. De resultaten van dit onderzoek over deze synthese werden begrijpelijkerwijze gepatenteerd (E. en O. Fischer, 1881). Het doel van dit onderzoek werd evenwel niet volledig bereikt: de laatste stap van de synthese - van leukorosaniline naar rosaniline - kon niet efficiënt worden gerealiseerd.

De nieuwe inzichten dragen in 1883 bijzondere vrucht met de ontdekking van Michler's keton (tetramethyldiamidobenzofenon: $(CH_3)_2N \cdot C_6H_4 \cdot CO \cdot C_6H_4 \cdot N(CH_3)_2$) als effectief intermediair voor trifenylmethaancondensatie. Caro (BASF) en Kern (Bindschedler en Busch) ontwikkelen tezamen op basis hiervan een reeks van succesvolle kleurstoffen: Kristallviolett, Aethylviolett, Resorcinviolett, Nachtblau, Victoriablau en Chinolingrün.

5.2 De industriële ontdekking van de azokleurstoffen. Kleurtheorie van Witt

Rest ons nog de bespreking van de ontwikkelingen in deze periode rond de azokleurstoffen. De aard van de kleurstoffen die door Williams, Thomas en Dower en door Poirrier in 1876 en 1877 op de markt werden gebracht, bleef niet lang een fabrieksgeheim. Hofmann - die van Martius (AGFA) monsters van nieuwe kleurstoffen ter analyse kreeg - herkende het chrysoïdine en één van de orangés als azokleurstoffen en gaf algemene voorschriften voor de bereiding ervan (1877): Het chrysoïdine wordt gevormd uit diazobenzol(nitraat) en metafenyleendiamine(nitraat). Ook diazotoluol, -xylol etc. zullen met fenyleen- en toluyleendiamine kleurstoffen leveren. De orangés zijn oxy-azo-benzeen- of-naftaleensulfonzuren, die door koppeling van (gesulfoneerde) diazoverbindingen en fenol(sulfonzuren) kunnen ontstaan.

Witt, de ontdekker van het chrysoïdine haastte zich om de resultaten van zijn onderzoek openbaar te maken. Caro (BASF) en Roussin (Poirrier) patenteerden, voorzover nog mogelijk, hun uitvindingen. Griess vatte de resultaten van zijn onderzoek van de voorafgaande jaren in 1878 in een uitgebreide publicatie samen en patenteerde in overleg met Caro de door hem gevonden procédés, voorzover die nog niet door anderen waren geclaimd.

Met de publicaties van Witt en Griess werd ook algemene overeenstemming bereikt over constitutie van de azokleurstoffen en over de theoretische interpretatie van de procédés om ze te bereiden. De opvattingen die Kekulé reeds in 1866 met betrekking tot de constitutie en vorming van het amido-azobenzol en over de constitutie van de diazo- en diazoamidoverbindingen had uitgesproken, werden nu door praktisch iedereen voor de azokleurstoffen en hun intermediären aanvaard, en de diverse isomeren werden voortaan beschreven als plaatsisomeren binnen de benzeentheorie.

Aansluitend op de ontdekking van de klasse der azokleurstoffen en de beschouwingen erover heeft Witt in 1876 ook een theorie over de relatie van kleur en structuur gepubliceerd. Deze theorie onderscheidt in het molecuul zogenaamde chromofore groepen (met name $-\text{NO}_2$, $-\text{N}=\text{N}-$, $=(\text{CO})$ wanneer tweemaal voorhanden, en de combinatie $\text{ftalyl}-$ en $=\text{O}$) en zoutvormende groepen (met name $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$ en haloïden die het zuurkarakter van het molecuul vergroten). De kleurstofnatuur van een aromatische verbinding is afhankelijk van de aanwezigheid van een chromofoor en een zoutvormende groep; een chromofoor is effectiever als de verbinding zoutkarakter heeft, dan wanneer ze in de zure of basische vorm is, en de kleurstof is beter naarmate het zout bestendiger is. De theorie die al een (speculatieve) experimentele generalisatie kan worden opgevat, geeft tenminste een praktische handlei-

ding bij de kwaliteitsvoorspelling en verbetering van kleurstoffen. Dit kan niet worden gezegd van de oudere theorie van Graebe en Liebermann (1868), die groepen

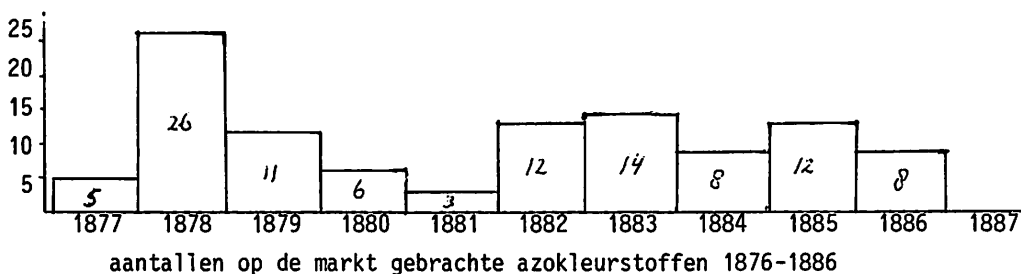


-NO voor het kleurstofkarakter verantwoordelijk stelden.

5.3 Exploratie van het gebied der azokleurstoffen

Gezien het algemene voorschrift voor de synthese van azokleurstoffen: diazoteer een aromatische amineverbinding en koppel deze aan een aromatische amine of fenol, dan lijkt er een onafzienbaar domein van combinatiemogelijkheden ter exploratie gegeven te zijn. Zó wordt de situatie tenminste in retrospect beschreven door één van de meest betrokkenen (Caro, 1892).

In de praktijk valt dit te exploreren domein te overzien. Immers, het aantal grondstoffen voor de combinatiereactie dat industrieel kan worden gesynthetiseerd, is beslist niet onafzienbaar. Een indicatie van de omvang van het domein wordt verkregen door het gegeven dat alle vóór 1884 in Duitsland gepatenteerde combinatiemogelijkheden kunnen worden ondergebracht in een 80 x 35 matrix. Het aantal op de markt gebrachte azokleurstoffen, ontwikkelt zich in de periode 1876-1887 als volgt (volgens de Tabellen van Schulz en Julius van 1888):



Deze kleurstoffen zijn onder te brengen in een 45 x 35 matrix (zie Tabel 4). Deze matrix en het schema 6 maken duidelijk dat de introductie van de β -naftoldisulfonzuren R en G in 1878 (DRP 3229, Farbwerke Hoechst, U.S.-patent op naam van Baum) van grote betekenis is geweest. Niet alleen worden op basis van dit patent binnen enkele jaren een twintigtal azokleurstoffen op de markt gebracht (en in 1884 na verbetering van de methode om het G-zuur te zuiveren, nog een nieuwe serie (DRP 36491, Farbwerke Hoechst, Amerikaans patent op naam van Hofmann, Cassella en co.), maar tevens was het sindsdien duidelijk dat de toepassing van de afzonderlijke isomere sul-

fonzuren van fenolen en amines essentieel is voor de bereiding van hoogwaardige producten. Intensief onderzoek in deze richting, dat zich reflecteert in een lange reeks van patenten van diverse kleurstofbedrijven voerde in 1881 tot introductie van het α -naftolmonosulfonzuur B of croceïnezuur (DRP 18027, Bayer) en in 1882 het α -naftylaminesulfonzuur Br (DRP 22547, Brönner) en in 1883 het α -naftolsulfonzuur N.W. (DRP 26012, Witt) als zeer succesvolle grondstoffen.

De ontwikkelingen op het gebied van de te diazoteren amines zijn niet zo eenvoudig te schematiseren als die van de stoffen die ermee worden gekoppeld. In de vroegste periode zijn vooral het naftionzuur en sulfanilzuur van het grootste belang gebleken. Met de ontwikkeling van naftolsulfonzuren worden de homologen van aniline en de naftylamines toepasbaar. Een belangrijke innovatie is de introductie van het amidoazobenzol ($C_6H_5N=N-C_6H_4-NH_2$) en de daarvan afgeleide sulfonzuren als te diazoteren grondstoffen in 1878 (DRP 4186, 7094, 9384, Graessler; DRP 16482, Krügener).

Uitgaande van deze grondstoffen kunnen disazo- of tetrazokleurstoffen worden gemaakt, waarbij drie aromatische ringen door twee azogroepen $-N=N-$ met elkaar zijn verbonden. Een andere weg om dergelijke kleurstoffen te maken is, uitgaande van fenyleendiamine $H_2N-C_6H_4-NH_2$ en andere aromatische diamines. Dit was reeds door Griess gedemonstreerd, maar leidde niet tot succesvolle producten. Bij de introductie van het congorood in 1884 - de azokleurstof uit benzidine en naftionzuur (DRP 28753, P. Böttiger) - ging het daarom niet om de synthese van een nieuwe kleurstof, maar om de ontdekking van een nieuw toepassingsprocédé: de mogelijkheid om ongebeitste katoen met de reeds lang bekende kleurstof te verven. Ook een reeks van andere diamidoverbindingen (tolidine, diamidostilbeen, diamidonafaleen) leidde tot deze directe of substantieve katoenkleurstoffen. Volgens een insider (Green, 1934) begint de "azo-era" pas met het congorood in 1884.

Het succes van nieuwe grondstoffen wordt natuurlijk bepaald door de kwaliteit van de kleurstoffen die eruit worden gesynthetiseerd: hun nuance, verfracht, zuur- base- en wasechtheid. Op basis van de snel groeiende industriële ervaring konden generalisaties worden uitgesproken over het verband tussen deze eigenschappen en de chemische structuur van de azokleurstoffen, en met name van de grondstoffen waaruit ze zijn samengesteld.

In retrospect blijkt het onderzoek naar azokleurstoffen twee aspecten te hebben: het ene dat de "constructie" van kleurstoffen met gewenste eigenschappen uit combinaties van grondstoffen inhoudt, is de facto méér van kleurstoftechnische als van kleurstofchemische aard. Immers, de synthese

van die combinaties zelf is praktisch een routineaangelegenheid; het andere, de synthese en isolatie van geschikte grondstoffen heeft zowel een wetenschappelijk als een technisch-chemisch aspect. Het zoeken van nieuwe syntheseswegen en scheidingsmethoden is al evenzeer van chemisch-technische aard, voorzover het over de ontwikkeling van industrieel uitvoerbare procédés gaat.

De resultaten van dit onderzoek worden in het algemeen gepatenteerd en de meeste patenten op dit gebied worden door, of in nauwere relatie met, de kleurstofbedrijven genomen en zijn de uitkomst van de industriële research of de een of andere vorm van contractresearch. De patenten definiëren de procédés en producten in operationele termen zonder zich uit te spreken over de structuur van de betrokken stoffen (bv. R- en G-zuur).

De wetenschappelijke literatuur over de plaatsisomerie van bv. de naf-tolsulfonzuren is in de tachtiger jaren schaars. Dit versterkt de indruk dat de praktische operationele doelstellingen in de kleurstofresearch van de azokleurstoffen in deze periode prevaleren boven de theoretische doelstellingen, die in de structuuropheldering een belangrijke rol spelen.

6. CONCLUSIES

- a Als we terugziende op de geschetste ontwikkeling van de kleurstofchemie ons de vraag stellen wanneer en door wie de wetenschap te hulp werd geroepen voor de doeleinden van de kleurstofindustrie, kan ons antwoord niet anders zijn dan dat de industrie van de synthetische kleurstoffen vanaf het begin van zijn ontwikkeling van de resultaten van de wetenschap gebruik heeft gemaakt en vanaf het begin chemici heeft gestimuleerd of gecontracteerd om problemen die in verband met de fabricage van kleurstoffen en de bereiding van de noodzakelijke grondstoffen rezen, op te lossen.

De organische chemie die zich in de vijftiger en zestiger jaren in een dramatische ontwikkelingsperiode bevond, was aanvankelijk nauwelijks in staat om hierop adequaat te reageren: het ging over, voor chemie van die periode, uiterst complexe verbindingen die werden vervaardigd - middels chemisch zeer globaal begrepen procédés (bv. oxidatie) - uit grondstoffen die chemisch nauwelijks of zeer gebrekkig waren gedefinieerd. Het ging dus niet om de toepassing van voorhanden zijnde organisch-chemische kennis op een specifieke problematiek. Zowel de experimentele methodieken als de theoretische interpretatiekaders behoefden een verdere ontwikkeling. We zien nu dat deze uitdaging de betrokkenen tot intensief onderzoek heeft

gestimuleerd. In de zestiger jaren leidde dit tot de ontwikkeling van rectificatietechnieken, die, zowel voor de technische beheersing van de grondstoffen als voor verder chemisch onderzoek van de koolteercomponenten en hun derivaten, van groot belang bleken. Voorts tot de ontwikkeling van een theoretisch interpretatiekader (de structuur- en benzeentheorie van Kekulé) dat chemische relaties tussen de diverse koolteercomponenten en hun eenvoudige derivaten op effectieve wijze samenvatte en dat gerichte synthese mogelijk maakte. Maar dit is een beoordeling in retrospect; het meeste kleurstofchemische onderzoek in de zestiger jaren vindt nog plaats binnen het theoretische kader van de oudere typentheorie.

Tenslotte werd in de zestiger jaren een begin gemaakt met het chemisch onderzoek van de nieuwste kleurstoffen. Hofmann's bijdrage hieraan is hiervan een voorbeeld en betekende een goede start voor het onderzoek van de rosanilinekleurstoffen. De synthese van nieuwe kleurstoffen op basis van dit onderzoek bevestigde dat hij op de goede weg was. Om hem op grond hiervan het vaderschap over de chemie en industrie van de synthetische kleurstoffen toe te kennen, lijkt overdreven. In de zestiger jaren worden door Perkin, Caro, Girard, De Laire etc. onafhankelijk van Hofmann's bijdragen interessante resultaten bereikt.

- b De periode 1869-1876 wordt in onze beschrijving gedomineerd door het laboratorium van Baeyer, eerst in Berlijn, dan in Straatsburg en tenslotte in München. Baeyer was zowel wetenschappelijk als organisatorisch één van de topchemici van zijn tijd en we hebben zijn onderzoek beschreven in het perspectief van een voortdurende interesse in de kleurstofchemie en van een bewustzijn van de industriële relevantie van het onderzoek dat hij leidde. Daarbij kreeg het succes van Graebe en Liebermann met de alizarinesynthese wat minder nadruk door de aandacht voor het ftaleïne-onderzoek en de constitutieopheldering van de rosaniline- en ftaleïnekleurstoffen. Dit ontkent niet dat de alizarinesynthese voor de industriële ontwikkeling in de zeventiger jaren van doorslaggevend belang is geweest. De stelling is dat Baeyer heeft gedemonstreerd, dat systematisch onderzoek van klassen van verbindingen en klassen van reacties over een breed front en binnen het theoretisch kader van de structuurtheorie tot wetenschappelijk en industrieel belangrijke resultaten voert. Naar onze mening is de betekenis van Baeyer voor de ontwikkeling van de kleurstofchemie en van de kleurstofindustrie onderschat ten opzichte van die van Hofmann.

Zijn samenwerking met Caro is exemplarisch, in zoverre dat industriële en "wetenschappelijke" doeleinden harmonieus lijken samen te gaan en toch

de wetenschap zijn "integriteit" bewaart. Maar dat kan ook schijn zijn, die in stand gehouden wordt vanwege de ideologie der zuivere academische wetenschap. De activiteit in Baeyer's laboratorium overschaduwde het werk van anderen.

Hofmann in Berlijn heeft in deze periode een intensieve samenwerking met Martius (AGFA). De scope van zijn onderzoek is echter beperkter, zijn theoretische flexibiliteit geringer en de resultaten blijven op lange termijn en in retrospect bezien beneden die van Baeyer.

Verschillende kleurstofindustrieën hebben in deze periode chemici in dienst of hebben nauwe relaties met individuele chemici die formeel onafhankelijk zijn van de industrie. De industriële chemici hebben slechts in weinige gevallen een onderzoeks taak. De academische en zelfstandige chemici opereren veelal individueel. Alleen enkele hoogleraren (Graebe, Baeyer, V. Meyer, Liebermann) kunnen gebruik maken van het onderzoekspotentieel van een chemisch instituut. Gevolgrijkelijk zijn hun bijdragen in de ontwikkeling van de kleurstofchemie incidenteel. In deze situatie is Caro door zijn nauwe relaties met Baeyer en met andere kleurstofchemici een centrale figuur.

De periode 1876-1888 werd gekarakteriseerd door twee ontwikkelingen: enerzijds een doorlopende lijn vanuit Baeyer's laboratorium, anderzijds als de aanvang van de ontwikkeling der azokleurstoffen. Het werk van Baeyer draagt in deze periode rijke vrucht: wetenschappelijk door de constitutieopheldering van de rosaniline- en ftaleïnekleurstoffen, industrieel door de exploitatie van de nieuwe inzichten in de vorm van nieuwe syntheses en nieuwe producten. De eerste indigosynthese werd beschreven als nóg een resultaat van dezelfde strategie.

- c De dramatische ontwikkeling van de azokleurstoffen werd geïnitieerd door Roussin en Witt door de reeds bekende koppelingsmethode met de geschikte reactanten uit te voeren. De wetenschappelijke bijdrage van Hofmann als onthuller van het geheim van de samenstelling en de bereidingswijze van de nieuwe kleurstoffen, en de rol van Griess als ontdekker van de azokleurstoffen werden gerelativeerd. Het inzicht dat de koppelingsreactie een algemeen karakter heeft, groeide in de vorige periode geleidelijk en Griess behoorde praktisch tot de laatste van de direkt betrokkenen die zich dat realiseerde en de geschikte reactanten kwamen beschikbaar als resultaat van onderzoek over de gesubstitueerde aromaten van velen over een breed front en over een langere periode.

In 1877 was tenslotte de analyse en de globale constitutiebepaling van de betreffende azokleurstoffen geen chemisch hoogstandje. De stortvloed van azokleurstoffen in de periode 1876-1884 werd gereduceerd tot enkele golven die weer terug te voeren waren op de ontdekking van een zeer beperkt aantal uitermate geschikte grondstoffen. Daarmee wordt het wetenschappelijk belang van deze ontwikkeling gerelativeerd. Veel interessanter lijkt de omstandigheid dat de ontdekkingen binnen het kader van de bedrijfsresearch en dus niet in academische laboratoria plaatsvonden. Kennelijk voeren de bedrijven op dit gebied een nieuwe strategie. Dit kan worden verklaard - opnieuw in retrospect - uit de noodzaak om zeer alert op de nieuw geboden mogelijkheden te reageren, als men niet door de concurrentie wenst te worden overtroefd. Dit stimuleert de bedrijven de research in eigen hand te nemen. Voorts kunnen de resultaten van chemisch onderzoek slechts in daartoe speciaal ingerichte laboratoria kwalitatief worden getoetst en kunnen ze worden beschermd door snelle en adequate patentering, een bijzondere taak die specifieke deskundigheid vraagt, die niet in academische laboratoria aanwezig is. De stelling is daarom dat in deze periode de industriële research in een groeifase komt door de speciale eisen die het onderzoek over azokleurstoffen aan de industrie stelt, en door de invoering van de Duitse patentwet van 1877 die garandeert, dat de resultaten van eigen onderzoek ook ten eigen bate kunnen worden geëxploiteerd. Dat deze groei van de industriële research slechts op enkele plaatsen moet worden gelocaliseerd, zou kunnen worden begrepen uit de verwachting dat weinigen bereid zullen zijn om op grotere schaal in onderzoek te gaan investeren en dat alleen de grote industrieën daartoe in staat waren.

- d De vraag naar de invloed van de structuur- en benzeentheorie van Kekulé op de ontwikkeling van de kleurstofchemie en omgekeerd, werd voor een belangrijk deel reeds impliciet beantwoord. We hebben de ontwikkeling van de kleurstofchemie in vele details, tot ver in de zeventiger jaren, kunnen beschrijven, zonder van Kekulé's inzichten en minstens zonder van de benzeentheorie in het bijzonder gebruik te hoeven maken.

Een van de belangrijkste participanten, Hofmann, drukt zich tot ver in de zeventiger jaren uit in de taal van de typentheorie bij de bespreking van de constitutie van kleurstoffen. Griess geeft zich pas in 1878 volledig gewonnen aan de Kékulése theorie en maakt sindsdien gebruik van de taal der plaatsisomerie binnen de benzeentheorie om de constitutie van de azokleurstoffen aan te geven. Daarentegen is Baeyer's research die de kleurstofchemie in de zeventiger jaren zo fundamenteel beïnvloedt en deze

op een hoger niveau brengt, beschreven als essentieel verbonden met Kekulé's inzichten. Kekulé's theorie heeft dus niet ogenblikkelijk de harten van de kleurstofchemici gewonnen: de neiging om zich van de inzichten en de taal te bedienen, waarin men zijn scholing ontving, blijkt veelal sterker dan de attracties van de nieuwe theorie.

Aan het eind van de zeventiger jaren is de laatste echter tot het algemeen gebruikte interpretatiekader van de kleurstofchemici geworden, en wel vanwege de superioriteit ervan voor de beschrijving van het dichte netwerk van relaties tussen de grondstoffen, intermediairen en kleurstoffen, en voor de voorspelling van nieuwe kleurstoffen en nieuwe synthese-routes.

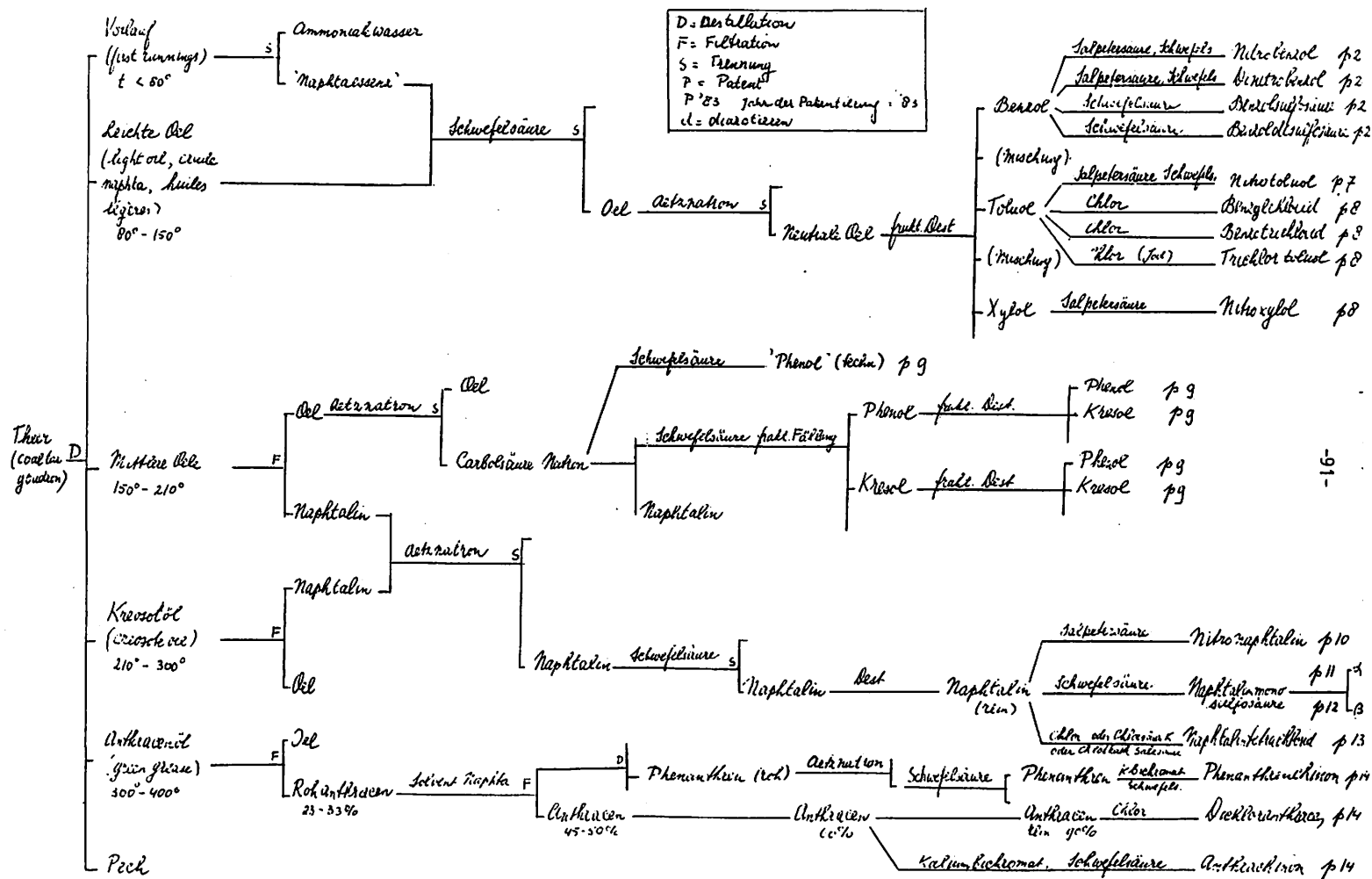
Men kan om praktische redenen (in patenten) of bij gebrek aan volledige kennis van de structuur volgens Kekulé wel terugvallen op een fenomenologisch taal (α , β , γ etc. in plaats van de indicatoren 1, 2, 3 der plaatsisomerie), maar om principiële redenen gebeurt dit slechts bij uitzondering. De superioriteit van Kekulé's inzichten is manifest geworden in Baeyer's werk. Dit zal zeker bij de kleurstofchemici en ook bij de chemici in het algemeen hebben bijgedragen aan de acceptatie van de structuur- en benzeentheorie.

LITERATUUR

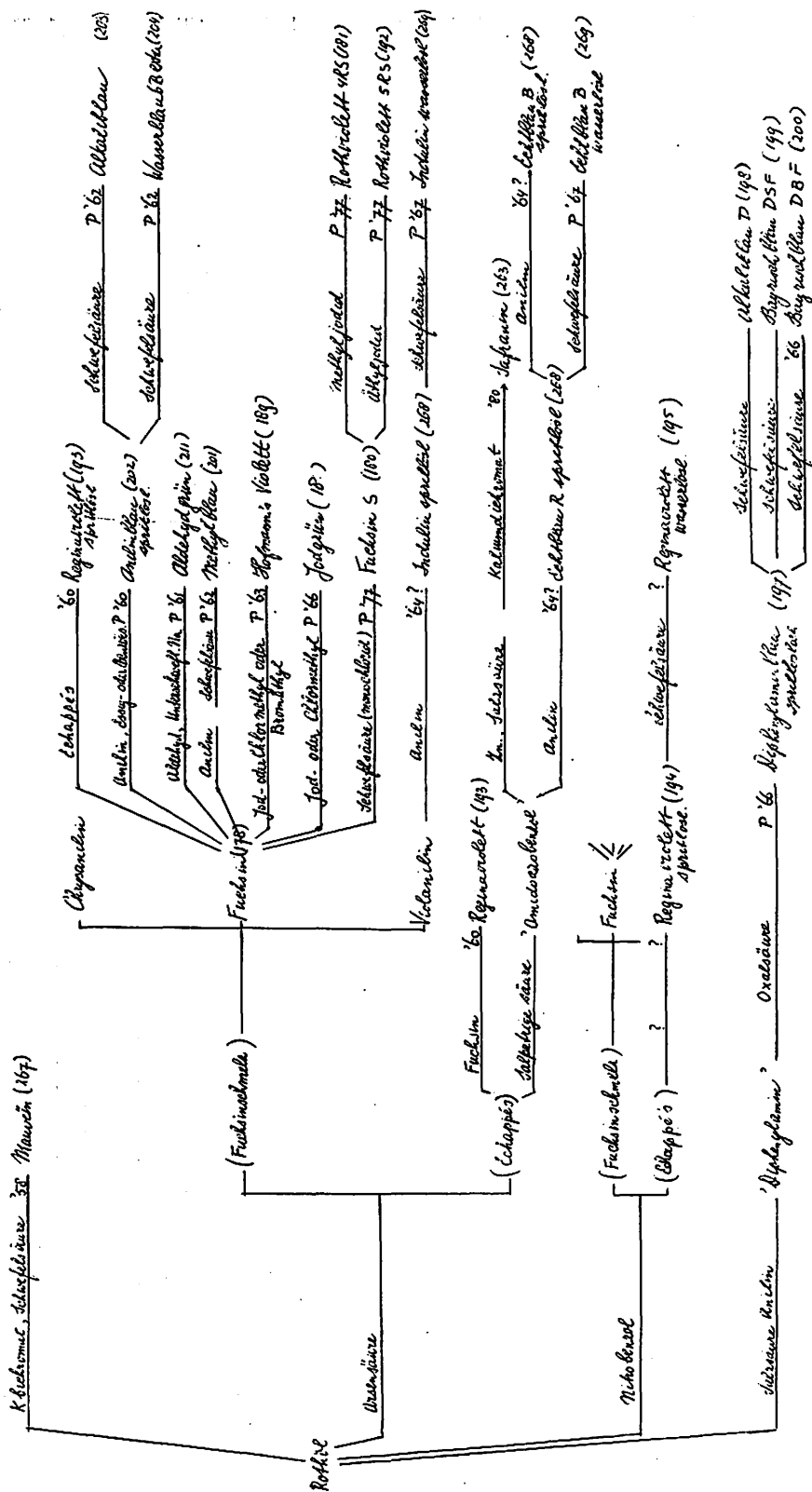
Alleen de belangrijkste voor dit artikel gebruikte literatuur wordt vermeld. Oorspronkelijke chemische bijdragen in de vaktijdschriften kunnen worden teruggevonden via de "Jahresberichte". In de nog verschijnende detailstudies wordt een uitgebreide literatuurverwijzing gegeven.

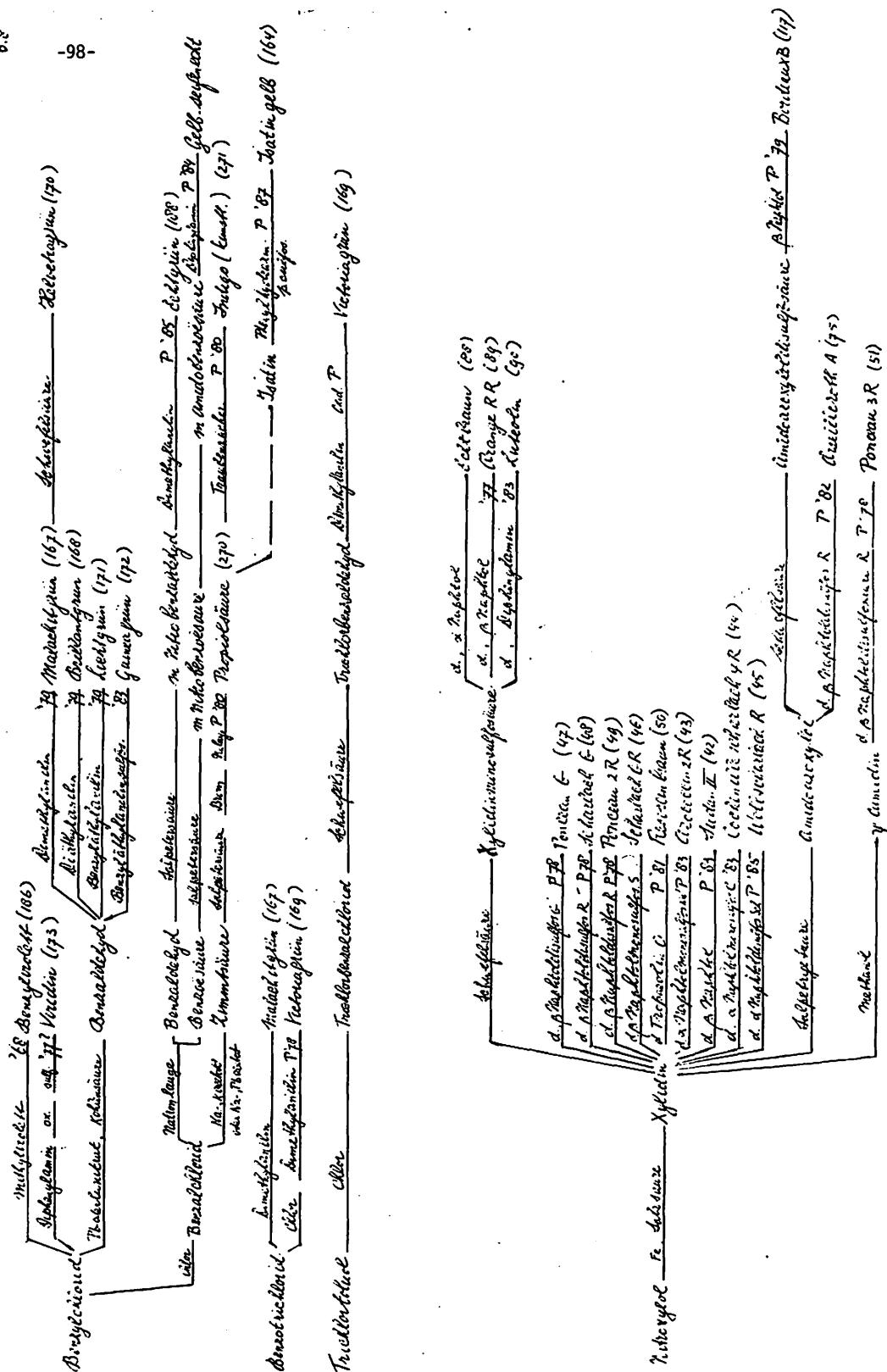
1. Jahresbericht über die Leistungen der chemischen Technologie 1 (1855) - herausg. Wagner, Fischer etc.
2. Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, 1 (1847) - herausg. Liebig, Kopp (1847-1856); Kopp, Will (1857-1862), Will (1863-1867), Strecker (1868-1869); Naumann (1870-1874); Fittica (1875-1892).
3. A dictionary of chemistry. Ed. H. Watts, London 1863-1868. Supplement 1872, 2nd Supplement 1875, 3rd Supplement 1879, 1881.
4. Dictionnaire de chimie pure et appliquée. Paris 1874. (De verschillende artikelen zijn van verschillende datum!) Ed. Ad Wurtz.
5. Patents for inventions. Abridgments of specifications Class 2. HMSO London 1896, 1903, 1904, 1905.
6. United States Patents. Abridgements in Doyle, 1926.
7. Deutsche Reichspatente. In: Friedländer, 1888.
8. Brevets d'invention: vóór 1861 te vinden via de Catalogue des Brevets d'invention, vanaf 1861 te vinden als Catégorie XIV, Classe 2.
9. Baeyer, Adolf von, Adolf von Baeyer's gesammelte Werke. Braunschweig 1905.
10. Bolley, P.A., Die chemische Technologie der Spinnfasern (Handbuch der chemischen Technologie, Bd. V), p. 1-350 (1868), p. 351-536 (1870).
11. Caro, H., Zur Erinnerung an Peter Griess II. Ber. 24 (1891) (R) I-XXXVII.
12. Caro, H., Ueber die Entwicklung der Theerfarben Industrie. Ber. 25 (1892), 955-1105 (R).
13. Chateau, Th., Couleurs d'aniline, d'acide phenique et de naphthaline. Paris 1868.
14. Doyle, Aida M., Digest of patents relating to coaltar dyes and allied compounds (US patents used prior to January 1, 1924). Easton 1926.
15. Friedländer, P., Fortschritte der Theerfarbenfabrikation und verwandter Industriezweige 1877-1887. Berlin 1888.

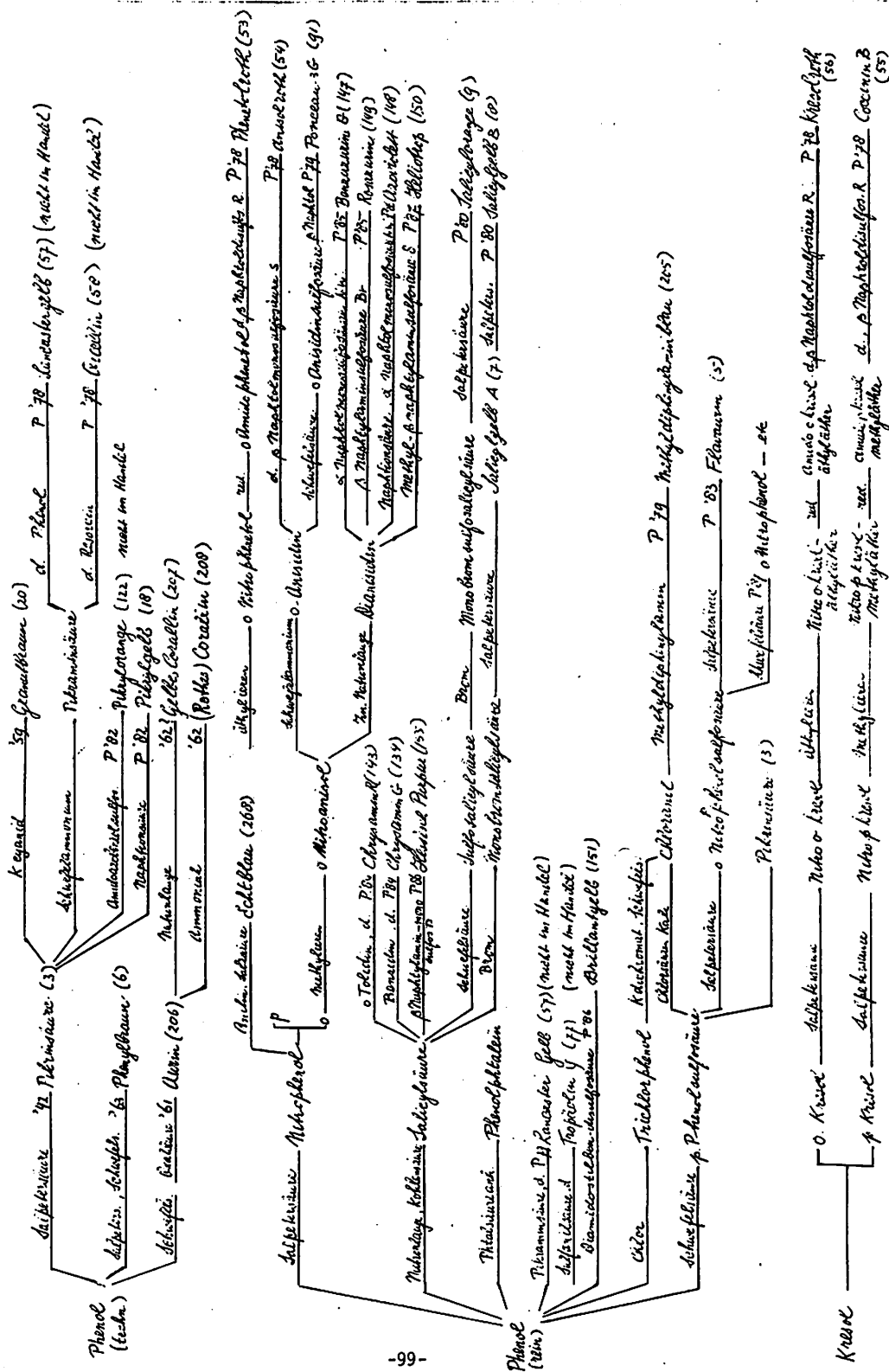
16. Girard, Charles; de Laire, G., *Traité des dérivés de la houille, applicable à la production des matières colorantes*. Paris 1873.
17. Green, Arthur G., Landmarks in the evolution of the dyestuff industry during the past half century. *J. Soc. Dyers & Colourists Jubilee Issue* 1934, p. 49-64.
18. Heumann, K., *Die Anilinfarbe und ihre Verwendung*. Braunschweig 1888.
19. Hofmann, A.W., Reports by the juries, Class II, Section A. International Exhibition 1862, London 1863.
20. Hofmann, A.W.; de Laire, G.; Girard, Ch., The Report on the colouring matters derived from coal tar, shown at the French exhibition, 1867 in Reimann (1868).
21. Kekulé, A., *Lehrbuch der organischen Chemie, 2e Band*. Erlangen 1866.
22. Kopp, E., Sur les dérivés colorés de la naphthaline. *Bulletin de Chimie Appliquée* III (1861), p. 262-272, 308-318, 405-415.
23. Lunge, G., *Die Destillation des Steinkohlentheers und die Verarbeitung der damit zusammenhängende Nebenprodukte*. Braunschweig 1867.
24. Nietzki, R., Die Entwicklungsgeschichte der künstlichen organischen Farbstoffe. *Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge VII* (1902), p. 159-188.
25. Oppler, Th., *Handbuch der Fabrikation mineralischer Oele*. Berlin 1862.
26. O'Neill, Ch., *Chemistry of calico printing, dyeing and bleaching*. Manchester 1860.
27. Perkin, W.H., The origin of the coal tar colour industry and the contribution of Hofmann and his pupils. *J. Chem. Soc.* 69 (1896), p. 596-637.
28. Reimann, M., *On aniline and its derivatives*. London 1868.
29. Schultz, G., *Die Chemie des Steinkohlentheers, mit besonderer Berücksichtigung der künstlichen organischen Farbstoffe*. Braunschweig 1882.
30. Schultz, G. & Julius, P., *Tabellarische Uebersicht der künstlichen organischen Farbstoffe*. Berlin 1888.
31. Schutzenberger, P., *Traité de Matières colorantes*. Paris 1867.
32. Stolz, R., Zur Geschichte synthetischer organischer Farbstoffe in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. *N.T.M. Schriftenreihe f. Geschichte der Naturwissenschaften. Technik und Medizin Leipzig* 17 (1980), 2, S84-101; 18 (1981) 1, S62-83; 2, S29-48.
33. Wurtz, A., *Progrès de l'industrie des matières colorantes artificielles*. Paris 1876.

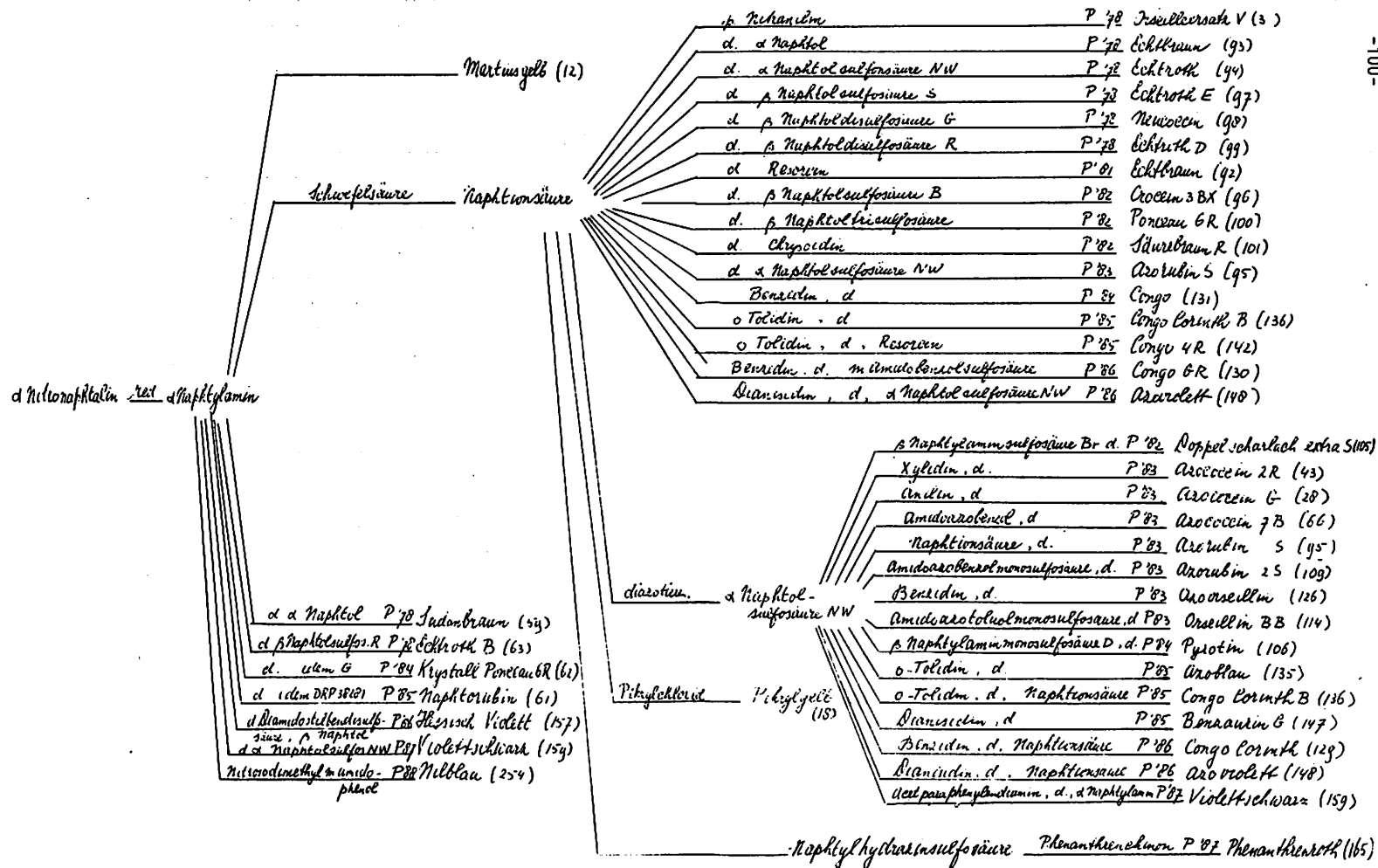


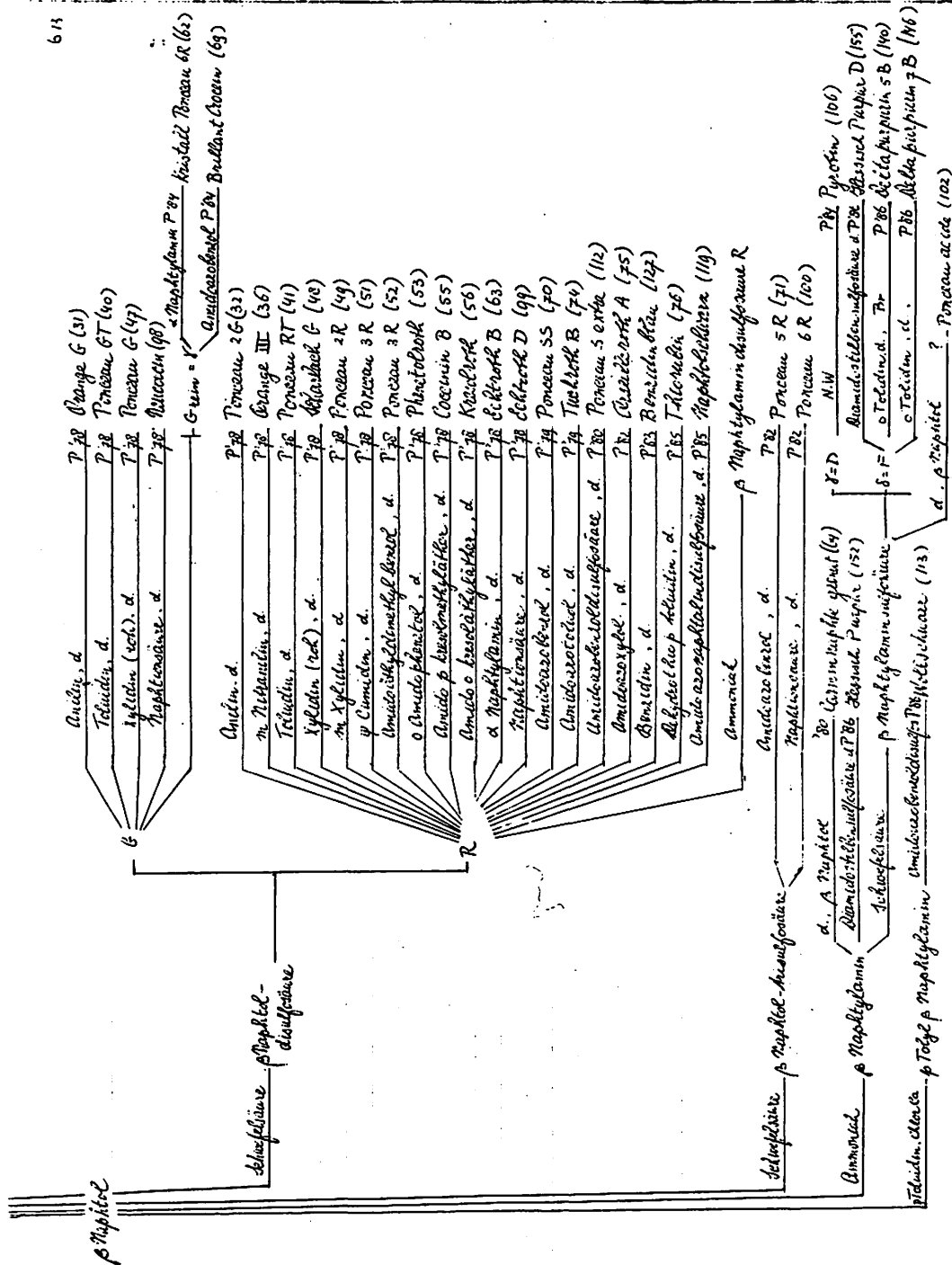
Schema 6 Stamboom van de synthetische organische handelskleurstoffen in 1887, samengesteld uit Schultz en Julius (1888), Schultz (1882), Heumann (1888), Friedländer (1888) en Wagner's Jahresberichte 1876-1887.











DE INSCHAKELING VAN CHEMICI IN DE KLEURSTOFINDUSTRIE*

Ernst Homburg

1. INLEIDING

De kleurstofindustrie is beroemd geworden als hét voorbeeld van een vroege "science-based industry". Met name de Duitse kleurstofbedrijven staan bekend om het pionierswerk dat ze verricht hebben bij de inschakeling van de wetenschap in de industrie. Verondersteld wordt dat deze bedrijven de eerste waren die op grote schaal universitair opgeleiden op hun loonlijst plaatsen. Hierdoor ontstond een geheel nieuwe beroepsmogelijkheid voor de wetenschappers - chemici in dit geval - die daarvoor voornamelijk als leraar, of eventueel als ondernemer (scientist-entrepreneur) of als wetenschappelijk adviseur werkzaam waren geweest. Bovendien werd een deel van de in dienst genomen wetenschappers met researchwerk belast en ontstond een geheel nieuwe organisatievorm van de wetenschap: het industrieel researchlaboratorium.

De Duitse kleurstofindustrie heeft vanwege deze sociale innovaties - de vorming van het beroep van de industriële chemicus en van het researchlaboratorium - reeds veelvuldig de aandacht van de wetenschapshistorici en economisch historici op zich weten te vestigen. Maar niet alleen van hén. Ook aan de tijdgenoten is de groei van de Duitse kleurstofindustrie en het "wetenschappelijke" karakter van de bedrijven niet onopgemerkt voorbij gegaan. Met name in Franse en Britse wetenschappelijke kringen werd over de onstuitbare opkomst van de Duitse en het verval van hun nationale industrie uitvoerig gediscussieerd. In deze discussies werd er steeds vanuit gegaan dat aanvankelijk (in ieder geval in de jaren '60 van de 19e eeuw) de kleurstofmarkt stevig in Britse en Franse handen was geweest.

Rond 1880 was het echter aan ieder duidelijk dat de leidersrol door de Duitse kleurstofindustrie overgenomen was. Deze omslag behoefde - met name in het kamp van de "verliezende" partij - een verklaring. Verschillende oorzaken werden aangevoerd, maar één hiervan werd verreweg het meest gehoord: de Britse en Franse bedrijven waren in wetenschappelijk opzicht bij de Duit-

*Dit artikel is, behalve op de aan het einde ervan opgenomen noten, gebaseerd op een zeer uitvoerig onderzoek van biografische gegevens van kleurstofchemici. Naar deze biografieën, evenmin als naar statistisch materiaal (arbeidersaantallen e.d.) is niet apart gerefereerd, omdat de omvang van het notenapparaat anders buiten proportie zou toenemen. Door het gebruik van deze biografische data was het mogelijk om de traditionele visie op de geschiedenis van de kleurstofindustrie op een aantal punten grondig te herzien.

se concurrenten achtergebleven. Vooral door universitaire docenten (Wurtz, Pasteur, Roscoe, Frankland) werd deze stand van zaken toegeschreven aan de beperkte opleidingsmogelijkheden voor chemici in Frankrijk en Engeland. Het gebrek aan chemici werd als de hoofdoorzaak gezien voor het achterblijven van de kleurstofindustrie in die landen. Aan deze observatie werden dan meestal consequenties voor de staatssteun aan het hoger onderwijs en voor de bevordering van de wetenschapsbeoefening verbonden. Uit andere kringen werden echter andere geluiden gehoord. De Britse industrieel Levinstein verweet de wetenschappers (vooral de hoogleraren) dat ze het contact met de fabrikanten uit de weg gingen¹, en dat de door hen geleide onderwijsinstituten chemici van een veel te laag niveau afleverden ("mere testers"), die, door de gebrekkige kennis van de docenten op het gebied van de organische chemie², verstoken waren van een:

"superior knowledge of the hydrocarbon derivatives and especially of the coal tar colours."³

Uit weer een andere hoek werden echter ook de fabrikanten onder vuur genomen. Chemici die enige tijd in de kleurstofindustrie gewerkt hadden, zoals A.G. Green en R.J. Friswell, lieten later kritische geluiden horen over hun voormalige chefs. Deze laatsten zouden niet de bereidheid hebben getoond het werk van de chemicus binnen het bedrijf serieus te nemen⁴. Ook Perkin had na zijn uittreden uit de kleurstofindustrie kritiek op zijn voormalige collega's. In tegenstelling tot de Duitse fabrikanten wisten, volgens Perkin, de Britse industriëlen de goed-opgeleide chemicus en de theoretische chemie niet op de juiste waarde te schatten. Zij besteden meer aandacht aan "the markets" dan aan "the chemistry of their manufactures".⁵

Deze opvatting werd door de uit de kleurstofindustrie afkomstige Professor Meldola gedeeld, maar door de fabrikant Levinstein zeer beslist verworpen⁶.

Wanneer we deze discussie, die de gemoederen in Engeland en Frankrijk nog bij het 100-jarig bestaan van de synthetische kleurstofindustrie (1956) hevig wist te beroeren, wat afstandelijk proberen te bekijken, dan blijken er twee kwesties in het geding te zijn die een nadere analyse verdienen.

In de eerste plaats is er het vraagstuk van de veronderstelde samenhang tussen de *inschakeling van chemici* en de *economische groei*. (Zie §2.) Geen van de hierboven aangehaalde discussianten trekt deze relatie ernstig in twijfel. Algemeen wordt aangenomen dat de inschakeling van grote aantallen chemici in de Duitse kleurstofindustrie een belangrijke oorzaak - zo niet dé oorzaak - was voor het verlies van de Franse en Britse posities in deze branche.

In de tweede plaats gaat het om de discussie over de oorzaken voor deze inschakeling op grote schaal van chemici in de Duitse industrie en het achterwege blijven hiervan in de Britse en Franse industrie. Hier staan twee visies tegenover elkaar. In de ene visie wordt op de "wetenschappelijke aanpak" van het Duitse management en op het gebrek aan visie bij de Britse en Franse ondernemers de nadruk gelegd (zie §3). De andere opvatting legt op de beschikbaarheid van goed geschoolde chemici de nadruk (zie §4). Hierbij heeft men dan de kwantitatieve beschikbaarheid (Wurtz, Frankland e.d.) óf de kwaliteit van de gevolgde scholing (Levinstein) op het oog.

2. DE INSCHAKELING VAN CHEMICI EN ECONOMISCHE GROEI

2.1. *Datering van de economische groei van de Duitse kleurstofindustrie*

Het aantrekken van voor die tijd grote aantallen chemici door de Duitse kleurstofindustrie wordt - zoals gezegd - haast door alle commentatoren in de 19e eeuw als één van de belangrijkste oorzaken voor het economische succes van die industrie gezien. Het veronderstelde verband is haast axiomatisch. Toch worden wel - met het oog op het retorisch effect - enige observaties en argumenten naar voren gebracht. Een sleutelrol wordt gespeeld door een "standaard"-geschiedschrijving van de kleurstofindustrie, die reeds in de loop van de 70er jaren van de vorige eeuw ontstaat en die sindsdien in vrijwel gelijke termen uitentreuren wordt herhaald. Volgens deze weergave van de geschiedenis waren (1) de Britse en Franse bedrijven aanvankelijk oppermachtig, (2) begonnen de Duitse bedrijven vervolgens chemici aan te stellen, hetgeen (3) leidde tot de groei van de Duitse industrie ten koste van de Britse en de Franse industrie.

In de ogen van Beer⁷ werd vooral nadat rond 1870 de kleurstofchemie "complex" geworden was het geringe aantal aangestelde chemici voor de Britse en Franse bedrijven fataal. Beer laat het belang van de factor van de tewerkstelling van industriële chemici dus mede afhangen van de stand van de kleurstofchemie, maar het resultaat van de redenering blijft gelijk. De groei van de Duitse kleurstofindustrie vindt pas echt plaats *nadat* deze factor relevant geworden is.

Op deze "standaard"geschiedschrijving - waarin het op wat grotere schaal aanstellen van (research)chemici in de Duitse kleurstofindustrie aan het eind van de jaren 1860 geplaatst wordt en de groei van de Duitse bedrijven

zo ongeveer rond 1875 - is verbazingwekkend weinig kritiek gekomen. Recente-
telijk heeft Georg Meyer-Thurow echter vrij zwaar geschut in stelling weten
te brengen⁸. In zijn studie van het ontstaan van het onderzoekslaboratorium
van het Duitse bedrijf Fr. Bayer & Co. laat hij zijn dat de Duitse kleurstof-
producten de markt reeds vroeg domineerden (63% van de wereldproductie in
1878), terwijl - in tegenstelling tot de gangbare opinie - de opkomst van
het wetenschappelijk researchlaboratorium pas in de loop van de 80er jaren
plaatsvond. De axiomatisch veronderstelde samenhang wordt hier doorbroken.
Meyer-Thurow concludeert genuanceerd:

"Industrial research [...] was an evolutionary development. It
was as much a result of the growth of [the German] companies as
a precondition for their further development. The turning point
lay somewhere in the 1880's."⁹

Er zijn inderdaad verschillende aanwijzingen dat reeds vroeg in de ontwik-
keling van deze bedrijfstak de Duitse kleurstofbedrijven een sterke positie
hadden opgebouwd. Reeds in 1867 schat de uit Engeland teruggekeerde Duitse
kleurstofchemicus Martius in zijn verslag van de werelddtentoonstelling te
Parijs het Duitse en Zwitserse aandeel in de wereldproductie op 2/3¹⁰. Ook
in een ander verslag van deze werelddtentoonstelling signaleren Hofmann, De
Laire en Girard dat de Duitse kleurstofbedrijven - vooral door hun lage
prijzen - reeds geduchte rivalen van hun Britse en Franse concurrenten ge-
worden zijn¹¹.

De werkelijke economische kracht van de Duitse kleurstofindustrie viel
in 1867 echter nog niet erg in het oog, doordat de grote en toonaangevende
bedrijven in de branche zich in Lyon, Parijs en Londen bevonden. In Duits-
land was een veelheid aan kleinere bedrijven ontstaan. Tezamen vormden deze
bedrijven echter een factor van belang. Terwijl in Engeland en Frankrijk de
Britse en Franse patenthouders via kunstmatig hooggehouden prijzen grote
winsten in de wacht probeerden te slepen, brachten de Duitse bedrijven een
omvangrijke sluikhandel op gang en overspoelden de markt in die landen met
goedkope kleurstoffen. Reeds halverwege de jaren '60 was dit voor sommige
observatoren duidelijk zichtbaar. Dr Th. Oppler schrijft in 1866:

"Da Anilinfarben kein Gewichtsartikel [sind...] fand ein sehr
grosser Theil der deutschen *Ueberproduction* (onderstreping
Oppler) dennoch täglich den Weg nach Frankreich und England
über die gegen solche Verlockung ungenügend gesperrten Gränzen".¹²

Een praktijk, waar de Engelse kleurstoffabrikant Perkin later inderdaad nog
regelmatig over zou klagen¹³.

Hoewel de Duitse concurrentie op de belangrijke Britse markt dus reeds

vroeg in de jaren '60 een rol speelde, liepen voor de grote bedrijven te Londen en Manchester de zaken op de thuismarkt nog zo goed dat de werkelijke stand van zaken voor hen nog niet zichtbaar was. Belangrijke markten die zij hadden verwaarloosd - de Russische, de Chinese en de Amerikaanse - waren echter toen reeds door de Duitse industrie veroverd.

De hier gegeven schets van de economische verhoudingen in de 60er jaren wordt door de Duitse kleurstoffabrikant Fritz Kalle bevestigd. Deze schreef namelijk in 1871 in het jaarverslag van de Wiesbadense Kamer van Koophandel:

"Bei dem hohen Wert der Anilinfarben sind die Versandkosten verschwindend klein, so dass die Lage der Fabrik zu den Konsumorten kaum eine Rolle spielt, und so sehen wir denn überall, wo Anilinfarben gebraucht werden, die deutschen mit den schweizerischen, englischen und französischen Fabriken konkurrieren. Die grosse Londoner Fabrik hat eine Spezialität, in der sie excelliert, ebenso die Pariser. Die société de la Fuchsine in Lyon ist später aufgegeben worden. Mit diesen Spezialitäten kommen jene Fabriken auch nach Deutschland, aber auch nur mit diesen, während die deutschen Fabriken enorme Quantitäten nach Frankreich und England exportieren. In den Ländern, in denen keine Anilinfarbenfabrikation existiert, z.B. in Russland, Spanien und in verschiedenen Reichen Asiens, ist Deutschland der Hauptlieferant, ebenso in Amerika..."²⁰

In deze situatie was, volgens Kalle, van een "Uebergewicht" van de Duitse aniline-kleurstofindustrie sprake.

Het is duidelijk dat deze weergave van de geschiedenis van de kleurstofindustrie de samenhang tussen economische groei en de inschakeling van chemici in een geheel ander perspectief plaatst. "Niet-wetenschappelijke" factoren, zoals het bestaan van een patentwetgeving in Frankrijk en Groot-Brittannië, gekoppeld aan een gebrekkige handhaving daarvan (!), en de Duitse marketing-activiteiten op de markten ver overzee blijken ook een belangrijke bijdrage aan de groei van de Duitse bedrijven geleverd te hebben.

De hamvraag is nu of het enigszins aannemelijk kan worden gemaakt, dat de hierboven gesignaleerde vroege economische groei van de Duitse kleurstofindustrie inderdaad plaatsvond *voordat* in deze industrie tot de inschakeling van chemici op grote schaal werd overgegaan. Bij de beantwoording van deze vraag treden weldra allerhande onduidelijkheden in de op dit punt gevoerde discussies aan het licht. Sommigen, zoals Beer, leggen de nadruk op de chemicus als onderzoeker. Volgens hem was het vinden van nieuwe producten, het doen van uitvindingen, bepalend voor het economisch welslagen van een kleurstofbedrijf.

Vanuit deze optiek is de opkomst van het researchlaboratorium essentieel.

Hoewel Beer weet dat slechts een klein gedeelte van de aangestelde chemici ook werkelijk voor research vrijgesteld was¹⁴, identificeert hij toch eigenlijk voortdurend alle chemici in de industrie met research-chemici. Meyer-Thurrow gaat op dit punt veel zorgvuldiger te werk. Hij laat zien dat er voor de 7 chemici die in 1877 bij Fr. Bayer & Co. in dienst waren er zich 4 met de routinematige analyse van grondstoffen en 2 zich met coloristisch werk bezighielden. Researchwerk werd door geen van deze chemici verricht en zelfs de leiding van de productie was in handen van voorlieden. Bij Bayer werd in 1878 voor het eerst een chemicus als hoofd van een productieafdeling aangesteld¹⁵.

Behalve in het doen van research kan men in het opzetten van een "rationele" productie de waarde van de academisch gevormde industriële chemicus zien. Ook dit element wordt naar voren gebracht, wanneer men het Duitse economische succes wil verklaren. De in een sodafabriek te Newcastle werkzame Duitser Georg Lunge verwijt in 1873 de Britse chemiefabrikanten een "indifference [...] to the claims of science."

Volgens hem zien zeer veel eigenaars van chemische bedrijven in dat land

"...their chemist as a somewhat expensive and not very useful encumbrance [zodra deze zich met meer dan het routinematig testen van grondstoffen bezighoudt]. But the rôle of the chemist, apart from chemistry, in a chemical works ought to be a very different one indeed, and is a very different thing abroad. There, the chemist is considered as equally important with the practical manager; and he proves his importance too."¹⁶

De suggestie ten aanzien van de toestand "abroad" moet wat betreft Fr. Bayer & Co. dan met een korrel zout genomen worden.

De discussie over de inschakeling van chemici in de kleurstofindustrie wordt doorgaans gevoerd vanuit een veel te weinig gedifferentieerde visie op de rol van de chemicus. De meeste auteurs beperken hun analyse tot "de inschakeling van chemici in het algemeen" (§2.2), zonder de wijze waarop de chemicus zijn economische "pay off" realiseert expliciet aan te geven. In algemene zin lijkt dit overigens ook nauwelijks mogelijk. Een beter begrip wordt verkregen, indien meer specifiek de vorming van de beroepsrol van de research-chemicus en het ontstaan van het industriële research-laboratorium (§2.3) en het aanstellen van chemici als managers over productieafdelingen (§2.4) aan de orde worden gesteld.

2.2 *Inschakeling van chemici in het algemeen*

In tegenstelling tot het gebruikelijke verhaal, waarin de grootscheepse inschakeling van chemici in de kleurstofindustrie alle aandacht krijgt, zal hier betoogd worden dat het erg belangrijk is de kwalificaties van de aangestelde chemici, en de posities die zij binnen de bedrijven innamen in ogenschouw te nemen.

Het is natuurlijk waar dat - vooral aan het einde van de 19e eeuw - er in de Duitse kleurstofindustrie veel meer chemici waren aangesteld dan in de bedrijven van hun Britse en Franse concurrenten. Toch moet men hier erg oppassen zich te laten meevoeren door de contemporaine commentatoren in hun gegoochel met geïsoleerde getallen; een veel beoefende praktijk waarvan het retorisch effect verzekerd was. Bekend zijn de data die werden aangedragen door A.G. Green (in 1901), die wilde illustreren dat de Britse fabrikanten de wetenschap volledig verwaarloosden. Volgens hem hadden in dat jaar de 6 grootste Duitse kleurstofbedrijven tezamen 500 chemici in dienst, de 6 grootste Britse bedrijven tezamen echter slechts 30 à 40²⁴. Zowaar, een indrukwekkend verschil.

Deze gegevens van Green worden zeer vaak geciteerd. Vermeld wordt dan echter niet dat de verhouding 500:35 niet zo heel ver afligt van de verhouding in de arbeidersaantallen of omzetcijfers. De Duitse bedrijven waren op dat moment eenvoudig reeds veel en veel groter dan hun Britse rivalen. In 1907 had de BASF 7551 arbeiders in dienst en 203 chemici (verhouding: 37). Het Engelse bedrijf Read Holliday & Sons, Ltd. gaf in datzelfde jaar werk aan 400 arbeiders en 12 chemici (verhouding: 33)²⁵. Het verschil in "wetenschappelijke aanpak" tussen het grootste Duitse kleurstofbedrijf en het op één na grootste (na Levinstein, Ltd) Britse bedrijf is niet zo groot als Green ons wil doen geloven. In tegendeel.*

Ook voor de vroege jaren van de kleurstofindustrie zijn, met betrekking tot het aantal aangestelde chemici, geen dramatische verschillen tussen de Duitse, Franse en Britse bedrijven aan te wijzen. Perkin had in 1870 minstens 4 chemici in dienst, een voor de toenmalige verhoudingen hoog aantal. Ook het Franse bedrijf La Fuchsine had in de korte periode van haar actieve bestaan (1864-1868) verschillende chemici in dienst of via overeenkomsten aan zich verbonden: Durand, Girard, De Laire, Chapoteau, Monnet, Fayolle, Brimmeyr, Guinon, Fredière en Mondange (niet allemaal tegelijk natuurlijk).

*Ter vergelijking: Hoechst had in 1874 ook 12 chemici in dienst en 366 arbeiders (verhouding: 30,5).

Het Parijse bedrijf van Poirrier had in 1877 op 350 arbeiders 10 chemici in dienst. Een Duits bedrijf, zoals dat van Bayer, telde er relatief inderdaad meer in dat jaar: 7 chemici op 136 arbeiders. De suggestie dat de Britse en Franse bedrijven het op dit punt volledig hebben laten afweten, is echter duidelijk onjuist. Bovendien, van het omgekeerde verband - veel chemici in dienst nemen en toch economisch weinig succesvol zijn - levert het bedrijf K. Oehler ons een duidelijk voorbeeld.

De geschiedenis van het bedrijf van Oehler te Offenbach is vrij onbekend gebleven, juist omdat dit bedrijf nooit tot de hele grote is gaan behoren en in 1905 door Griesheim-Electron werd opgekocht. Toch behoorde het in de 70er jaren van de vorige eeuw tot de bedrijven die een voor die tijd zeer groot aantal chemici hadden aangesteld. Uit de ledenlijsten van de Deutsche Chemische Gesellschaft en uit andere bronnen is te achterhalen dat Oehler in 1872 minstens 6 (!) chemici in dienst had. In 1878 was dit aantal opgelopen tot minimaal 9*. Arbeidersaantallen zijn ons uit die jaren helaas niet bekend. In 1867 had Oehler 60 à 80 arbeiders in dienst, een voor die tijd behoorlijk groot aantal (La Fuchsine had toen zo'n 300 arbeiders in dienst, en Bayer ongeveer 50 (en 2 chemici)). Ondanks deze "wetenschaps-intensieve" start kwam het bedrijf echter niet tot grote bloei.

Tegen de gebruikelijke op aantallen gebaseerde benadering blijkt, zoals hierboven werd aangegeven, reeds een "interne" (met behulp van andere aantallen) kritiek tot de mogelijkheden te behoren. Daarnaast gaat de benadering als zodanig aan een aantal complicaties voorbij: de onbepaaldheid van het woord "chemicus" bij de toenmalige heterogeniteit aan opleidingsmogelijkheden en de diversiteit van de taken die door chemici binnen de kleurstofbedrijven werd uitgeoefend (analyse, coloristische taken, productiesupervisie en research). Deze complicaties passeren in de rest van dit artikel de revue.

2.3. *Inschakeling van research-chemici*

Het is overduidelijk dat de Duitse kleurstofbedrijven reeds een machtige positie hadden opgebouwd, voordat er van werkelijk systematisch industrieel onderzoek sprake was. Dit wil niet zeggen dat het tot stand komen van geïnstitutionaliseerde research in een latere fase niet functioneel geweest is met betrekking tot de handhaving en versterking van die positie.

Meyer-Thurow en Beer hebben laten zien dat binnen het bedrijf van Bayer te Elberfeld pas halverwege de 80er jaren van de vorige eeuw een groep research-

*Door de gevolgde procedure kunnen we alleen ondergrenzen vaststellen.

chemici werd gevormd. Op dat moment hoorde het bedrijf reeds tot de drie grootste kleurstofbedrijven ter wereld.

Tot nu toe is Bayer het enige bedrijf, waarvoor de ontwikkeling van de van de researchafdeling historisch goed is gedocumenteerd. Dit zou tot de foutieve conclusie kunnen leiden, dat geïnstitutionaliseerde industriële research in de kleurstofindustrie pas in de jaren '80 gestalte kreeg. Enkele andere bedrijven liepen echter op Bayer voor.

Op 14 oktober 1868 tekende Heinrich Caro een overeenkomst met de BASF, waarin zijn aanstelling per 1 november van dat jaar geregeld werd. Een van de bepalingen luidde:

"Herr H. Caro übernimmt vorzugsweise die Arbeiten im Laboratorium, welche sowohl in theoretischer als praktischer Beziehung nöthig sind..."¹⁷

Het zou onjuist zijn uit het woord "Laboratorium" ook maar enigszins tot researchactiviteiten te concluderen (bedrijven hadden al sinds het begin van de 19e eeuw "laboratoria"); veel belangrijker is in deze formulering het woord "theoretischer". In de jaren na 1868 droeg Caro regelmatig met nieuwe kleurstofontdekkingen tot de ontwikkeling van deze industrietak bij. Een grote researchstaf verzamelde hij echter niet om zich heen. Aan het einde van de 70er jaren had hij waarschijnlijk slechts 2 onderzoeksassistenten.* Dit onderzoeksteam werd pas uitgebreid, toen in 1880 het researchwerk aan de indigosynthese van start ging.**

Ook bij Höchst waren pas in de tweede helft van de 70er jaren full-time research-chemici aangesteld (Th. Diehl bijvoorbeeld in 1878), waarschijnlijk om de exploitatie van de doorbraken op het gebied van de azokleurstoffen ter hand te nemen. Een echte *researchorganisatie* wordt bij Höchst pas na 1883 opgezet als het bedrijf zich op de synthetische geneesmiddelen stort.

In de vroege jaren van de kleurstofindustrie was het researchwerk vaak in handen van de chemisch opgeleide direktieleden van de verschillende bedrijven. Een belangrijke oorzaak voor deze situatie wordt waarschijnlijk gevormd door de moeilijkheden die met betrekking tot de eigendomsrechten van uitvindingen zouden kunnen ontstaan bij chemici in loondienst. Deze aangestelde chemici werden vaak aan de routinematige analyse van grondstoffen gezet, waar een eventuele overstap naar de concurrentie niet zoveel kwaad kon.

*Ter Meer 1876-77; Schraube 1877-?; Hepp 1878-79; Müller 1879-?. Alle vier leerlingen van Adolph Baeyer, professor te Straatsburg en München.

**2 "Privat-Assistenten" van Baeyer - Friedländer en Hohner - werden in 1880 bij de BASF gedetacheerd.

Soms werd een direktielid bij zijn onderzoekswerk door verschillende *assistenten* ondersteund. Van bijvoorbeeld Perkin is bekend dat hem rond 1870 verschillende "private assistants" (Brown, Stocks, Pedler, Williamson) bij zijn researchwerk ter zijde stonden. Deze voorfase van het industriële researchlaboratorium doet sterk aan de situatie op de universiteiten denken, waar een hoogleraar in zijn "Privat-Laboratorium" op eigen kosten assistenten in dienst had, die voor hem het werk verrichtten dat dan vervolgens onder zijn naam gepubliceerd werd. Door de salarisbetalingen die verricht waren, was het "intellectuele eigendom" blijkbaar in de handen van de betreffende hoogleraar overgegaan.*

Met betrekking tot de samenhang tussen het economisch succes van de Duitse kleurstofbedrijven en de opkomst van de bedrijfsinterne research kunnen we het volgende concluderen:

- het georganiseerde industriële researchlaboratorium waar de Duitse kleurstofindustrie zo beroemd om geworden is, is pas tot ontwikkeling gekomen, nádat de Duitse bedrijven hun economische macht al gevestigd hadden
- er zijn echter wel allerlei voorvormen van dit industriële researchlaboratorium, maar deze lijken niet typisch voor de Duitse firma's te zijn. Ook in Engelse bedrijven, zoals dat van Perkin, en in Franse bedrijven - zoals bij het Lyonse bedrijf La Fuchsine dat anno 1865 een researchlaboratorium in Parijs (!) had - waren er chemici een belangrijk deel van hun tijd met research bezig. Ook uit deze voorvormen kan het succes van de Duitse industrie dus niet verklaard worden.

2.4. *Inschakeling van productie-chemici*

Uit de studie die Meyer-Thurow van de Firma Fr. Bayer & Co. maakte, zou men kunnen concluderen dat de figuur van de universitair opgeleide productie-chemicus ook een vrij late verschijning is. Lunge verwees in 1873 echter reeds naar een andere stand van zaken. Het bedrijf van Friedrich Bayer blijkt inderdaad geen typisch geval te zijn. Bij Hoechst, La Fuchsine, Oehler en bij vele andere bedrijven blijken reeds vanaf de vroege jaren '60 chemici de leiding over productieafdelingen gehad te hebben. De uit Duisberg's** memoires bekend geworden "Meister-Herrschaft" was zeker niet algemeen. Dat deze bij Bayer wél zo'n rol speelde, komt waarschijnlijk doordat de regio Barmen-Elberfeld een oud industriegebied was met een in

 *Vergelijk de wrevel die bij Van 't Hoff werd opgewekt, doordat Kekulé in 1872 enige "zahlende Laboranten in unbesoldete Privatassistenten" veranderen wilde (Cohen, 1912, 46).

**Oprichter van de researchafdeling bij Bayer en later I.G. Farben directeur.

1860 op een reeds hoog niveau staande chemische industrie. Hierdoor waren goed geschoolde arbeiders en voorlieden aanwezig. Hetzelfde fenomeen zien we in de Britse industriegebieden. Bovendien werd de Firma Fr. Bayer & Co. door een koopman (Fr. Bayer) en een verver (Fr. Weskott) geleid, die aanvankelijk geen van beiden contacten in de wereld van de universitaire chemie hadden.

Bij Hoechst lagen de zaken anders. Vanaf de oprichting - in 1862 - waren twee van de direktieleden (Dr E. Lucius en Dr A. Brüning) gepromoveerde chemici met goede contacten met het universiteitslaboratorium te Heidelberg en met het analytisch laboratorium van Fresenius. De eerste twee aangestelde chemici bij Hoechst - C. Diehl en C. Graebe - waren beiden in Heidelberg gepromoveerd. Ook kregen beiden de leiding over een produktieafdeling.

Voor het commerciële succes van een anilinekleurstoffabriek was het leveren van een hoogwaardig product van levensbelang. De "zuiverheid" van de kleuren op de geverfde of bedrukte weefsels was sterk afhankelijk van de kwaliteit van de gebruikte kleurstoffen. Uiteraard speelde daarnaast de (kost)prijs van de kleurstoffen een grote rol. Een voorwaarde voor het realiseren van een lage kostprijs en van een hoge kwaliteit werd gevormd door de technische beheersing van de verschillende productieprocessen. Een grondige beheersing van de technische kant van een bedrijf bepaalde voor een groot deel het succes op de markt.

Technische kennis was dan ook zeer gezocht. Patentbeschrijvingen en publicaties in de technische tijdschriften bevatten vaak niet de details "waar het om draaide", de "kneepjes" die nu net dat kleine voordeel op de concurrenten uitmaakten, dat beslissend was. Diffusie van dit soort technische kennis vond niet plaats via het gedrukte woord. Belangrijk waren overeenkomsten tussen ondernemingen, waarin kennis over processen geruild werd*, maar meer nog het rondtrekken van chemici die de in hun persoon belichaamde "know-how" tegen hoge bedragen wisten te verkopen. Deze chemici introduceerden dan de productie van een bepaalde kleurstof in een bedrijf en gaven zo leiding aan de productie.

In de beginjaren van de kleurstofindustrie was deze rondtrekkende chemicus

*Zo ruilde Hoechst technische kennis omtrent de productie van aldehydegroen met Simpson, Maule en Nicholson tegen de kennis van de Hofmann's violetproductie. Voor andere kennis moest Hoechst vaak betalen. Een voorbeeld dat de Duitsers *niet zo maar* alle buitenlandse vindingen straffeloos konden kopiëren¹⁸.

een veel voorkomende figuur. Meyer-Thurow heeft voor Bayer laten zien dat 6 van de 8 chemici die tussen 1863 en 1871 werden aangetrokken, en 5 van de 6 die in de jaren 1874-1878 werden aangesteld van andere bedrijven afkomstig waren. Dit was een van de belangrijkste routes van de kennisoverdracht tussen ondernemingen. In een paar gevallen weten we precies om welke "know-how" het ging, waarvoor een bepaalde chemicus aangetrokken werd.

Zo had A. Leonhardt bepaalde verbeteringen in de fuchsinebereiding doorgevoerd bij het Engelse bedrijf Roberts, Dale & Co., waar hij werkte. In 1868 (of 1867) werd hij bij Hoechst aangesteld om deze verbetering daar door te voeren¹⁸. In 1869 ging hij naar Kalle & Co. waar hetzelfde proces geïmplementeerd werd. Een jaar later richtte hij met Leo Gans samen een eigen bedrijf op (later Cassella & Co.) dat ook de fuchsineproductie ter hand nam.

Voor bedrijven was het aantrekkelijk om chemici bij anderen weg te kopen, maar minder plezierig als hen hetzelfde lot ten deel viel. Daarom probeerden de directies zulke arbeidscontracten af te sluiten die de mogelijke schade tot een minimum zouden beperken. In de regel was het de chemicus verboden zich in andere productieafdelingen dan de zijne te begeven. Ook voor andere* chemici goldene beperkingen.

Het voorgaande illustreert de functie en "importance" (Lunge), die de in de productie werkzame chemici hadden voor het reilen en zeilen van een kleurstofbedrijf. Zij brachten procesverbeteringen tot stand en voerden deze in, zowel in hun eigen bedrijf als bij latere werkgevers. Ligt nu in het aanstellen van chemici als managers over de productieafdelingen de sleutel tot het Duitse succes?

In ieder geval kunnen we constateren dat reeds in de jaren '60 chemici in deze functie werden aangesteld. De chronologie "economisch succes"- "aanstellen van chemici" ligt hier dus duidelijk anders dan bij de research-chemicus. Toch krijgen we aan de hand van individuele voorbeelden geen goed beeld van de internationale verhoudingen. We treffen in Duitsland bedrijven aan die wél een chemicus (Hoechst) en ook bedrijven die géén chemicus (Bayer)

*Bij Kalle & Co. werd in 1864 dr E. Ullrich als research-chemicus aangesteld onder de voorwaarde dat hij geen stap in de fabriek zou zetten. Alle verbeteringen werden aan dr W. Kalle, de directeur, hoogst persoonlijk getoond. De invoering in de productie werd dan vervolgens door Kalle zelf ter hand genomen¹⁹.

als hoofd van een productieafdeling hadden aangesteld. Daarnaast komt ook buiten Duitsland de figuur van de chemicus-manager voor (Leonhardt* bij Roberts, Dale & Co.; Brimmeyr* bij La Fuchsine).

Commentaren van tijdgenoten wijzen er echter op dat de Duitse bedrijven reeds in de jaren '60 op het punt van de technische beheersing een voorsprong op het buitenland hadden opgebouwd. De reeds eerder aangehaalde Fritz Kalle (een broer van Dr. W.), schrijft in zijn rapport uit 1871:

"Dieses Uebergewicht verdankt unsere Anilinfarbenindustrie nur der höheren wissenschaftlichen Ausbildung der deutschen Industriellen, welchen es bisher gelang, in den meisten neuen Dingen die ersten zu sein."²⁰

Dat het niet zozeer om de aantallen aangestelde chemici gaat, is in 2.2 duidelijk geworden. De kwaliteit van het Duitse onderwijs speelde een grote rol. Voor productiechemici was, naast een gedegen kennis van de chemie, vooral ook een goede praktische vaardigheid een eerste vereiste. Een grondige training in de chemische analyse en de kunst om te kunnen "laborieren" waren van eminent belang. Het Duitse universitaire onderwijssysteem kwam aan deze eisen tegemoet. Het Franse en Engelse systeem schoten juist hier te kort. In die landen stond het onderwijs aan de universiteiten theoretisch soms op een zeer hoog niveau, maar de praktische training ontbrak. Anderzijds waren er privé-scholen, waar de chemische analyse onderwezen werd, maar waarvan de "afgestudeerden" niet veel meer dan de kwalificatie "mere testers" verdienden.

In één van de rapporten van de Wereldtentoonstelling uit 1867 wordt de invloed van deze kwaliteiten van het Duitse onderwijssysteem op de ontwikkeling van de anilinekleurstofindustrie reeds onderstreept:

"...de fabrieken van chemische producten [kunnen] ieder jaar hun leidinggevend personeel recruterende uit een massa jonge chemici, die een uitgebreide theoretische kennis paren aan een gedegen praktische kennis en handigheid in chemisch experimenteren. Het is uitzonderlijk om deze kostbare combinatie in dezelfde mate aan te treffen bij de studenten die van het geringe aantal min of meer analoge instellingen, welke Frankrijk en Engeland bezitten, komen."²¹

*Beiden, misschien niet toevallig, wél in Duitsland opgeleid.

ⓂHierdoor waren de Britse en Franse bedrijven die niet wilden achterblijven, vaak gedwongen Duitsers aan te stellen. Een ontwikkeling die in 1874 door een commentator in het Chemical News (wrsch. William Crookes) bepaald niet werd toegejuicht: "Instead of developing native talent, we are more and more placing the management of our chemical manufactures in the hands of foreigners, just as the Romans, in their decline, filled up the ranks of their legions with stranger mercenaries. Absit omen!"²³

Ook later in de ontwikkeling van de kleurstofindustrie werd door sommigen de voorsprong die Duitsland op het punt van de beschikbaarheid van praktisch gevormde productiechemici bezat, onderstreept. Volgens Levinstein (1886) waren research-chemici economisch gezien niet eens zo erg relevant. De Britse industrie leed volgens hem vooral onder het gebrek aan echte "chemical engineers": technici die in staat waren laboratoriumprocessen in industriële processen om te zetten²².

2.5. *Conclusie*

Samenvattend kunnen we concluderen dat met betrekking tot het vraagstuk van de relatie tussen inschakeling van chemici en economische groei, ervoor gewaakt moet worden dit verband al te strikt te leggen. Hier niet behandelde factoren als de hoogte van de alcoholprijzen, loonkosten etc. hebben, naast de invloeden die van het al of niet aanwezig zijn van een patentwet zijn uitgegaan, ongetwijfeld een belangrijke rol gespeeld. Wanneer men toch aan de chemicus in het economisch groeiproces een plaats wil toekennen, dan lijkt vooral zijn rol als verbeteraar van productieprocessen belangrijk te zijn. In de ontwikkeling van de bedrijfstak hebben daarnaast de uit de productiesfeer afkomstige, of bewust nagestreefde, "ontdekkingen" wel degelijk een rol gespeeld. De opkomst van de *geïstitutionaliseerde* research blijkt echter niet als een verklaring voor het Duitse economische succes in de vroege periode van de kleurstofindustrie te kunnen dienen.

3. DE ONDERNEMER EN ZIJN HOUDING TEN OPZICHTE VAN "DE WETENSCHAP"

3.1. *De rol van de ondernemer in de literatuur*

In de tweede helft van de 19e eeuw waren in Engeland de fabrikanten van chemische producten regelmatig het onderwerp van kritiek. Vooral de fabrieks- en research-chemici en de bedrijfsleiders lieten zich af en toe, in niet mis te verstande termen, uit over het gebrek aan visie bij de directies van de bedrijven. De woorden van Lunge zijn al aangehaald. Hij stelde in 1873 dat de chemicus door de fabrikanten als een ietwat dure en onnutte sta-in-de-weg werd beschouwd. Ook later in de eeuw werd de Britse fabrikant regelmatig afgebeeld als een zuinige figuur die niet te ver vooruitdenkt en vooral niet in wetenschap investeren wil. In het toentertijd veel besproken boek van E.E. Williams: "Made in Germany" (1896) heet het:

"De Engelse fabrikant die zelden meer dan zes chemici, nooit echter er ook maar één voor onderzoek in dienst heeft, zou de hoge salarissen voor een uitsluitend op wetenschappelijk werk gerichte chemici-staf, waarvan ieder zijn wetenschappelijke interesses zou kunnen uitleven, als een overdreven en domme verspilling van geld zien."²⁶

Nu mag men gevoegelijk aannemen dat ook de Duitse industriëlen - die aan de Britten door de critici steeds ten voorbeeld worden gesteld - de hier beschreven aanpak een wel zeer onwijs bedrijfsbeleid zouden vinden. Voor het berijden van wetenschappelijke stokpaardjes was ook in de Duitse kleurstofindustrie geen plaats. Caro waarschuwt de "technici" (research-chemici *in de industrie*) ervoor zich met de grote vragen van de wetenschap bezig te houden. Met hen die naar de zon willen vliegen, zal het slecht aflopen. Beide benen op de grond, is het devies²⁷.

Duisberg concretiseert de aktiviteit van de industriële research-chemicus met de woorden: "Von Gedankenblitz keine Spur", en hij lijkt erbij te denken: "Zo hoort het ook." In ieder geval blijkt het bedrijf ook zonder die "Gedankenblitz" goed te marcheren²⁸.

Ondanks de door de Engelse commentatoren geïntroduceerde vertekening die het Duitse industriële onderzoek als "pure research"²⁹ voorstelt, lijkt er wel degelijk iets aan de hand te zijn. Daarvoor is de Britse kritiek te frequent en valt het ontbreken van deze kritiek onder de Duitse industriële chemici te veel op.

Het thema van de onderwaardering van de wetenschap door de ondernemers heeft zich dan ook een vaste plaats in de geschiedschrijving van de kleurstofindustrie weten te verwerven. Een paar voorbeelden mogen dit illustreren.

Haber besluit zijn opsomming van oorzaken voor de stagnatie van de Britse kleurstofindustrie in het laatste kwart van de 19e eeuw met het noemen van de in zijn ogen belangrijkste factor:

"[het ontbreken van] a proper appreciation of the importance of a scientific approach to the problems of dyestuffs production."³⁰

Een gebrek aan waardering dat door Welham op het Britse onderwijssysteem (vooral wat betreft het middelbaar onderwijs) wordt teruggevoerd:

"the failure of the British educational system is shown not so much in any lack of research chemists, but in the lack of understanding, by managers, of the problems and potentials of the industry - an understanding which the social and educational system of Germany made much more widespread in that country."³¹

Ook bij Beer komen we dezelfde geluiden als bij Haber tegen³².

Hohenberg³³ die de Franse, Duitse en Zwitserse chemische industrie onderling vergelijkt, komt voor Frankrijk tot conclusies, vergelijkbaar met die welke door Haber, Welham en Beer voor Groot-Brittannië getrokken worden. Gebrekkig ondernemerschap is volgens Hohenberg de belangrijkste verklaring voor het verval van de Franse chemische industrie. De Franse industriëlen voerden een conservatief, op zekerheid gericht, beleid. Het investeren in "technical effort" kwam in hun kraam niet van pas. De woorden van Rothschild:

"Il y a trois manières de se ruiner: le jeu, les femmes...et les ingénieurs. Les deux premières sont plus agréables...mais la dernière est plus sûre."

worden door Hohenberg als typerend voor de Franse situatie - ook onder de industriëlen - beschouwd.

Wanneer we de door Haber, Hohenberg e.a. gepresenteerde analyses nader beschouwen, dan blijkt de empirische basis, waarop ze rusten smal te zijn. Allerlei algemene ideeën over de verschillen in ondernemerschap tussen Duitsland enerzijds en Frankrijk en Engeland anderzijds spelen op de achtergrond een rol. Gegevens, die direkt op de situatie in de kleurstofindustrie betrekking hebben, zijn schaars. Hoe de kleurstofbedrijven werkelijk geleid werden, is vrijwel onbekend. Dit geldt vooral voor Frankrijk, iets minder voor Engeland, maar ook zelfs voor Duitsland (van succesvolle ondernemingen zijn meestal meer bronnen bewaard) zal men naar goede studies over het management van de kleurstofindustrie tevergeefs zoeken. De schaarse gegevens die in de historische argumentatie gebruikt worden, blijken vaak geïsoleerde voorbeelden te zijn (zoals: Perkin keerde in 1874 de industrie de rug toe, daarmee verdween de wetenschappelijke aanpak; de Duitse chemici gingen eind jaren '60 weer naar hun vaderland terug, omdat hun prestaties in Engeland onvoldoende gewaardeerd werden etc.). Toch is het mogelijk op een aantal deelproblemen nader in te gaan.

3.2. *Overschatting van de ondernemersrol*

In de eerste plaats moet op een vooronderstelling gewezen worden, die de discussies over "the foresight and vision"³² van het management ten aanzien van het wetenschappelijk onderzoek in belangrijke mate bepaald. Deze is dat een onderneming heel duidelijk van boven-af wordt geleid, en de bedrijfsleiding volledig verantwoordelijk is voor alle processen die zich in de onderneming afspelen (en voor het uitblijven van bepaalde processen). Kortom, wanneer een onderneming het nalaat duidelijke researchactiviteiten te ontplooien, dan is dit aan het management te wijten.

Meyer-Thurow heeft echter in zijn interessante studie over het tot stand komen van een research-organisatie bij Fr. Bayer & Co. heel iets anders laten zien. In dat bedrijf blijkt het tot ontwikkeling komen van georganiseerde research helemaal niet zo'n gepland proces te zijn geweest. Verschillende organisatievormen - zoals het detacheren van jonge bedrijfschemici op universiteitslaboratoria - werden zonder succes uitgetoetst. Ditzelfde - moeizame - leerproces werd ook reeds door Beer beschreven, maar deze legt, als de researchorganisatie onder leiding van Duisberg uiteindelijk tot stand komt, het initiatief hiervoor bij de firmaleiding:

"he [Duisberg] was quickly detached from all factory responsibilities, placed on full-time research, and, as the months passed, given a growing number of research assistants."³⁴

Meyer-Thurow, die veel nauwkeuriger naar de sociale processen binnen het bedrijf gekeken heeft, laat echter zien dat de bedrijfschemici zélf een heel actieve rol in dit proces hebben gespeeld:

"Without any planning, a group of research assistants began to gather around this young inventor (Duisberg)"

en even verderop noemt hij Duisberg:

"the personal nucleus of an inspired group of research-oriented young chemists."³⁵

Ook de creatieve onderzoeksfeer die in de 70er jaren van de vorige eeuw onder de bij het kleine Zwitserse bedrijfje P. Monnet & Cie. aangestelde chemici Reverdin, Noelting, De la Harpe en Knecht heerste, lijkt in belangrijke mate van de persoonlijke kwaliteiten en initiatieven van deze chemici afhankelijk geweest te zijn. In het stille La Plaine, waar het bedrijf gevestigd was, stortten deze vier chemici zich ook 's avonds op de research en vormden zo een van de vroegste researchgroepen in de kleurstofindustrie.

Met bovenstaande voorbeelden willen we de rol van de ondernemer natuurlijk niet tot nul reduceren. Het oppikken en "stabiliseren" van initiatieven van onderaf is in ieder geval een activiteit die de Bayer-bedrijfsleiding bekwaam heeft uitgevoerd. Reeds in 1888 werd aan Duisberg - toen pas 27 jaar oud en 5 jaar bij het bedrijf - de *Prokura* verleend.

Ook de in het genoemde arbeidscontract van Caro opgenomen bepalingen duiden op een initiatief van de kant van de BASF-leiding. Alle gebeurtenissen echter aan de bewust handelende ondernemer toe te schrijven, lijkt echter onjuist.

3.3. Chemici in de bedrijfsleiding

In een regelmatig voorkomende verklaring van de grote waardering die de Duitse ondernemingsleidingen voor "de factor wetenschap" zouden hebben gehad, wordt op de ruime aanwezigheid van chemici in de bedrijfsleiding gewezen³⁷. Franse en Britse ondernemingen zouden daarentegen geleid zijn door "business-men" die veel verstand van de "markets", maar weinig verstand van "chemistry" hadden (Perkin).

Ervan afziend dat uit de Duitse kleurstofhandel op Azië, Amerika en Rusland blijkt dat de Britten van de "markets" nu ook weer niet zo veel verstand blijken te hebben gehad, heeft deze bewering een grote plausibiliteit. Om iets van de chemie van je bedrijf af te weten, moet je chemicus zijn. Het is haast té logisch.*

Toch zijn er nogal wat voorbeelden aan te halen die laten zien dat kennis van de chemie en visie op de sociale organisatievormen van het wetenschappelijk onderzoek twee heel verschillende zaken zijn.

Bij de firma Bayer maakten rond 1880 drie chemici deel uit van de directie: Fr. Bayer jr., Fr. Weskott jr. en H.T. Böttinger. Initiatieven op het gebied van het wetenschappelijk onderzoek kwamen echter steeds van maar één man: de koopman Carl Rumpff. Dit directielid begon reeds in de jaren '70 voor eigen rekening chemici voor tijdelijke onderzoeksprojecten aan te stellen en legde contacten met Professor Wislicenus te Würzburg. Ook bij de BASF zien we dat niet de chemici in de directie - de gebroeders Clemm - de stuwende kracht achter de organisatie van de technische vernieuwing vormden, maar het commerciële directielid Engelhorn.

Interessant is ook een citaat uit de Duitse *Färberzeitung*, waarin verslag gedaan wordt van de Algemene Aandeelhoudersvergadering van het Britse kleurstofbedrijf Brooke, Simpson en Spiller Ltd. in 1893. Eén van de commissarissen, E. Hickson, stelde dat

"von seinen *kaufmännischen Standpunkt* aus [...] die Fabrikation nicht rationell und nicht wissenschaftlich genug betrieben werde."
(mijn cursivering)^{37a}

*Vgl. ook de verklaringen, waarin de ondergang van het bedrijf La Fuchsine aan de aanwezigheid van het bankierslement in de directie geweten wordt:
"Les banquiers de leur côté manquaient d'un sens industriel [...]: ils percevaient mals les impératifs de l'investissement à long terme et étaient plus orientés vers les spéculations 'lyonnaises' à court terme. La construction d'une entreprise chimique n'avait rien à voir avec les opérations commerciales habituelles."
(Cayez, 1980, 231).

Een bewering die door de technische directeur, R.J. Friswell (!) - uiteraard - met kracht bestreden werd.

We zien aan de hand van deze voorbeelden dat het - soms haast axiomatisch - veronderstelde verband tussen het investeren in research en de aanwezigheid van chemici in de directie niet zo duidelijk aanwezig is. Regelmatig bleken de commerciële directieleden het voortouw te nemen.

Daarnaast kan men zich afvragen of de bewering dat chemici in de directies van de Britse en Franse bedrijven veelal ontbraken, feitelijk wel klopt.

Uit een door Meyer-Thurow^{37b} gemaakte vergelijking tussen de Engelse en Duitse aniline-kleurstofbedrijven in de periode 1857-1863 blijkt dat onder de oprichters van Engelse aniline-kleurstofbedrijven overduidelijk de chemici overheersten (10 chemici en geen enkele koopman onder de oprichters), terwijl voor Duitsland de gelijke inbreng van kooplieden en chemici typerend was (12 chemici en 12 kooplieden). Deze karakteristiek van de Duitse kleurstofindustrie was ook reeds door Borscheid herkend:

"...die Verbindung von Chemiker und Kaufmann galt bei der Teerfarbenindustrie als Regel."³⁸

Terwijl echter deze laatste in zijn hele beschrijving aan de chemicus de grootste rol toekent, wijst Meyer-Thurow op de grote sociale barrière die in Engeland tussen nijverheid en handel aanwezig was. Hierin ziet hij één van de belangrijkste oorzaken voor het niet tot bloei komen van de Britse kleurstofindustrie.

Ook in een latere fase heeft het de Britse kleurstofindustrie niet aan chemici in de bedrijfsdirecties ontbroken. Dikwijls wordt gesteld dat met het uittreden van E.C. Nicholson, in 1868, uit de firma Simpson, Maule and Nicholson het wetenschappelijk element uit de leiding verdween.* Vergeten wordt dan dat de oude eigenaars, dus ook George Simpson en George Maule, alle drie een chemische opleiding achter de rug hadden en dat in de in 1868 nieuw gevormde firma - Brooke, Simpson and Spiller - twee van de drie directieleden (Simpson en William Spiller) chemici waren. Ook in andere Britse firma's en in de Franse bedrijven ontbrak het niet aan directieleden met een chemische achtergrond.

*Hier wordt maar één firma als voorbeeld behandeld. Haber³⁹ ziet als algemene tendens: "Initially the British dyestuffs industry had been led by eminent chemists, but the retirement of Nicholson in 1868, of Perkin in 1874, and finally of Greville Williams three years later, left it virtually bereft of chemists-businessmen, with the solitary, but notable exception of Levinstein."

Deze bewering van Haber is gewoonweg onjuist.

3.4. *Kooplieden in de bedrijfsleiding - de relatie tussen handel en nijverheid*

In een alternatieve visie gaat het niet om de aanwezigheid van chemici in de directies, maar om de houding die de commerciële leiding van het bedrijf tegenover "de factor wetenschap" innam. Welham zit duidelijk op deze lijn en vermoedt dat het goede secundaire onderwijs in Duitsland ook degenen met een handelsopleiding enige natuurwetenschappelijke kennis bijbracht. Ook in §3.3 is in een paar voorbeelden de rol van commerciële directieleden, zoals Rumpff en Engelhorn, duidelijk naar voren gekomen.

Belangrijk is de observatie die Meyer-Thurow maakte, aangaande de sociale barrière tussen nijverheid en handel in Groot-Brittannië.

Het is inderdaad opvallend dat, hoewel ook de Duitse bedrijven veel met (locale) agenten werkten, de Britse kleurstofbedrijven vaak vrijwel de gehele verkoop aan een handelsfirma hadden uitbesteed.

Reeds in januari 1859 gaf het bedrijf Perkin and Sons de gehele handel met het Continent in handen van Rudolph Knosp te Stuttgart (zelf ook kleurstoffabrikant en later aan de BASF verbonden). De fabriek van Simpson, Maule en Nicholson had de gehele buitenlandse handel uitbesteed aan het grote Londense handelshuis Nestlé, Andreae & Co.

Het lijkt erop dat dit verschil in bedrijfsorganisatie tussen de Britse en Duitse firma's gevolgen gehad heeft voor het contact tussen directie en fabriek.

In het geval van de Britse bedrijven kwamen de signalen uit de markt minder sterk door, hetgeen in een aantal gevallen leidde tot een geringe nadruk op kwaliteit en technische beheersing.

Tussen de Britse bedrijven bestonden onderling wel verschillen. Van W.H. Perkin's broer T.D. - die de "business"-kant van het bedrijf vertegenwoordigde - is bekend dat hij dagelijks de fabriek bezocht en op de voortgang van de alizarinefabricage toezag. De directieleden van het bedrijf van Brooke, Simpson en Spiller, die in 1874 de alizarinefabriek van de gebroeders Perkin overkochten, bleven echter soms weken lang van de fabriek weg⁴⁰. Dit soort situaties schijnen in de Duitse bedrijven minder vaak voorgekomen te zijn.

De koopman, Friedrich Bayer hield zich nauwgezet op de hoogte van de situatie in de fabriek. Toen het met de alizarinefabricage - onder leiding van de chemicus-direkteur E. Tust - de verkeerde kant opging, greep hij persoonlijk in en trok de leiding weer aan zich⁴¹.

Het lijkt aannemelijk eventueel optredende verschillen tussen de Britse en Duitse bedrijven met betrekking tot de plaats van "de wetenschap" binnen het bedrijf, uit de hier gesignaleerde verschillen in bedrijfsorganisatie te verklaren. De wijze waarop de relatie tussen handel en productie georganiseerd is, vormt daarnaast echter een invloedrijke factor.

3.5. *Status, salariëring en niveau van de industriële chemicus*

In §3.3 en §3.4 zijn we ingegaan op de personele samenstelling van de directies van de kleurstofbedrijven en op het contact tussen directie en fabriek. Dit in verband met de vraag of een verschil in waardering van "de wetenschap" tussen de Duitse bedrijven enerzijds en de Britse (en Franse) bedrijven anderzijds, uit deze factoren te verklaren zou zijn. Of zo'n verschil in "waardering" inderdaad bestond, is echter nog niet aan de orde geweest.

Hierboven is de kleurstofchemicus Green reeds ten tonele gevoerd, die zijn stelling van de verwaarlozing van de chemie door de Britse fabrikanten met gegevens over de aantallen aangestelde chemici trachtte te bewijzen. Zoals in §2.2 is aangegeven, kunnen bij deze "bewijsvoering" grote vraagtekens worden geplaatst.

Toch lijkt het niet terecht uit het feit dat er blijkbaar geen grote verschillen tussen de kleurstofbedrijven bestonden met betrekking tot de *aantallen* aangestelde chemici, te concluderen dat *dus* verschillen met betrekking tot de "waardering" van de rol van deze chemici ontbraken. Historici, die verwijtend de vinger naar het Britse en Franse management hebben opgestoken, zoals Haber en Hohenberg, hebben gewezen op het verschil in salariëring tussen de chemici in Duitsland en die in Frankrijk en Engeland. Over dit laatste land zegt Haber:

"Salaries, indeed, reflected the inferior status of chemists."^{41a}

Dit thema komt regelmatig in beschouwingen terug. Perkin stelt in 1885:

"...our manufacturers are to a great extent responsible. I am told that at some of our large chemical centres, the chemists, or so-called chemists, are sometimes paid not more than could be earned by a bricklayer. If such openings are put by manufacturers before young men, their parents are not likely to give them an expensive scientific training."⁴²

Vervolgens laat Perkin zien dat zeer veel studenten reeds na 9 maanden training in de chemische analyse de school verlaten om een - slecht betaalde - baan in de industrie aan te nemen.

Blijkbaar was er een behoorlijk grote vraag naar lager opgeleide chemici in Groot-Brittannië. Een vraag, waar eveneens een groot aanbod aan op middelbaar-technisch niveau geschoolden tegenover stond (zie §4.2.3.). Met betrekking tot de vraag naar hoger opgeleide chemici is het moeilijker om tot een conclusie te komen.

Haber en Hohenberg hebben uit de lage salarissen voor chemici in Frankrijk⁴³ en Engeland afgeleid, dat de vraag blijkbaar klein was ten opzichte van het aanbod. Dat Britse kleurstofbedrijven bijna voortdurend chemici in Duitsland aantrokken, is hier m.i. duidelijk mee in tegenspraak. Naar mijn overtuiging hebben Haber en Hohenberg hun conclusie op betrekkelijk onvolledige gegevens gebaseerd. Haber gaat uit van een salaris van £100,- voor een chemicus, hetgeen in vergelijking tot Duitsland inderdaad aan de lage kant is. Hierbij ziet hij echter de enorme spreiding in de salarissen voor chemici in Groot-Brittannië over het hoofd. De Duitser Peter Griess verdiende als brouwerij-chemicus in Burton-on-Trent in 1870 reeds £700,-, hetgeen voor die tijd een vorstelijk salaris was.*⁴⁴

Waarschijnlijk zijn de door Haber vermelde salarissen dus in het geheel niet met de Duitse chemicus-salarissen te vergelijken, omdat het twee heel verschillende categorieën van chemici betreft. Rond het vraagstuk van de behoefte aan goed geschoolde chemici (in Engeland) doemt nog een tweede tegenspraak op.

Uit Perkin's uitspraken zou men kunnen concluderen dat velen na een korte training liever een slecht betaalde baan in de industrie accepteerden dan hun studie voort te zetten (studeren was behoorlijk duur in Engeland in die tijd). Langere studie zou zinloos geweest zijn, want naar beter opgeleiden was geen vraag - in ieder geval drukte het zo verkregen surplus aan chemische kennis zich niet in een hoger salaris uit. Dit zou overeenkomen met de situatieschets die in 1871 door Frankland gegeven werd:

"...students frequently have to wait for a year or two before they get any position after leaving the College of Chemistry, and even then perhaps they receive for several years not more than 60 l. to 100 l. per annum. This is especially the case with men who wish to cultivate the higher branches of the science."⁴⁴

Het fenomeen van het aantrekken van Duitse chemici door de Britse fabrikanten lijkt hier lijnrecht mee in tegenspraak. Naar mijn oordeel kan dit niet veel anders betekenen dan dat zelfs de beste Britse chemie-opleidin-

*Misschien dat ook daarom Griess nooit naar zijn vaderland is teruggekeerd.

gen (College of Chemistry en Owens College) in de ogen van de fabrikanten niet dat niveau afleverden, die "kostbare combinatie", waar zij behoefte aan hadden (zie hieronder). Blijkbaar was er niet zonder meer een vraag naar goed geschoolde chemici, maar speelden héél specifieke kwaliteiten van de genoten opleiding een rol.

Houden we met al deze verschillen in "soorten chemici" rekening, dan ontstaat een beeld dat overeenkomt met datgene wat in §2.1 (Lunge) en §2.4 is gezegd van de positie van de chemici binnen de Engelse en Franse kleurstofbedrijven. Blijkbaar werden daar veel chemici in lage posities aangesteld, vooral om analytische bepalingen te verrichten, terwijl universitair geschoolde chemici zelden werden aangesteld.

Reeds in 1874 had de Manchester chemicus Roscoe erop gewezen dat door de Duitse fabrikanten bij voorkeur chemici met research-ervaring in dienst genomen werden⁴⁵. In 1882 bezocht hij, in het kader van zijn werk voor de Royal Commission on Technical Instruction, een aantal Duitse en Zwitserse kleurstofbedrijven. Zijn indrukken vatte hij als volgt samen:

"The first principle which guides the commercial heads of all the Continental* colour works, is the absolute necessity of having highly-trained scientific chemists, not only at the head of the works, but at the head of every department of the works where a special manufacture is being carried on. In this respect this method of working stands in absolute contrast to that too often adopted in chemical works in this country, where the control of the processes is left in the hands of men whose only rule is that of the thumb, and whose only knowledge is that bequeathed to them by their fathers."⁴⁶

Dit soort citaten kunnen niet onweersproken blijven.

Het is onduidelijk of Perkin en Roscoe in hun opmerkingen een vergelijking trekken tussen de Duitse en Britse *kleurstof*industrie of tussen de Duitse kleurstofindustrie en de Britse *chemische* industrie in het algemeen (soda-industrie e.d.). Uit biografische gegevens en uit de ledenlijsten van de Society of Chemical Industry en de Deutsche Chemische Gesellschaft blijkt in ieder geval dat in de jaren '80 de Britse kleurstofbedrijven *I. Levinstein & Co.* en *Read Holliday & Sons* een redelijk aantal *gepromoveerde* chemici in dienst hadden. Een gegeven dat in de geschiedschrijving over de kleurstofindustrie onvoldoende aandacht gekregen heeft. Deze gepromoveerde chemici waren *allen* Duitsers (Wolf, Rosicki, Studer, Liebmann, Zübling, Von Salis, Kupferberg, Klepl, Hirsch, Hirschberger en Scheitlin). Beide bedrij-

*Bedoeld worden de Duitse en Zwitserse bedrijven.

ven hadden steeds ongeveer 3 gepromoveerde chemici tegelijk in dienst. Het feit dat deze bedrijven de genoemde Duitse chemici konden aantrekken, zegt tevens iets over de door hen aangeboden salarissen. Lager dan in Duitsland zullen deze zeker niet zijn geweest.

Terwijl Perkin en Roscoe de zwarte piet naar de fabrikanten probeerden toe te spelen, had Levinstein in 1883 wel degelijk recht van spreken, toen hij zich beklagde over het niveau van het Britse onderwijs in de organische chemie (zie §1). Hij betrok immers zijn eigen bedrijfschemici uit het buitenland.

Bij Levinstein en Read Holliday & Sons werden er wél chemici als "works-manager" aangesteld (Wolf, Rosicki, Kupferberg, Hirschberger); of er ook chemici vrijgesteld waren voor research is ons niet bekend. Bij een ander Brits bedrijf lijkt echter hier de schoen gewrongen te hebben.

R.J. Friswell, tot 1886 "works-manager" bij Brooke, Simpson and Spiller en na die tijd tot 1899 direktielid, getuigde in 1905 voor een Royal Commission:

"Those who had...control of the business* had no appreciation of the fact that...chemistry which had originated the business could continually develop it in a great number of directions which were quite unforeseen when the industry was originally started. They looked upon all these discoveries as isolated and not connected in any way and they thought that they were discovered by lucky flukes."⁴⁷

3.6. Conclusions

Voordat een aantal conclusies zullen worden aangegeven, is het nodig kort op de stand van zaken met betrekking tot de - hierboven nauwelijks besproken - Franse kleurstofindustrie in te gaan. Slechts over twee bedrijven is redelijk wat bekend.

In §3.3 werd er reeds gewezen op het feit dat sommige auteurs - zoals Cayez - de ondergang van La Fuchsine uit de rol van de in de directie aanwezige bankiers verklaren. Het is echter maar de vraag of het economisch falen van dit bedrijf aan deze factor geweten moet worden (zie ook het stuk van Van den Belt in deze bundel). Daarnaast weten we van het bedrijf van Poirrier dat het tot de "voorhoede" behoorde voor wat betreft de inschakeling van "de wetenschap" in de industrie. Over de samenstelling en het functioneren van de directie is echter zo goed als niets bekend, terwijl het

*Zou hij ook de periode 1886-99 bedoelen? Vgl. zijn reactie op Hickson's kritiek uit 1893 (§3.3).

hier toch om een vrij groot bedrijf handelt.

Van de meer dan 10 overige Franse kleurstofbedrijven zijn helemaal geen gegevens die iets over het interne functioneren zeggen meer te achterhalen. Het valt niet te verdedigen om over "de Franse" situatie te praten, als uitspraken hierover op de analyse van het functioneren van slechts twee bedrijven zijn gebaseerd. Bovendien is het functioneren van deze twee bedrijven bijna tegengesteld te noemen.

In het geval van een Brits-Duitse vergelijking kunnen we onze conclusies op de gegevens over meerdere bedrijven baseren. Ook hier hangen echter de gevolgtrekkingen sterk af van de bedrijven die men beschouwt. Ondernemingen als I. Levinstein & Co., Brooke, Simpson and Spiller, en Perkin & Sons hebben "de chemie" een heel verschillende plaats in hun bedrijf gegeven.

In het algemeen lijkt het commerciële element in de Britse bedrijven ondervertegenwoordigd te zijn. Aandacht voor het concrete gebeuren in de fabriek was soms gering en de leiding over de productie werd overgelaten aan "foremen", die werkten volgens de "rule of thumb" (dit in het geval van Brooke, Simpson and Spiller), maar hier zijn ook uitzonderingen op (Levinstein en Holliday).

De chemici in de directies lijken gericht op een solide bedrijfsbeleid door een goede technische uitvoering van bestaande productieprocessen (vgl. Friswell's kritiek). "Projektmacherei", à la Rumpff, door op het inzetten van research-chemici te mikken, past niet goed in het Britse beeld. Tot dit soort escapades lijken zich de "Kaufleute" eerder te laten verleiden dan de chemici. De hoeveelheid chemici in de Britse directies betekent niet zonder meer een economisch voordeel - zoals zo vaak wordt aangenomen. Roscoe, die zo vaak voor de rol van de chemie opkwam, liet zich hier ook eens over uit. Een bericht uit onverdachte bron:

"...it must be *admitted* that some of the largest and most successful concerns in this trade [de katoendrukkerij] are carried on with little or no professed scientific knowledge, whilst others with which men of scientific attainments have been connected have proved failures. I mention this only to show (what in fact must be evident) that, after all, business habits and acquirements are essential to success, whilst scientific knowledge, although valuable, is in some cases dispensed with."⁴⁸

Een gebrek aan "business habits" en aan aandacht voor de vernieuwing van de productie-technische kant van het bedrijf heeft de groei van de Britse kleurstofindustrie vertraagd. Dit sloeg terug op de positie van de wetenschap binnen deze bedrijven. De geringe omvang van de Britse firma's zorgde ervoor dat niet veel

chemici konden worden aangesteld, wilde men niet in een onverantwoord financieel beleid vervallen. "Chemische pressiegroepen" - zoals onder leiding van Duisberg bij Bayer - bleven daardoor in de Britse firma's uit. De geringe groei zorgde ook voor zeer beperkte carrièremogelijkheden voor de jonge chemici binnen de bedrijven.

Volgens mij is de kritiek van chemici als Friswell, Meldola, Lunge en Green op deze factor terug te voeren. Zij hadden kritiek op de leiding en waarschijnlijk terecht. Maar in Duitsland waren intussen de chemici uit hun leeftijdsgroep - zoals Haber's "chemists-businessmen" Brunck en Duisberg³⁷ - door de groei van hun firma's reeds in de leiding ervan opgenomen. Eventuele kritiek op een oudere generatie was door hen inmiddels in organisatorische veranderingen omgezet⁴⁹.

Het verwijt van Friswell aan zijn toenmalige directeuren wijst niet op het ontbreken van chemische kennis van hun kant (want, zoals gezegd, 2 direktieleden waren chemicus), maar op het feit dat zowel G. Simpson als W. Spiller hun opleiding reeds vóór 1850 gevolgd hadden. De recente ontwikkelingen van de chemie waren aan hén voorbijgegaan, maar tevens...jonge chemici waren in de direktie niet opgenomen. In de steeds groeiende Duitse bedrijven bevond zich echter inmiddels (± 1885) aan hele generatie chemici van na 1865 (Kekulé) in leidinggevende posities.

4. DE BESCHIKBAARHEID VAN GOED GESCHOOOLDE CHEMICI

4.1. Inleiding

Zoals reeds gesteld (§1) gaat het in de historische discussie over de kleurstofindustrie grotendeels om het aanwijzen van de factoren die de massale inschakeling van chemici in de Duitse en de geringe inschakeling van chemici in de Britse en Franse kleurstofindustrie bepaald hebben. Twee partijen staan hier tegenover elkaar.

Sommige zoeken de oorzaken voor de nationale verschillen in deze bij de "vraagzijde" - de managers -, terwijl de andere partij de oorzaken bij de "aanbodzijde" - het onderwijssysteem - zoekt.

Wij hebben - vooral in §2.2 - laten zien dat in dit debat onvoldoende rekening gehouden wordt met de verschillende economische ontwikkelingen van de Duitse, Britse en Franse kleurstofindustrie. Gemeten naar de bedrijfsomvang komt het hele debat over de inschakeling van chemici in deze industrie-tak in een ander licht te staan. Dit werkt ook direkt door, wanneer men de

invloed die van de nationale verschillen in "beschikbaarheid" van chemici is uitgegaan, bespreken wil.

Het is zeer moeilijk tot een gefundeerde schatting te komen van de aantallen in Frankrijk, Duitsland en Engeland werkzame chemici in de tweede helft van de 19e eeuw. Internationale mobiliteit maakt het daarenboven praktisch onmogelijk om de groei van de aantallen in de verschillende landen op een eenduidige manier met de nationale onderwijssystemen in verband te brengen. Ondanks deze beperkingen bij het maken van een kwantitatieve schatting kan men veilig stellen, dat het aantal academisch opgeleide chemici in Duitsland veel en veel groter is dan de corresponderende aantallen in Groot-Brittannië en Frankrijk (zie §4.2.2). Hoeveel groter is niet te zeggen. Wél is bekend dat voor de gehele periode 1865-1914 de aantallen door Duitse, Franse en Britse chemici geproduceerde publicaties op organisch-chemisch gebied zich verhouden als 10:3:2 (D:F:GB; zie §4.2.2. (Tabel III)).

De omvang van de kleurstofindustrie in de drie hier besproken landen is evenmin uit directe gegevens bekend. In dit geval hebben we echter een groot aantal schattingen van tijdgenoten, die onafhankelijk van elkaar, tot dezelfde conclusies voeren. De omzet (in geld uitgedrukt) van de Duitse, Franse en Britse kleurstofindustrie relatief ten opzichte van elkaar, kan voor 1878 geschat worden op 10:1.5:2.5 (D:F:GB) en voor 1897 op 10:1:0.75 (D:F:GB)⁵⁰. Dit soort cijfers kunnen niet zomaar met de publicatiegegevens vergeleken worden, maar maken wel direct duidelijk dat "beschikbaarheid" van chemici een zeer relatief begrip is. Het geringe aantal academische chemici in Frankrijk en Engeland sluit een "overproductie" van dit soort chemici in die landen niet uit!

Deze mogelijke "overproductie" is vooral door die historici benadrukt, die de oorzaken voor het falen van de Britse en Franse kleurstofindustrie bij het management zoeken. Dezelfde gegevens betreffende de salariëring van chemici die door ons in §3.5. met verschillen in de "status of chemists" en met verschillen in de posities van chemici binnen de bedrijven in verband werden gebracht, worden door iemand als Hohenberg gebruikt om het relatief ruime aanbod van chemici in Frankrijk te beargumenteren:

"...the relative prices or salaries of technical men would lead to the conclusion that they were scarce and more productive, at the margin, in Germany... [In France, in] terms of job opportunities, and of the duties chemists were called on to perform in industry, not to mention promotion to leading positions, the chemists were too many and often overtrained."⁵¹

Op grond van vergelijkbare overwegingen komt Welham voor de Britse situa-

tie tot een analoge conclusie:

"There does not seem to have been, at any time, a shortage of research chemists, even of well-trained ones."⁵²

Zoals bekend wees Welham vervolgens beschuldigend naar de Britse chemiefabrikanten (zie §3.1.).

Hoewel er op de feitelijke juistheid van de door Welham en Hohenberg gepresenteerde stellingen het nodige is af te dingen (§4.3), laten hun beschouwingen wel zien hoezeer de in §3 behandelde problematiek met de vraag van de "beschikbaarheid" van chemici verweven is. Ook indirect spelen wederzijdse afhankelijkheden een rol. Een "verlichte" houding van het management met betrekking tot het aanstellen van chemici kan - door de daardoor ontstane gunstige arbeidsmarktsituatie - doorwerken in de studiekeuze en zo in de aantallen chemici die door de universiteiten en andere scholen afgeleverd worden. Een "overproductie" aan chemici biedt anderzijds het management de mogelijkheid tegen geringe kosten - à la Rumpff - met sociale organisatievormen van de wetenschap te experimenteren en zo, via een leerproces, "verlicht te worden".

Ondanks deze complicaties zal in §4.3 gepoogd worden de invloed van de "beschikbaarheids"factor enigszins zelfstandig in te schatten. Dit aan de hand van de, schaarse, aanwezige gegevens over de arbeidsmarkt van chemici en met behulp van informatie over de aantallen en kwaliteiten van de in de kleurstofindustrie aangestelde chemici.

In § 4.2 wordt dan eerst nog enige algemene informatie gegeven over de ontwikkeling van de aantallen chemici in Frankrijk, Duitsland en Engeland in de tweede helft van de 19e eeuw.

4.2. *Aanbod van chemici in Duitsland, Frankrijk en Engeland*

4.2.1. Inleiding. Heterogeniteit van de chemische gemeenschap

De beantwoording van de vragen: "Hoeveel chemici telden Frankrijk, Duitsland en Groot-Brittannië?" en "Hoeveel chemici kwamen in die landen ieder jaar beschikbaar voor de arbeidsmarkt (≈ studeerden af)?" hangt sterk af van het feit wie men tot de chemici rekent. In de tweede helft van de 19e eeuw is de "chemische gemeenschap" nog erg heterogeen. Chemici van een heel verschillend opleidingsniveau maken er deel van uit. Zeker in de beginperiode van het door ons bestudeerde tijdvak (de jaren 1850-1880) zijn de entree-barrières voor de toegang tot het beroep van chemicus klein en daarmee de diversiteit aan recruteringsroutes groot.

Kijken we naar de antecedenen van de chemici die in de verschillende

kleurstofbedrijven actief geweest zijn, dan treedt deze diversiteit duidelijk naar voren. Het vermelden van een paar biografische gegevens moge dit illustreren.

In de Franse kleurstofindustrie werkten o.a.:

- dr Brimmeyr, gepromoveerd aan de universiteit te München
- Casthelaz, ex-leerling van de Ecole de Pharmacie te Parijs
- Monnet, ex-leerling van de Ecole de Médecine te Lyon
- Girard die zijn opleiding aan de privé-school van Pelouze ontvangen had
- Boasson, ex-student van de Polytechnische School te Delft, en
- Dr Baubigny, chemicus, gepromoveerd aan de Sorbonne.

Onder de Britse kleurstofchemici zien we eveneens een grote diversiteit. Veel chemici hadden hun opleiding aan het Royal College of Chemistry te Londen genoten, zoals Perkin, Allen, Maule, Nickels, Williamson etc. Onder de vele uit Duitsland afkomstige chemici waren zowel coloristen, bv. Caro en Leonhardt; als gepromoveerde chemici: Schad, Wolf, Liebmann en Kupferberg.

Green is een voorbeeld van een kleurstofchemicus met een Britse academische graad.

De Duitse kleurstofindustrie staat bekend om het grote aantal gepromoveerde chemici die ze in dienst had. Toch zou het onjuist zijn chemici met andere achtergronden over het hoofd te zien, zoals:

- Rübel, ex-leerling van de Gewerbeschule te Elberfeld
- Siller, afkomstig van de Gewerbeschule te Krefeld
- Schaal, apotheker (werkzaam bij Fr. Bayer & Co).

Van de 166 chemici die tussen 1865 en 1896 bij de BASF in dienst traden, hadden er 14 een opleiding tot apotheker gehad⁵³.

Nu is het natuurlijk zo dat er binnen de kleurstofbedrijven allerlei taken met een verschillende inhoud en een verschillend "niveau" uitgeoefend werden. Dit is reeds uitgebreid in §§2.2-2.4 aan bod gekomen. In feite waren er verschillende arbeidsmarktsegmenten naast elkaar in het spel. Er was niet alleen een diversiteit aan recruteringsroutes die tot "de chemicus" leidde, maar er was ook een diversiteit aan chemici die op deze wijze werden opgeleid. Pas wanneer men zich dit realiseert, wordt het duidelijk hoe een aantal, schijnbaar tegenstrijdige, gegevens betreffende de Engelse kleurstofindustrie met elkaar verzoend kunnen worden. Enerzijds zijn er indicaties dat chemici in Engeland moeilijk aan een baan konden komen (laag salaris; citaat Frankland in §3.5.), maar anderzijds zien we dat bedrij-

ven als I. Levinstein & Co en Read Holliday and Sons hun bedrijfschemici uit Duitsland betrokken. Blijkbaar gaat het hier om chemici van een geheel verschillend karakter, die voor verschillende taken in het bedrijf werden aangetrokken. Want, van I. Levinstein & Co is bekend dat het bedrijf naast Duitse chemici ook afgestudeerden van het Manchester College of Technology - een middelbaar technische opleiding - aannam⁵⁴. De "kostbare combinatie" (§2.4.) van theoretische kennis en experimentele vaardigheden kon echter praktisch alleen in Duitsland opgedaan worden.

4.2.2. Academische chemici en de internationale krachtsverhoudingen in het chemisch onderzoek

In Duitsland moeten we de leerscholen voor deze "kostbare combinatie" vooral met de universiteiten en polytechnische scholen identificeren. Daar werd naast een training in praktische vaardigheden ook een stevig theoretisch fundament gelegd. Duitsland had veel meer universiteiten en polytechnische scholen dan Frankrijk of Engeland, maar aanvankelijk waren er voor de chemie-studie maar een paar opleidingscentra van belang.

In de 40er jaren van de vorige eeuw waren het eigenlijk alleen de universiteiten van Göttingen, Giessen en Leipzig, waar een redelijk aantal (20 of meer) studenten chemie studeerden. Vooral de universiteit van Giessen werd onder Liebig (professor aldaar van 1825-1852), een chemisch onderwijs- en onderzoekcentrum van internationale reputatie. Het verloop van de aantallen ingeschreven chemiestudenten (gemiddeld per semester) was als volgt⁵⁵:

	1830-34	1835-39	1840-44	1845-49	1850-54
Giessen	10	25	55	50	50

Op Göttingen en Leipzig na waren er in die tijd aan de overige universiteiten vaak niet meer dan 2 à 3 studenten voor chemie ingeschreven. Wel bezochten meer studenten het chemisch practicum, omdat in Duitsland de farmacie-studie aan de universiteiten was ondergebracht. Ook medische studenten brachten een klein deel van hun studietijd op het chemisch practicum door. De organisatie van het apothekerswezen en van de opleiding tot apotheker heeft in Duitsland een grote invloed op de ontwikkeling van de chemie gehad⁵⁶.

Turner heeft laten zien dat de aanwezigheid van deze "bijvakstudenten" van grote invloed is geweest op de uitbouw van de chemische laboratoria in de jaren '50, maar vooral in de jaren '60 van de vorige eeuw. Hiermee waren de faciliteiten geschapen, die de enorme groei van het aantal chemiestudenten

in de jaren '70 van de vorige eeuw mogelijk maakten. Aan deze stand van zaken knoopt Turner een interessante beschouwing vast:

"Several historians have remarked with surprise that when the true industrial demand for academic chemists began during the late 1870s, Germany already possessed a network of chemistry institutes that routinely afforded training in laboratory techniques, [...]. The scientific orientation of the German chemical industry thus seems to have reflected a supply-push of available manpower and research facilities rather than a demand pull of industrial needs. Recognizing the importance of the service clientele (farmaceuten en medici, EH), however, dissolves this apparent anomaly. The new institutes came into existence not anticipating the new breed of industrial chemists but rather servicing more traditional student groups."⁵⁷

Toen Liebig in 1852 hoogleraar te München werd, werd hij daar vrijgesteld van onderwijstaken. Een groot onderwijslaboratorium werd er daardoor in de Beierse hoofdstad niet gevestigd. Het centrum van het chemieonderwijs verplaatste zich in de 50er jaren naar Göttingen (Wöhler) en Heidelberg (Bunsen). In Göttingen bevolkten in die tijd zo'n 80 studenten het chemisch laboratorium, waarvan er ongeveer drie-kwart de chemiestudie als hoofdvak hadden. Het gemiddeld per semester ingeschreven aantal chemiestudenten in Heidelberg ontwikkelde zich als volgt⁵⁸:

	1840-44	1845-49	1850-54	1855-59	1860-64	1865-69	1870-74
Heidelberg	1	1	13	51	66	57	68

In dezelfde tijd begon het chemieonderwijs aan de polytechnische scholen tot ontwikkeling te komen. Het belangrijkste centrum was hier in de jaren '50 de Polytechnische Schule te Karlsruhe, waar de aantallen ingeschreven chemiestudenten toen een enorme groei doormaakten⁵⁹ (chemiestudenten in de aangegeven studiejaren):

	1849-50	1852-53	1855-56	1858-59	1861-62	1864-65	1867-68	1870-71
Karlsruhe	19	38	40	73	33	34	23	29

De rol die Karlsruhe in de jaren '50 vervulde, werd in de jaren '60 door de polytechnische scholen te Zürich en Stuttgart overgenomen. Vooral Zürich werd een internationaal centrum voor het technisch onderwijs. Zeer veel Duitsers, maar ook Russen, Belgen en Oostenrijkers, volgden daar hun opleiding. In het volgende overzicht zijn de ontwikkeling van het aantal chemiestudenten en het

verloop van de aanwezige percentage Zwitsers aangegeven⁶⁰:

	1855-56	1858-59	1861-62	1864-65	1867-68	1870-71
Zürich chemiestudenten	13	13	47	56	62	76
% Zwitsers	96	86	53	51	42	36
	1873-74	1876-77	1879-80	1882-83	1885-86	1888-89
Zürich chemiestudenten	88	80	81	92	119	157
% Zwitsers	41	51	55	57	48	41

In de eerste twee decennia van het bestaan van de kleurstofindustrie was Zürich, naast Heidelberg, het belangrijkste opleidingscentrum voor de chemici die in deze industrietak werkzaam waren. Reeds in de 60er jaren onder Bolley en Städeler, maar vooral in de jaren '70 onder Kopp en Meyer, werden in Zürich veel chemici opgeleid die later de Duitse en Zwitserse kleurstofindustrie zouden bevolken. De grootste bloei werd bereikt in de jaren 1872-1875, toen Emil Kopp en Victor Meyer beiden hoogleraar aan deze school waren.* Dit was tevens de bloeiperiode van de nieuwe alizarine-industrie. Twee leerlingen van de school, die in die tijd werden opgeleid - Gustav Auerbach en Jacob Koch - zouden een belangrijke rol in de ontwikkeling van deze industrie gaan spelen. Andere chemici die tussen 1872 en 1875 waren opgeleid, kwamen in de aniline-kleurstofindustrie terecht, te weten: O.N. Witt, R. Gnehm, R. Billeter, M.T. Lecco, E. Noelting, F. Reverdin, A. Kern, C. Mayer, C. Jaeger, A. Kopp, P. Hepp etc.⁶¹. Het was niet alleen de "kostbare combinatie van theoretische kennis en praktische vaardigheden die deze studenten hier werd bijgebracht, maar ook een "superior knowledge of the hydrocarbon derivatives" en vooral van de "coal tar colours" (zie §1).

De onderzoekprogramma's van zowel Kopp als Meyer waren sterk op de vragen van de kleurstofindustrie gericht, waardoor de daarin opgeleide research-studenten een aantrekkelijke "aanwinst" voor veel kleurstofbedrijven vormden.

Eerst in de tweede helft van de jaren '60 vond de grote uitbouw van het chemisch laboratoriumonderwijs in Duitsland plaats. Pas toen begon de Pruisische overheid zeer belangrijke bedragen aan de chemie te besteden en ver-

*In november 1875 stierf Kopp en na de crisis van 1873 liep het bezoek aan de polytechnische scholen sterk terug door de slechte economische vooruitzichten.

rezen de "paleizen" voor de chemie te Bonn (Kekulé) en Berlijn (Hofmann), met een gezamenlijke capaciteit van 130 laboratoriumplaatsen.

De Saksische overheid bleef niet achter en richtte voor Kolbe een laboratorium met 100 plaatsen te Leipzig in.

Terwijl tot 1870 de geschiedenis van het Duitse chemieonderwijs nog wel aan de hand van een paar instituten te schetsen is - waarvan de belangrijkste hierboven behandeld zijn - vindt na die tijd een groei over de gehele linie plaats. Op alle van de ongeveer 20 Duitse universitaire chemische instituten studeerden in de jaren '70 minstens 20 studenten (tegen 2 à 3 enige jaren daarvoor) en op sommige instituten zelfs veel meer dan dit getal. In de jaren '80 zou dit leiden tot een overschot aan chemici op de arbeidsmarkt (zie §4.3).

In Frankrijk en Groot-Brittannië speelde het universitaire chemieonderwijs een veel geringere rol bij het opleiden van chemici dan in Duitsland het geval was.

De Britse verhoudingen kunnen fraai geïllustreerd worden met een in 1902, op grond van een enquête, gepresenteerde schatting van Prof. Dewar. Deze schatte dat van de Britse industriële chemici 34% een universitaire of hoger technische opleiding had genoten, terwijl het vergelijkbare Duitse percentage op 84%* lag!⁶²

Vóór 1880 waren de enige scholen in Groot-Brittannië, die een opleiding aanboden die enigszins vergelijkbaar was met die aan de Duitse universiteiten het Royal College of Chemistry en het University College, beiden te Londen, het Owens College te Manchester en de chemische afdelingen van de universiteiten te Edinburgh en Glasgow. Van deze laboratoriumopleidingen waren die aan het Royal College of Chemistry (onder Hofmann en later Frankland) en aan het Owens College (onder Frankland en later Roscoe) de belangrijkste. De studentenaantallen (chemie) aan deze instellingen ontwikkelden zich als volgt (gemiddelde aantallen per semester)⁶³:

	1846-50	1851-55	1856-60	1861-65	1866-70	1871-75	1876-80
Royal College of Chemistry	45	42	34	39	41	?	61
Owens College		18	20	37	50	72	87

 *Een onderzoek van de Verein Deutscher Chemiker uit 1895 komt zelfs op 97% universitaire en TH-chemici in de industrie uit (Fischer, 1897, p. 82-83).

De aantallen chemiestudenten aan het University College en aan de Schotse universiteiten waren in deze periode waarschijnlijk kleiner. Wel moet bedacht worden dat de studenten aan het Royal College of Chemistry vaak slechts één semester aan deze instelling verbleven (de studieduur in Duitsland was toen 4-6 semesters) en slechts in 21% van de gevallen werd de volledige opleiding (3 semesters) afgemaakt⁶⁴.

Vóór 1859 kon geen natuurwetenschappelijke graad aan de Britse universiteiten worden behaald. In dat jaar stelde de University of London de B.Sc.-graad in. Voor deze graad, en evenmin voor de D.Sc.-graad, leverde men geen op experimenteel onderzoek gebaseerde dissertatie in (zoals in Duitsland), maar werd er een examen gedaan. Ook studenten die niet aan de Londense universitaire college studeerden, konden bij de University of London hun examen afleggen. Van de 69 studenten die in de periode 1860-1886 het B.Sc.-examen (met "Honours" in chemie) aflegden, waren er 19 afkomstig van het Owens College, 13 van het University College, 5 van het Royal College of Chemistry en 5 van de Cambridge University. Andere scholen leverden nog minder examinandi af⁶⁵.

Tot de jaren '90 van de vorige eeuw bleef het aantal chemici dat een Britse graad behaalde zeer gering. Een aantal Engelse chemici rondde echter hun opleiding in Duitsland af en promoveerde daar.

De groei van het Britse universitaire chemieonderwijs kwam pas na 1880 langzaam op gang. Toen werden de universiteitslaboratoria te Oxford en Cambridge gebouwd, en werden nieuwe "Red-brick universities" opgericht. Pas na 1900 echter begon de deelname aan het hoger onderwijs in de natuurwetenschappen zo te groeien dat de achterstand op Duitsland enigszins ingelopen werd⁶⁶.

Ook in Frankrijk speelden de universiteiten aanvankelijk in de opleiding tot chemicus een zeer geringe rol. Nog in 1877 waren er bij 11 van de 14 Facultés des Sciences die Frankrijk rijk was, minder dan 20 studenten ingeschreven (per universiteit; maar voor alle natuurwetenschappelijke vakken, plus de wiskunde, gezamenlijk!). De faculteit te Nancy had 27 studenten, die te Lille 54 en aan de Sorbonne te Parijs waren 155 studenten ingeschreven. Het totaal aantal ingeschreven studenten voor wiskunde en natuurwetenschappen kwam in dat jaar op 358⁶⁷. Dit aantal zal niet lager zijn geweest dan het vergelijkbare aantal voor Groot-Brittannië in dat jaar. In Duitsland waren er echter in 1877 reeds ± 2000 studenten ingeschreven in de wiskunde en natuurwetenschappen.

Het zwaartepunt van het Franse universitaire onderwijs in de natuurweten-

schappen lag overduidelijk in Parijs, zoals de zojuist gegeven cijfers laten zien. Vóór 1877 was 86% van alle Doctorats-ès-sciences in Frankrijk afkomstig van de Sorbonne; dit aandeel daalde in de periode 1877-1900 tot 68%⁶⁸.

Leprieur komt op een percentage van 80 voor de periode 1808-1880. Van de 245 Doctorats-ès-sciences die in die periode te Parijs werden verleend, hadden 114 een chemisch onderwerp. Voor 27* van de 61 Doctorats-ès-sciences die in de "Province" werden verleend was hetzelfde het geval. De verdeling van de chemische dissertaties over de universiteitssteden ziet er als volgt uit:

Parijs	114	}	28*
Straatsburg	10		
Montpellier	5		
Lille	4		
Marseille, Nancy, elk	3		
Lyon**, Toulouse, Clermont, elk	1		
6 andere steden	0		

Het is duidelijk dat de meeste Franse Facultés des Sciences geen enkele rol gespeeld hebben met betrekking tot het onderwijs in de chemie. Leprieur heeft van de 114 (chemische) promovendi uit Parijs de antecedenten nagegaan: 35 hadden een farmaceutische vooropleiding gehad, 13 een medische, 35 kwamen van de Ecole Normale, 10 waren ingenieur en 21 hadden een andere voorgeschiedenis of een onbekende vooropleiding⁶⁹.

Deze gegevens geven reeds een aanwijzing dat men voor een analyse van de recruiteringscijfers voor de chemie in Frankrijk volstrekt niet met een exclusieve aandacht voor de universitaire chemieopleidingen kan volstaan. Ook andere bronnen, zoals de ledenlijsten van de Société Chimique de Paris en biografische gegevens maken dit duidelijk.

Naast het laboratorium aan de Sorbonne, onder Deville en Schützenberger, waren belangrijke onderwijslaboratoria aanwezig in de Ecole de Pharmacie en in de Faculté de Médecine (te Parijs, onder Wurtz). Een speciale positie werd ingenomen door de particuliere onderwijslaboratoria in Parijs. Ook in deze laboratoria kon men zich de "kostbare combinatie" proberen te verwerven. In de 50er jaren van de vorige eeuw had de hoogleraar-industrieel Pelouze een belangrijk onderwijslaboratorium in Parijs gehad, waar de twee meest vooraan-

*28+27. Het komt regelmatig voor dat bij Leprieur de optellingen niet kloppen.

**Rosenstiehl in 1872, omdat de Straatsburgse universiteit in Duitse handen overgegaan was.

staande Franse kleurstofchemici, Girard en De Laire, hun opleiding gevolgd hadden. In de jaren '60 was een nieuw laboratorium opgezet door Pelouzes ex-assistent Frémy, dat rond 1880 als een van de beste laboratoria van Parijs gold. Toch werd het Parijse chemie-onderwijs door velen als volstrekt inadequaats beoordeeld.

In 1878 schreef de kleurstofchemicus Lauth een brief aan de Franse Minister voor Landbouw en Handel, waarin hij de oprichting van een "*école de chimie*" in Parijs bepleitte. Ondanks het feit dat Parijs op dat moment tenminste 25 chemische laboratoria telde, schoot de stad - volgens Lauth - volledig tekort met betrekking tot goede onderwijsfaciliteiten op het gebied van de chemie⁷⁰. Een opvatting die door de Britse Royal Commission on Technical Instruction (1882-84) volledig gedeeld werd:

"The Chemical Laboratory of M. Frémy, [...], is among the best of the students laboratories at present existing in Paris, accomodation being provided for 30 to 40 students. [...]. It does not appear, however, that even in this laboratory, the students obtain anything more than a comparatively elementary knowledge of chemistry, and their instruction does not seem to go beyond ordinary quantitative analysis."⁷¹

De pressie van Lauth - gesteund door de kleurstoffabrikant Poirrier - leidde in 1882 tot de oprichting van de Ecole Municipale de Chimie Industrielle (Schützenberger werd de directeur). Dit luidde het begin van een hervorming van het Franse hoger onderwijs in, die in de jaren '80 nog geen grote gevolgen had*, maar die in de 90er jaren tot de oprichting van een groot aantal "Instituts des Sciences appliquées" zou leiden⁷².

Uit de hierboven gepresenteerde ontwikkelingen in het chemieonderwijs in Duitsland, Engeland en Frankrijk blijkt duidelijk dat de nationale situaties op vele punten onvergelijkbaar zijn. Toch is het mogelijk, in combinatie met Tabel I, enige hoofdlijnen aan te geven.

In Tabel I staan geen aantallen chemiestudenten aangegeven, omdat hiervan geen statistische overzichten bestaan. Om de gedachten te bepalen, kunnen het aantal chemiestudenten op 40% van het totaal aantal studenten in de wiskunde en natuurwetenschappen stellen.

Het samenvattende beeld ziet er als volgt uit.

Tot ongeveer 1860 zijn de aantallen chemiestudenten in de drie hier behandelde Europese landen zeer gering en ongeveer met elkaar vergelijkbaar. In elk van de drie landen zijn er maar een paar laboratoria met 20 à 80 studen-

*Alleen in 1883 werd ook te Lyon een Ecole de Chimie Industrielle opgericht.

Tabel I*

	Duitsland (W&N-studenten) (20 universiteiten) ¹	Frankrijk (W&N-studenten) (14 faculteiten)) ²	Frankrijk (verleende graden licence ès science) ³	Engeland (verleende graden B.Sc.) (8 universiteiten; "Oxbridge" <i>niet</i> hierbij) ⁴
1840	290	(100)	50	-
1850	530	(130)	65	-
1860	510	(180)	90	-
1870	900	(200)	100	13
1880	2730	(600)	235	38
1890	2310	1500	310	136
1900	4730	3300	320	304
1910	7780	5500	600	800

*Studentenaantallen en verleende graden wiskunde en natuurwetenschappen in Duitsland, Frankrijk en Engeland, 1840-1910.

(Bronnen: 1) Ringer (1979), p.295; Conrad (1884), p. 137; 2) Prost (1968), p. 243; Shinn (1979), p. 331-32; Fox en Weiss (1980), p. 12, p. 160, p. 329; 3) Prost (1968), p. 243 ; 4. Roderick and Stephens (1978), p. 108).

ten (Duitsland: Giessen, Göttingen, Leipzig en Heidelberg; in Engeland: Royal College of Chemistry, Owens College en University College; in Frankrijk: Sorbonne, Ecole de Pharmacie, Ecole Normale en het laboratorium van Pelouze (de laatste 3 labs komen niet in de statistiek van Tabel I voor)). Er zijn geen aanwijzingen dat er in Duitsland tot die tijd veel meer chemici worden opgeleid dan in de overige twee landen.

In de 60er jaren, maar vooral in de 70er jaren komt er in deze toestand een grote verandering. Reeds in de jaren '50 nemen de aantallen chemiestudenten aan de Polytechnische Schulen toe, een trend die zich in de 60er jaren doorzet aan de Duitse universiteiten. In datzelfde decennium komt de staatssteun aan het chemisch onderwijs goed op gang en werden enige grote laboratoria gebouwd die hun gelijke in Frankrijk en Engeland niet hebben. In de 70er jaren groeit het aantal chemiestudenten in Duitsland explosief. Juist in dit decennium blijft de groei van het chemieonderwijs in Frankrijk en Groot-Brittannië (in absolute aantallen studenten gemeten) op een dramatische wijze bij de Duitse groei achter.

Pas na 1880 worden zowel in Engeland als in Frankrijk een aantal hervor-

mingen doorgevoerd, die tot gevolg hebben dat de achterstand op Duitsland niet veel verder vergroot wordt. Vóór 1914 wordt er echter geen terrein van betekenis teruggewonnen.

Deze ontwikkeling van de studentenaantallen vond zijn weerslag in de posities die door de drie landen werden ingenomen op het gebied van het chemisch onderzoek. Een analyse van de ontwikkeling van de aantallen publicaties op chemisch gebied - naar landen uitgesplitst - bevestigt het boven geschetste beeld.

In E.O. von Lippmann's "Zeittafeln zur Geschichte der Organischen Chemie" worden, voor de jaren 1845-1870, per 5-jaarlijkse periode de $\pm$ 80 belangrijkste publicaties en ontdekkingen op het gebied van de organische chemie vermeld. Wanneer deze bijdragen tot de organische chemie uitgesplitst worden naar landen van herkomst blijkt dat tot ongeveer 1860 Frankrijk, en niet Duitsland, de leidende positie op dit gebied inneemt. Vooral vanaf 1865 is echter de leidersrol volledig in Duitse handen overgegaan. De groei van het Duitse aandeel zette pas aan het eind van de jaren '50 echt in (zie Tabel II).

Tabel II*

land	jaar	1845-49	1850-54	1855-59	1860-64	1865-69
Frankrijk		42	35	40	23	14
Duitsland		28	29	31	38	61
Groot-Brittannië		19	24	17	23	9
Overige landen		10	12	11	17	16

*Nationale bijdragen (in %) tot organische chemie 1845-1869. (Bron: E.O. von Lippmann: *Zeittafeln zur Geschichte der Organischen Chemie*, Berlin 1921, p. 28-42.)

Tot 1914 staat Duitsland de in de 60er jaren verworven leiderspositie op het gebied van het organisch-chemisch onderzoek - en op het gebied van de chemie als geheel - niet meer af. Een statistisch overzicht van aantallen publicaties, op basis van onderzoeken van Frankland (1871) en Boig en Howerton (1952), geeft een indruk van de nationale krachtsverhoudingen (zie Tabel III). De gegevens voor 1866 lijken heel aardig aan te sluiten bij Tabel II voor de jaren 1865-69. Het Duitse aandeel in 1877, en in mindere mate in de volgende jaren, is te hoog ingeschat, omdat door Boig en Howerton Oostenrijkse en Zwitserse publicaties niet als zodanig herkend zijn en bij de Duitse zijn geteld. Toch wordt de indruk verkregen dat na 1880 de achterstand van de Britse en Franse chemie niet nog verder vergroot wordt. Mogelijk is dat het gevolg van de groei van het chemisch onderwijs in die landen vanaf die tijd.

Tabel III*

land	jaar	1866 ¹	1877 ²	1887 ²	1897 ²	1907 ²
Duitsland		61	72	57	52	52
Frankrijk		19	15	11	16	12
Groot-Brittannië		10	6	9	11	16
Overige landen		10	8	23	20	19

*Het aandeel van de verschillende landen (in %) van de publicaties op het gebied van de chemie (1866), resp. de organische chemie (1877-1907). (Bronnen: 1) Frankland (1871); 2) Boig en Howerton (1952), p. 30.)

Wanneer rekening wordt gehouden met het Zwitserse en Oostenrijkse aandeel in de Duitse bijdrage, en de gehele periode 1866-1907 in ogenschouw genomen wordt, dan kan men de relatieve krachtsverhoudingen op het gebied van het (gepubliceerde) organisch-chemisch onderzoek schatten op 10:3:2 (D:F:GB).

Zowel uit de gegevens betreffende de studentenaantallen als uit de zojuist behandelde publicatiegegevens blijkt duidelijk dat er in Frankrijk en Engeland veel minder hoog opgeleide chemici aanwezig waren dan in Duitsland. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat zelfs binnen dit hoger chemisch onderwijs de Duitse opleidingen kwalitatief beter waren dan die in de overige twee landen. Britse industriëlen als Levinstein, Mond en Muspratt verkozen het Duitse chemici aan te stellen in plaats van afgestudeerden van het Owens College. Roscoe, professor in de chemie aan het Owens College en rapporteur van de Royal Commission on Technical Instruction, beoordeelde op zijn beurt het Franse chemieonderwijs niet erg gunstig (zie citaat over Frémy's lab).

Of uit dit geringe aantal goed opgeleide chemici in Frankrijk en Engeland tot een tekort in die landen moet worden geconcludeerd zal in §4.3 aan de orde komen. Eerst zal kort iets over het chemisch onderwijs op "middelbaar niveau" worden gezegd.

4.2.3. Chemici op "middelbaar niveau"

Volgens de door Prof. Dewar in 1902 gepresenteerde cijfers blijkt dat in Groot-Brittannië slechts 34% van de industriële chemici een voltooid universitaire of TH-opleiding had. Dit gegeven roept onmiddellijk de vraag op door welke vooropleiding of voorgeschiedenis de overige 66% zich gerechtigd achtte de "titel" *chemicus* te voeren (en door de omgeving als zodanig werd beschouwd).

Als belangrijkste recruiteringsroute kan het in Groot-Brittannië bestaan- de uitgebreide netwerk van instellingen voor middelbaar (en lager) technisch onderwijs aangewezen worden, gekoppeld aan een stelsel van landelijke examens, afgenomen onder supervisie van het Science and Arts Department.

De mogelijkheid om op dit niveau kennis van de chemie op te doen en zich voor te bereiden op het landelijk examen werd vóór 1880 vooral geboden door de cursussen in de chemie, die aan een aantal van de zogenaamde Mechanics' Institutions werden gegeven. Daarnaast waren er een aantal particuliere scholen waar men een uitvoerige laboratoriumtraining - vooral in de chemische analyse - kon krijgen. De belangrijkste van deze particuliere scholen waren: de school van F.C. Calvert te Manchester, de School of Technical Chemistry te Liverpool (van N. Tate) en het Liverpool College of Chemistry onder leiding van dr Sh. Muspratt. Tussen 1880 en 1896 werden aan deze laatste school zo'n 75 studenten per jaar opgeleid (± 1200 totaal). Deze school bestond reeds vanaf 1848. Aan Tate's school, die in 1870 werd opgericht, werden tussen 1880 en 1892 1100 studenten voor het landelijk scheikunde examen opgeleid.*⁷⁴

Ook hier vormen de jaren rond 1880 een breekpunt. Onder invloed van de "Technical Education Movement" kwamen een aantal veranderingen tot stand.

In Londen werd in 1878 het "City and Guilds"-instituut opgericht en enige tijd later het Finsburg Technical College geopend (waar vanaf 1885 de kleurstofchemicus Meldola aan verbonden was). Het peil van het onderwijs aan deze nieuwe school lag hoger dan dat van de Mechanics' Institutes. In plaats van op de opleiding tot "foreman" werd in dit nieuwe Technical College op de opleiding tot "technical manager" gemikt. Ook buiten Londen kwamen soortgelijke initiatieven tot stand.

In Huddersfield, Manchester en Bradford (o.a.) werden de Mechanics' Institutes omgezet in Technical Colleges (of Schools) en werd het niveau van het onderwijs verhoogd. In Manchester werd vanaf 1880 aan de Manchester Technical School een ververij- en drukkerijcursus gegeven door de colorist Ch. O'Neill. In 1884 werd hij opgevolgd door A. Sansone, die in 1890 naar de AGFA te Berlijn vertrok. In dat jaar kwam voor hem E. Knecht in de plaats. Zowel Knecht als Sansone waren aan de Polytechnische School te Zürich opgeleid. Zoals be-

*Ter vergelijking: tussen 1845 en 1870 werden aan het Royal College of Chemistry 1000 studenten opgeleid, en onder Roscoe aan het Owens College tussen 1857 en 1886 2000 studenten. Bunsen, te Heidelberg, leidde op zijn laboratorium tussen 1856 en 1888 3450 praktikanten op.^{74a}

kend betrok I. Levinstein een deel van zijn chemici van de Manchester Technical School.

Het is onmogelijk tot een schatting te komen hoeveel "chemici" in Groot-Brittannië aan al deze Technical Schools, Mechanics' Institutes en particuliere scholen zijn opgeleid. Wel is zeker dat het aantal vele malen hoger moet zijn dan het aantal dat aan de universiteiten en op een universitair niveau staande Colleges het onderwijs volgde. Reeds rond 1865 namen 1000 studenten deel aan de, in 1859 gestarte, chemie-examens van het Science and Arts Department. Aan het einde van de jaren '60 was dit aantal gestegen tot 2500, en in 1876 namen reeds ongeveer 5800 studenten aan deze examens deel⁷⁵. Voor velen van deze was scheikunde slechts een bijvak of werd het onderwijs uit algemene interesse gevolgd, echter voor een belangrijk deel van de kandidaten vormde het certificaat van het Science and Arts Department een nuttig document bij het solliciteren naar banen voor chemici of als basis voor een vervolgopleiding.

In Frankrijk hebben de Ecoles des Arts et Métiers voor de chemische industrie vermoedelijk niet veel betekenis gehad. Vóór 1890 was het aantal van staatswege georganiseerde technische scholen ook maar gering in aantal. Een equivalent van de Engelse "Mechanics' Institute Movement" lijkt in Frankrijk niet te hebben bestaan. Een paar locale initiatieven - veelal van ondernemerszijde - zijn voor de opleiding van chemici van belang geweest.

In Lyon werd in 1826 de *Martinière* opgericht, een school bestemd voor de opleiding van voorlieden, waaraan ook een chemische klas was verbonden. Het niveau van het onderwijs steeg in de loop van de eeuw geleidelijk. Verschillende chemici, werkzaam in de Lyonse kleurstofindustrie - zoals Verguin, Guinon en Marnas - hadden hun opleiding aan deze school genoten.

Een nog ouder initiatief was de *Ecole de Chimie* die in 1822 door de Mulhouseense textielfabrikanten werd opgericht. Gedurende de gehele 19e eeuw was dit het belangrijkste opleidingsinstituut voor coloristen in Europa. Ook de puur chemische kant van de opleiding stond op een hoog peil. Leprieur beoordeelt de school als de belangrijkste praktische laboratoriumopleiding in Frankrijk van vóór 1870⁷⁶.

Een aantal kleurstoffabrikanten, o.a. Gerber-Keller en Schlumberger, was van deze school afkomstig. In 1871 in Duitse handen overgegaan, kwam de school na 1880 onder leiding van E. Noelting tot nieuwe bloei. Veel chemici uit de Duitse kleurstofindustrie ronden hun opleiding af door na de voltooide universitaire studie nog één of twee jaar kleurstofchemie en coloristiek in

Mulhouse te studeren.

Het is niet goed mogelijk te beoordelen, welk deel van de industriële chemici in Frankrijk via de scholen van een middelbaar niveau werd gerecru-teerd. We kunnen slechts wijzen op het bestaan van een paar scholen die een duidelijke functie vervuld hebben.

Vergeleken met Frankrijk en Engeland was in Duitsland het middelbaar tech-nisch onderwijs reeds vroeg in de 19e eeuw goed georganiseerd. Geholpen door de industriële achterstand - vooral op Engeland - wisten in Duitsland de voorstanders van op "wetenschappelijke grondslagen" berustend technisch on-derwijs hun zin door te zetten en staatssteun te verwerven. In 1868 werd door Von Viehbahn de situatie als volgt getypeerd:

"Während in England der junge Mann sich zum baulichen oder gewerb-lichen Beruf durch Eintritt in die praktische Uebung unter Leitung eines renommierten Technikers ausbildet, erkannte man in Deutschland, dem Standpunkte unseres durchgebildeten Schulsystems entsprechend und durch die Erfolge des Pariser Polytechnikums angeregt, in einer umfassenden wissenschaftlichen Grundlage der betreffenden Disziplinen das beste Fundament des Fortschreitens für diese hochwichtigen Berufszweige."⁷⁷

Toen Von Viehbahn dit schreef, waren de Duitse staten reeds van een uitge-breed "netwerk" van "Handwerkerfortbildungsschulen", "Gewerbeschulen" en "Polytechnische Schulen" voorzien .

De op middelbaar niveau staande Gewerbeschulen speelden aan het einde van de 19e eeuw voor de chemische industrie (in engere zin) niet meer zo'n grote rol. Blijkens de gegevens van Dewar en Fischer had toen 84%, of zelfs 97%, van de industriële chemici een universitaire of TH-opleiding. Voor de verzorging van "para-chemische" vakopleidingen - zoals die voor ververs, co-loristen, zeepmakers e.d. - hadden de Gewerbeschulen toen nog wel een bete-kenis.

In het midden van de eeuw was de betekenis van de Gewerbeschulen voor de chemische industrie een wat grotere geweest, zoals debiografieën van Siller en Rübel (beiden chemicus bij Bayer) laten zien. Toch is de invloed die van het uitgebreide stelsel van Gewerbeschulen uitging vooral indirect geweest: de scholen vormden een belangrijke recruteringsroute voor de polytechnische scho-len. Veel minder dan in Engeland, en wellicht ook Frankrijk, vormde het mid-delbaar technisch onderwijs in Duitsland, *voor de chemici*, het eindonderwijs. Meestal werd de studie aan een polytechnische school voortgezet en vervol-gens afgerond met een promotie, aan een universiteit waar het mogelijk was zonder klassieke vooropleiding te promoveren (bv. in Zürich, Heidelberg,

Göttingen of Giessen). Zo was het voor vele Duitse chemici mogelijk ook zonder een gymnasiale achtergrond de academische status te verwerven.

Een vergelijking tussen de Britse, de Franse en de Duitse situatie leert dat vooral in Groot-Brittannië het middelbaar technisch onderwijs een belangrijk deel van de in de industrie werkzame chemici heeft afgeleverd. In Duitsland was de directe invloed van dit onderwijs gering en Frankrijk nam waarschijnlijk een tussenpositie in. De chemici die op deze wijze werden opgeleid, zullen echter eerder als "mere testers" moeten worden getypeerd, dan dat bij hen de "kostbare combinatie" van theoretische kennis en praktische vaardigheid aanwezig was. Als "aanbod"-bijdrage tot de arbeidsmarkt waarop naar productiechemici en research-chemici gevraagd werd (zie §4.3) zal de betekenis van deze groep gering geweest zijn.

4.3. Arbeidsmarkt-ontwikkelingen

In §2 bleek dat in zoverre het economisch succes van de Duitse kleurstofindustrie van het inzetten van chemici afhankelijk is geweest, het vooral de goed geschoolde productie-chemici geweest zijn, die hier een rol hebben gespeeld. In de verdere ontplooiing van de Duitse kleurstofindustrie in de latere jaren hebben tevens goed geschoolde research-chemici een rol gespeeld. Goede scholing houdt in dit verband een grondige theoretische kennis van de organische chemie - "superior knowledge of the hydrocarbon derivatives" - gepaard aan manipulatieve handigheid en het vermogen experimenteel onderzoek te verrichten.

In §4.2.2 is duidelijk geworden dat dit soort chemici in veel ruimere mate in Duitsland aanwezig waren dan in Engeland of Frankrijk. Maar waren deze chemici ook "voorhanden"; waren ze beschikbaar op de arbeidsmarkt?

Het is opmerkelijk hoe weinig historisch onderzoek is gedaan naar het vraagstuk van de arbeidsmarkt voor chemici in de 19e eeuw. Juist ten aanzien van deze voor de ontwikkeling van de chemie cruciale periode, waarin de "professionalisering" van deze discipline zijn beslag kreeg, is de kennis omtrent één van de sleutelvariabelen in dit proces - de aanwezige beroepsmogelijkheden - nihil. Ook over de aanbodzijde van de arbeidsmarkt is praktisch niets bekend.

Uitgaande van recente historische literatuur, ons omvangrijke biografische onderzoek en de in §4.2.2 gepresenteerde ontwikkeling van de studentenaantallen, is het echter mogelijk een aantal hoofdlijnen van de ontwik-

keling van de chemische arbeidsmarkt te schetsen. We beginnen deze schets met de situatie in 1840 (Liebig) en richten onze aandacht vooral op de Duitse situatie.

Er zijn goede redenen de geschiedenis van de "Chemiker vom Fach"⁷⁹ in Duitsland bij Liebig te laten beginnen. Ook vóór Liebig's tijd waren er weliswaar personen die met "de chemie" hun brood verdienden, maar niemand voor hem heeft zich zo beijverd de chemie van de status van hulpwetenschap te verlossen en "geeignete junge Leute planmässig zu Chemikern heranzubilden."⁸⁰ Voor 1840 waren er enkelen die na een medische of farmaceutische opleiding full-time chemicus werden - meestal in de rol van docent aan een Gewerbeschule of aan de universiteit -, na 1840 kon men zich, tengevolge van Liebig's strevingen ook werkelijk tot chemicus laten opleiden. Niet voor niets wordt hier het jaartal 1840 genoemd.

In dat jaar verscheen namelijk Liebig's artikel "Der Zustand der Chemie in Preussen", dat het begin van zijn groots opgezette publicitaire campagne ter verhoging van de status van de chemie markeert. Liebig richtte zich vanaf die tijd bij voortduring op de "emancipatie" van de chemie. Kort na het verschijnen van het artikel schreef Liebig aan zijn vriend en collega Wöhler:

"Wanneer ik alleen met jou en twee of drie anderen te maken had, zou veel [in het artikel] overbodig geweest zijn, maar mijn doel is in te werken op het brede publiek en op de regering. Moge de hemel deze poging zegenen en ons emanciperen. De chemie heeft tot nu toe in een wanverhouding tot de andere disciplines gestaan; we worden als indringers beschouwd. Maar dit moet veranderen. De chemie zal op gelijke hoogte met de anderen komen te staan of boven hen."⁸¹

In 1842 zette Liebig zijn publicitaire campagne in verhevigde mate voort in de vorm van zijn "Chemische Briefe" in de Augsburger Allgemeine. Deze brieven verschenen ook in boekvorm en werden vele malen herdrukt. Als hefboom in dit emancipatieproces gebruikte Liebig de door hem ontwikkelde landbouwchemie. De "toepassingen van de organische chemie op de landbouw en de fysiologie" (1840) bewezen het nut van de chemie als discipline. De chemie zou daarom bevorderd dienen te worden, grote laboratoria gebouwd en studenten aange trokken.

Indicatief is de reactie van Liebig's collega's op het verschijnen van de "Zustand der Chemie in Preussen". Hoewel zijzelf als hoogleraren in de chemie belang hadden bij goed geoutilleerde laboratoria benaderden zij Liebig's

voorstellen zeer terughoudend. De vraag naar leraren scheikunde (aan Gewerbeschulen e.d.) was in hun ogen te klein om de bouw van grote laboratoria te rechtvaardigen. Uit de reacties blijkt dat rond 1840 de vraag naar chemici nog als praktisch niet bestaand werd beschouwd en dat zelfs de meeste scheikundigen de "Chemiker vom Fach" zich alleen in de vorm van een leraar konden voorstellen⁸². Liebig was de leider van een kleine voorhoede die een heel andere (toekomst)visie aanhing.

Uit de in §4.2.2 gepresenteerde ontwikkeling van de studentenaantallen blijkt dat deze in de jaren '70 van de vorige eeuw even snel groeiden (met een factor 3) als in de drie decennia daarvoor. De jaren '50 vormen voor de natuurwetenschappen als geheel een periode van stagnatie, maar voor de chemie kan men vermoeden dat ook in dit decennium de studentenaantallen aan de universiteiten licht stegen (dit op grond van de gegevens van individuele instituten). Van de door Borscheid gesignaleerde sprongsgewijze groei - na de revolutie van 1848 - is echter geen sprake.*⁸³

Borscheid ziet Liebig's propagandawerk als de voornaamste oorzaak voor deze stijging van het aantal chemiestudenten. Daarnaast moet echter de continue toestroom van farmaciestudenten naar de chemie niet uit het oog verloren worden. Dit "omzwaaien" van studierichting werd veroorzaakt door het zeer restrictieve vestigingsbeleid dat in Duitsland met betrekking tot de apotheken werd gevoerd⁸⁴.

In de jaren 1840-1870 kreeg de "beroepschemicus" geleidelijkaan een duidelijke gestalte. De verschillende "voorlichtingsboekjes" die in die tijd verschijnen - zoals O.L. Erdmann's "Ueber das Studium der Chemie" (1861) - proberen degenen die voor een beroepskeuze staan te adviseren en de weg naar de chemiestudie te wijzen.

Volgens Borscheid leidde de toenemende aandacht voor de chemiestudie tot een "overproductie" aan chemici, zich uitend in een "Gründertätigkeit" in de chemische industrie⁸⁵. Hij signaleert dat er in Duitsland in de jaren '50 en '60 van de vorige eeuw zeer veel chemische fabrieken werden opgericht, waarbij universitair gevormde chemici bij de oprichting betrokken waren. Bovendien wijst hij erop dat zeer veel Duitse chemici naar Engeland vertrokken om daar werk te zoeken.

*Borscheid baseert zich eigenlijk alleen op de studentenaantallen te Heidelberg voor en na de komst van Bunsen en generaliseert vervolgens voor heel Duitsland.

Wanneer we echter naar de biografiën van in de Engelse kleurstofindustrie aangestelde Duitsers kijken, valt op dat een aantal van hen - Caro, König, Martius, Pflughaupt, Leonhardt - in de tweede helft van de jaren '60 naar Duitsland terugkeren. Dit geeft het sterke vermoeden dat er dan eerder een tekort dan een overschot aan chemici in Duitsland bestaat. Dit wordt bevestigd door Kolbe die grote moeite heeft zijn assistenten bij zich te houden en die in 1864 schrijft:

"Da die guten Chemiker ausserordentlich gesucht sind und überall besser besoldet werden [als aan de universiteit]..."⁸¹

Vanaf 1850 maakte Duitsland een versnelde industrialisatie door en ook de Duitse chemische industrie kwam eigenlijk pas na die tijd goed van de grond. Van de 310 Duitse chemische fabrieken die in 1873 op de wereldtentoonstelling in Wenen exposeerden, was bijna 70% na 1848 opgericht⁸⁷. Gemeten in arbeidersaantallen vond de grootste groei van deze industrietak echter niet in de jaren '50, maar in de jaren '60 plaats⁸⁸:

1850	26000 arbeiders
1860	36000 arbeiders
1870	57000 arbeiders
1880	81000 arbeiders

De groei in de jaren '60 was relatief zelfs nog groter dan in de 70er jaren. Misschien dat Borscheid gelijk heeft en dat er in de 50er jaren tijdelijk een overschot aan chemici in Duitsland is geweest. In de 60er jaren echter had de groei van de Duitse chemische industrie (vraag) die van de studentenaantallen (aanbod) al weer ingehaald. Slechts als men zich dit "tekort" aan chemici in de 60er jaren voor ogen houdt, wordt de enorme toeloop die de universitaire laboratoria in het daaropvolgende decennium te verwerken kreeg, begrijpelijk. Vooral in de "Gründerjahre" (1870-1873) stond de chemie bekend als een vak, waar een goede boterham in te verdienen viel, vooral in de industrie "wo der Gelehrte ringsum sich her Reichtümer gleichsam über Nacht in nahezu fabelhafter Weise erworben sieht."⁸⁹ Met de crisis van 1873 keerde het tij.

De slechte economische vooruitzichten die deze crisis met zich meebracht, sloegen onmiddellijk terug op de studentenaantallen aan de polytechnische scholen. In de jaren ná 1873 daalden de aantallen studenten aan deze op de industrie gerichte instellingen voortdurend. De beroepsverwachtingen werden blijkbaar laag ingeschat.

Aan de universiteiten maakten, geheel anders dan bij de T.H.'s, de aantallen chemiestudenten echter nog een verdere stijging door. Zonder gevolgen voor de positie op de arbeidsmarkt bleef deze stijging niet. Krätz zegt over de tweede helft van de 70er jaren dat "die Strassen von stellungslosen Chemikern gepflastert waren."⁸⁹ De kleurstoffabrikant Gans schreef in december 1878 aan zijn leermeester en adviseur Erlenmeyer:

"In dem Annoncenteil der Berliner Berichte habe ich einen Chemiker gesucht als Assistenten (Izies §2.3) und darauf ausser 72 anderen Offerten eine solchen von Herrn Dr. Kaiser hier erhalten, für den in meinen Augen die Schule, die er durchgemacht, sehr spricht."⁸⁹

Over de "beschikbaarheid van chemici" hadden de kleurstoffabrikanten in die jaren dus niet te klagen. Door een, op grond van biografieën, gemaakt overzicht van de in de Britse kleurstofindustrie werkzame Duitse chemici wordt de bovengeschetste ontwikkeling volledig bevestigd.

Tussen 1867 en 1874 zijn er praktisch geen Duitsers in dienst van Engelse kleurstofbedrijven (Dr L. Schad is een uitzondering). Blijkbaar heeft dit te maken met de zeer gunstige arbeidsmarktsituatie voor chemici in Duitsland in die jaren. In 1875 worden er voor het eerst weer Duitse chemici in Britse bedrijven aangesteld (O.N. Witt en G. Auerbach), terwijl dan het einde van de jaren '70 een "stroom" van Duitse chemici naar de Britse kleurstofindustrie begint te vloeien (o.a. Wolf, Driedger, Wischin). In de jaren '80 neemt het aantal Duitse chemici dat het Kanaal oversteekt alleen maar toe.

In de 80er jaren is de arbeidsmarktsituatie voor de Duitse chemici "dramatisch"⁹⁰. De groei van het aantal chemiestudenten komt volledig tot staan en slaat zelfs om in een teruggang. Levinstein merkt in 1886 op dat het veel gemakkelijker is geworden chemici aan te trekken dan enige jaren daarvoor⁹¹. Hij weet dan ook een redelijk aantal Duitse chemici aan zijn bedrijf te verbinden. Ook rond de eeuwwisseling wordt er nog (of weer) over een overschot aan chemici in Duitsland gesproken⁹².

De zojuist gepresenteerde gegevens betreffende het vertrek van Duitse kleurstofchemici naar Engeland kunnen ook een licht werpen op de verhoudingen op de Britse arbeidsmarkt. Dat slechts een gering aantal Duitsers in de periode 1867-1874 in de Britse kleurstofbedrijven werkzaam was, werd hierboven uit de situatie op de Duitse arbeidsmarkt verklaard. Theoretisch zou dit gegeven echter ook met een geringe vraag op de Britse arbeidsmarkt (voor chemici) kunnen samenhangen. Dit is echter zeer waarschijnlijk niet het geval. De

Engelse sodafabrikant Edmund Muspratt schreef in zijn autobiografie:

"...having so many new processes in hand I thought it advisable to engage a well-educated chemist as head of the laboratory at Widness. It was difficult to find at that time (1870) a suitable man in England and in Germany owing to the war which had taken so many young men for service in the army, it was difficult to find a young chemist willing to come to this country."⁹³

Ook van Perkin wordt beweerd (door zijn zoons) dat, toen hij in het begin van de jaren '70 zijn bedrijf wilde uitbreiden, research-chemici niet te krijgen waren⁹⁴.

Zo ontstaat het beeld dat tot in de jaren '90 van de eeuw er in Engeland een tekort was aan goed opgeleide chemici. Op een korte periode (1867-1874) na kon dit tekort grotendeels worden aangevuld met Duitse chemici. In de cruciale jaren van het ontstaan van de alizarine-industrie kan echter het tekort aan goed opgeleide chemici wel degelijk een factor in de ontwikkeling van de Britse kleurstofindustrie geweest zijn.

Na 1880, en vooral na 1890, stegen in Engeland de aantallen universitaire chemiestudenten fors. De chemische industrie in dat land was echter inmiddels behoorlijk bij de Duitse achter geraakt. Zo kon het gebeuren dat reeds rond 1900 het aanbod aan chemici in Engeland de vraag overschreed. Een Duitse commentator waarschuwde de Duitse chemici voor:

"almost as great an oversupply of chemists as there is in England."⁹²

Van de Franse arbeidsmarkt voor chemici is het vrijwel onmogelijk zich een goed beeld te vormen. Slechts een paar gevallen zijn bekend van in Duitsland of Zwitserland opgeleide chemici die in de Franse kleurstofindustrie gewerkt hebben (dr W. Kalle, dr C. Haeussermann, dr Brimmeyr, Ad. Kopp en P. Hepp; de laatste twee waren Elzassers, Brimmeyr was een Luxemburger). Kalle en Brimmeyr werkten vóór 1865 in de Franse kleurstofindustrie, Haeussermann, Hepp en Kopp ná 1875.

Eigenlijk is de enige indicatie die in de (historische) literatuur te vinden is met betrekking tot de Franse arbeidsmarkt voor chemici, de bewering van Hohenberg dat er een overschot was (gezien de lage salarissen). De heterogeniteit van de chemische gemeenschap, het grote aantal functies die binnen de industrie vervuld konden worden en de hieruit resulterende grote spreiding in de salarissen, maken dat de basis van Hohenberg's bewering als weinig solide beschouwd moet worden.

4.4. Conclusies

Op grond van de beschouwingen in §4.3 kunnen nu een aantal conclusies getrokken worden met betrekking tot de rol die de factor "beschikbaarheid" bij de inschakeling van chemici in de bedrijven heeft gespeeld.

In de eerste plaats is het duidelijk komen vast te staan dat in een latere periode van de ontwikkeling van de kleurstofindustrie ($\pm 1875-1890$) er in Duitsland een overschot aan chemici bestond. De Duitse kleurstofindustrie voorzag toen reeds ongeveer 65% van de wereldmarkt van kleurstoffen. De ruime beschikbaarheid van chemici in deze fase van de ontwikkeling kan echter wel degelijk een factor geweest zijn in de consolidatie en verdere uitbouw van de Duitse positie. Ook kwam in deze periode de georganiseerde industriële research tot stand. Het bestaande overschot aan chemici kan in dit proces zeker een rol gespeeld hebben, door de lager wordende salarissen en door de arbeidsvoorwaarden die de chemici gedwongen waren te accepteren (Karenz-jaar e.d.).

In Frankrijk en Groot-Brittannië komt het industriële researchlaboratorium pas ná 1890 tot stand. In de jaren 1875-1890 worden er veel minder chemici door de Britse en Franse kleurstofbedrijven aangetrokken dan door de Duitse. Dit lijkt echter meer te maken te hebben met de geringe omvang van de bedrijven in de twee eerstgenoemde landen dan door factoren als "management" en "beschikbaarheid van chemici". Goed geschoolde chemici zijn in beide landen schaars. Franse en Britse kleurstofbedrijven trekken dan ook chemici uit Duitsland aan of behelpen zich met chemici van het tweede plan. Wel kan vermoed worden dat de Duitse kleurstofbedrijven door de intensieve relaties die met universitaire docenten onderhouden werden, in staat waren de beste organisch-chemici aan te trekken. Bedrijven als I. Levinstejn & Co en Read Holliday & Sons misten deze contacten met de Duitse universitaire wereld, hetgeen voor hen een handicap kan zijn geweest. Op deze wijze - zich uitdrukkend in de geringere kwaliteit van de aangetrokken chemici - kan de beperkte beschikbaarheid van goed geschoolde chemie in Frankrijk en Engeland wel een factor in de ontwikkeling van de kleurstofindustrie in die landen geweest zijn.

In de tweede plaats blijken de jaren ($\pm$)1867-1874 een aparte periode te vormen. De Duitse kleurstofindustrie groeit in die tijd behoorlijk en voor chemici is het in Duitsland vrij gemakkelijk aan een baan te komen. Chemici worden in deze jaren niet ingehuurd omdat ze "beschikbaar" zijn, want ze worden

zelfs uit het buitenland teruggehaald. Ook in deze periode is de Duitse kleurstofindustrie de Britse en Franse - in economisch opzicht - reeds voorbijgesneld. Met betrekking tot de Britse bedrijven kan geconcludeerd worden dat deze blijkbaar niet in staat geweest zijn de Duitse kleurstofchemici blijvend aan zich te binden. Of hier de factor "management" of de grotere economische kracht van de Duitse bedrijven een rol speelt, is niet duidelijk. Het kan zijn dat de Britse bedrijven in deze periode met een tekort aan goed geschoolde chemici te kampen hebben gehad.

De derde hier te behandelen periode wordt gevormd door het eerste decennium van de synthetische kleurstofindustrie. In economisch opzicht waren aan het einde van deze 10 jaar de (nationale) kaarten reeds geschud.

Deze periode vormt een zeer interessant tijdvak, vanwege een aantal naast elkaar plaatsvindende processen, waarvan het op grond van de hier gepresenteerde gegevens niet mogelijk is aan te geven óf en hoe ze elkaar beïnvloed hebben:

- een snellere groei van de Duitse kleurstofindustrie (ten opzichte van de Britse en Franse)
- vergroting toeloop tot de chemiestudie in Duitsland
- verplaatsing van het "zwaartepunt" van de beoefening van de organische chemie van Frankrijk naar Duitsland.

Beschikbaarheid van chemici lijkt in deze fase in géén van de drie landen een probleem geweest te zijn. Ook in Engeland zien we een "Gründertätigkeit" in de chemische industrie. Veel studenten van het Royal College of Chemistry zijn bij de oprichting van kleurstofbedrijven betrokken. Gemeten naar de (dan nog geringe) bedrijfsomvang zijn er in deze fase in elk der drie landen veel chemici in de kleurstofindustrie ingeschakeld.

Tenslotte moet nog op één aspect van het "beschikbaarheids"vraagstuk de aandacht gevestigd worden. Van groot belang blijken steeds de kwaliteiten van de aangetrokken chemici te zijn. In de kleurstofindustrie en vooral in de Duitse, wordt steeds een deel van de vraag naar chemici gevormd door chemici met een zeer goede vooropleiding. Deze opleiding werd vooral in Duitsland geboden. Hierbij gaat het niet alleen om goede theoretische en praktische kwalificaties, maar ook om hele specifieke verworvenheden die niet door de eigenschappen van het onderwijssysteem als geheel te typeren zijn. Dit blijkt uit de vraag naar chemici die van een bepaalde "school" afkomstig zijn.

In het begin van de jaren '70 is deze "school" het Polytechnikum te Zürich. Later in de 70er jaren zijn het vooral de leerlingen van Adolf Baeyer die een hoge marktwaarde hebben.

In het begin van de 60er jaren was het Royal College of Chemistry onder Hofmann een laboratorium dat veel chemici voor de kleurstofindustrie leverde. Toen Hofmann naar Berlijn vertrok, nam zijn Berlijnse laboratorium deze functie over.

In deze laboratoria - Londen, Zürich, Straatsburg, Berlijn en München - waren kwalificaties te verwerven, die door de kleurstoffabrikanten van groot belang werden geacht.

5. *SLOTCONCLUSIES*

1. In de historische discussie over de ontwikkeling van de kleurstof-industrie wordt het verband tussen de inschakeling van chemici en de economische groei doorgaans veel te strikt gelegd. Factoren als het voorhanden zijn van een patentwet, de gehanteerde verkoopmethoden, de "business habits", de interne bedrijfsorganisatie, alcoholprijzen e.d. hebben zeker ook een grote rol gespeeld.

2. Belangrijker dan "inschakeling van chemici" zonder meer, zijn de specifieke kwalificaties van de aangetrokken chemici en de rol die de chemici binnen het bedrijf konden spelen. Met betrekking tot deze laatste factor lijkt er een "wet van de remmende voorsprong" in het spel te zijn. Vroeg geïndustrialiseerde gebieden - Engeland, Frankrijk en in Duitsland Saksen en de regio rond Elberfeld - kenden reeds een op een behoorlijk peil staande chemische nijverheid. Hierdoor waren in de praktijk geschoolde voorliefden voorhanden, die de leiding van de productieafdelingen op zich konden nemen. Hoger geschoolde chemici kwamen in de genoemde gebieden praktisch niet als managers van de productie voor. Dit in tegenstelling tot de Duitse bedrijven die zich in het Rijn-Main-gebied bevonden.

Uit commentaren van tijdgenoten kan men vermoeden dat dit verschil in bedrijfsorganisatie (belangrijke) consequenties voor het economisch succes van de betrokken kleurstofbedrijven heeft gehad. Het bedrijf van Fr. Bayer & Co - dat economisch wél succesvol was - moet, gezien de vele andere kleurstofbedrijven in de regio Barmen-Elberfeld die niet tot bloei kwamen, als een uitzondering worden beschouwd.

3. Ten aanzien van de specifieke kwalificaties van de aangetrokken chemici heeft Duitsland gedurende de gehele periode 1860-1900 een voorsprong op de haar omringende landen gehad. Het Duitse universitaire onderwijssysteem voldeed beter aan de eisen die door de zich ontwikkelde kleurstofchemie/-technologie gesteld worden (praktische vaardigheid naast theoretische kennis). Daarnaast verplaatste het "research-front" in de organische chemie zich in de jaren '60 naar Duitsland. Via de in de kleurstofindustrie aangestelde chemici werden goede contacten met de beste organisch-chemici van die tijd onderhouden.

In deze zin beschouwd is de relatief betere beschikbaarheid van goed geschoolde chemici in Duitsland (steeds) een voordeel voor de Duitse kleurstofindustrie geweest ten opzichte van de buitenlandse concurrentie. Dit wil niet zeggen dat de factor "beschikbaarheid" zich in alle fasen van de ontwikkeling van de kleurstofindustrie even sterk heeft doen gelden (zie §4.4).

4. De factor "management" heeft ongetwijfeld het relatieve economisch succes van de kleurstofindustrie in de verschillende landen beïnvloed. In §3 is op de sociale barrière tussen handel en nijverheid in Engeland gewezen, welke een belemmerende factor in de ontwikkeling van de Britse kleurstofindustrie geweest lijkt te zijn. Of echter de houding van het management ten opzichte van "de chemie" in de hier besproken landen wel zo verschillend geweest is, is twijfelachtig. Een verschillende "policy" ten aanzien van de inschakeling van chemici als hoofden van productieafdelingen lijkt minder door de "houding" van het management bepaald geweest te zijn als door de economische voorgeschiedenis van de regio waar de industrie gevestigd was (zie conclusie 2: bepaalde Duitse gebieden als "second-comers").

5. Terwijl we het economisch succes van de verschillende kleurstofbedrijven niet op een eenvoudige wijze uit de inschakeling van chemici kunnen afleiden (zie conclusie 1), zijn er wél een aantal duidelijke gevolgen aan te geven, die bloei van de Duitse kleurstofindustrie voor de kwalitatieve en kwantitatieve inschakeling van chemici heeft gehad.

- In eerste benadering is de verhouding tussen bedrijfsomvang en het aantal aangestelde chemici (tenminste na 1870) vrij constant. Grote bedrijven hebben meer chemici en dit kan leiden tot "interne differentiatie" van het takenpakket van de chemicus binnen een bedrijf: o.a. het afsplitsen van het researchwerk en de vorming van een researchorganisatie. Ook als dit proces "van onderaf" plaatsvindt (Duisberg bij Bayer), dan speelt het aantal aangestelde chemici hier een rol.
- Ook is een zeker economisch "draagvlak" nodig om tot de financiering van op de "lange termijn" gerichte research over te gaan.

Toen rond 1880 Duitse bedrijven tot de vorming van een researchlaboratorium overgingen, waren beide genoemde factoren bij de Franse en Britse bedrijven

niet vervuld. Het lijkt niet erg op zijn plaats het management van deze bedrijven het verwaarlozen van de research te verwijten.

- Dat de direkties van Britse en Franse bedrijven door hun bedrijfschemici (Meldola, Green, Friswell) toch met deze verwijten zijn geconfronteerd, heeft met een andere consequentie van de factor "economisch succes" te maken. De Duitse bedrijven groeiden voortdurend, waardoor ook hun interne organisatie expandeerde en jonge chemici carrièremogelijkheden binnen het bedrijf geboden werden. Van de drie genoemde Engelse chemici wist alleen Friswell het - na lange tijd - tot directeur te brengen toen Brooke, Simpson en Spiller in een "Limited" werd omgezet. De kritiek die deze Engelse chemici op hun, voormalige, direkties hadden, lijkt mede ingegeven door de gefrustreerde ambities als gevolg van hun geringe carrièrekansen binnen hun bedrijf.

Zo bleef er een management in het zadel, goed op de hoogte met de "chemistry which had originated the business" (anilinechemie van Hofmann), maar niet op de hoogte van de nieuwste ontwikkelingen die zich in de, inmiddels "Duits" geworden, organische chemie hadden voorgedaan.

NOTEN

1. I. Levinstein, "Observations and Suggestions on the Present Position of the British Chemical Industries, with Special Reference to Coal-Tar Derivatives", *Journal of the Society of Chemical Industry* 5 (1886), 351-357 (357-359 discussion); p. 353.
2. I. Levinstein, 1883; zie R. Brightman, "Manchester and the Origin of the Dyestuffs Industry", *Chemistry and Industry* 76 (1957), 86-91; p. 86.
3. I. Levinstein, 1883; zie L.F. Haber, *The Chemical Industry during the Nineteenth Century*, Oxford 1969; p. 190 en R.D. Welham, "The Early History of the Synthetic Dye Industry. IV - The Reasons for British Failure", *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 79 (1963), 229-237; p. 234.
4. Vgl. Haber (noot 3), p. 168 en "Generalversammlung der Atlas Works", *Färber-Zeitung* 6 (1894/95), 25-26; p. 25.
5. W.H. Perkin, "The President's Address", *Journal of the Society of Chemical Industry* 4 (1885), 427-438; p. 437.
6. Levinstein (noot 1), p. 359.
7. J.J. Beer, *The Emergence of the German Dye Industry*, Urbana 1959; Chapter 6 en J.J. Beer, "Coal-Tar Dye Manufacture and the Origins of the Modern Industrial Research Laboratory", *Isis* 49 (1958), 123-131; p. 123 en 127.
8. G. Meyer-Thurow, "The Industrialisation of Invention: A Case Study from the German Chemical Industry", *Isis* 73 (1982), 363-381.
9. Meyer-Thurow (noot 8), p. 364.
10. C.A. Martius en L. Kunheim, "Kohlentheer-Produkte", in: *Berichte über die Allgemeine Ausstellung zu Paris im Jahre 1867*, V. Heft (Klasse 44-46), Berlin 1868, 342-348; p. 343.
11. A.W. Hofmann, G. de Laire en Ch. Girard, "Matières Colorantes dérivées de la Houille", in: *Rapports du Jury International etc.* (Exposition Universelle de 1867 à Paris), Tome VII - Classes 44 à 46, 223-304; p. 297.

12. Th. Oppler (en L. Krieg †), *Theorie und Practische Anwendung von Anilin in der Färberei und Druckerei*, Berlin ³1866 (1e en 2e druk op naam van L. Krieg); p. 93-94.
13. W.H. Perkin in een discussie op de eerste algemene vergadering van de Society of Chemical Industry, *Proceedings of the First General Meeting*, 28-29 June 1881, p. 55.
14. Beer, 1958 (noot 7), p. 129.
15. Meyer-Thurow (noot 8), p. 365.
16. G. Lunge in een toespraak tot de Newcastle Chemical Society in 1873; zie: C.A. Russell, N.G. Coley en G.K. Roberts, *Chemists by Profession*, Milton Keynes, 1977; p. 40 en 43.
17. E. Wiedenmann, *Die Konstruktion der Richtigen Formel. Strukturaufklärung und Synthese des Indigblau dargestellt an Hand der Briefwechsels Baeyer-Caro*. Dissertatie, T.U. München 1978; Band II, p. 292.
18. E. Lucius, "Historischer Bericht über die Gründung der Fabrikanlagen und die Entwicklung der Fabrikation der Herren Meister Lucius Brüning", Ende Juni 1874, p. 35-60 in een getypte versie van het manuscript *Aufzeichnungen von Dr. Lucius und seine Mitarbeitern (1863-1874)* in: Hoechst-archief; p. 46 + p. 38-39.
19. H. Voelcker, *75 Jahre Kalle*, Wiesbaden-Biebrich, n.d. [1938], p. 69-70.
20. Voelcker (noot 19), p. 88.
21. Hofmann e.a. (noot 11), p. 298-299.
22. Levinstein (noot 1), p. 353.
23. *Chemical News* 29 (1874), p. 173.
24. A.G. Green, "The Relative Progress of the Coal-tar Industry in England and Germany during the past Fifteen Years", *Report of the Meeting of the British Association of the Advancement of Science* 71 (1901), 252-262, p. 258.
25. A. Sansone, *Bericht über die Fortschritte des Zeugdrucks und verwandter Industrien*, I. Band 1908-1910, Leipzig 1910, p. 11 en 15.
26. E.F. Williams, geciteerd in: A. Leisewitz, "Die Auswirkungen der Verwissenschaftlichung der Produkten auf die Monopolbildung und auf das Verhältnis von Ökonomie und Politik dargestellt am Beispiel der chemischen Industrie", *Das Argument* 14 (1972), 444-508; p. 461.
27. H. Caro, "Ueber die Entwicklung der Theerfarben-Industrie", *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 25 (1892), Referate etc., 955-1105; p. 1065.
28. C. Duisberg, "Die Angestellten Erfindung in der chemischen Industrie" (1909), 738-748 in: C. Duisberg, *Abhandlungen, Vorträge und Reden aus den Jahren 1882-1921*, Berlin/Leipzig, 1923; p. 742.
29. Welham (noot 3), p. 236.
30. Haber (noot 3), p. 167-168.
31. Welham (noot 3), p. 229.
32. Vgl. Beer, 1959 (noot 7), p. 47: "British management simply lacked the foresight and vision to cultivate scientific inquiry".

33. P.M. Hohenberg, *Chemicals in Western Europe: 1850-1914*, Chicago, 1967; §§ 2.1 en 2.3
34. Beer, 1958 (noot 7), p. 128.
35. Meyer-Thurrow (noot 8), p. 369.
36. Necrologieën van E. Noelting (*Berichte* 55 (1922), A137-141; *Helvetica Chimica Acta* 6 (1923), 110-128) en F. Reverdin (*Berichte* 64 (1931), A106-107; *Helvetica Chimica Acta* 14 (1931), 1046-1067).
37. Vgl. Haber (noot 3), p. 186-190 over de "chemist-businessman".
- 37a *Färber-Zeitung* (noot 4).
- 37b G. Meyer-Thurrow, lezing K.U. Nijmegen, 20 maart 1981.
38. P. Borscheid, *Naturwissenschaft, Staat und Industrie in Baden (1848-1914)*, Stuttgart, 1976; p. 104-105.
39. Haber (noot 3), p. 188.
40. W.H. Cliffe, "Litera Scripta Manet - The Alizarin Dêbâcle", *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 73 (1957), 323-328; p. 326 en Welham (noot 3), p. 236.
41. Brief Fr. Bayer sen. aan Lutz, dd. 13 maart 1874, BAYER-archief, Leverkusen (BA 16.1.2.).
- 41a Haber (noot 3), p. 190.
42. Noot 5.
43. Hohenberg (noot 33), p. 70.
44. *Royal Commission on Scientific Instruction and the Advancement of Science - Minutes of Evidence* (Vol. I), P.P. 1872, XXV; p. 369.
45. D.S.L. Cardwell, "The Development of Scientific Research in Modern Universities: a Comparative Study of Motives and Opportunities", 661-677 in: A.C. Crombie (ed.), *Scientific Change*, London, 1963.
46. H.E. Roscoe, "President's Address", *Journal of the Society of Chemical Industry* 1 (1882), 250-252; p. 251; vgl. ook *Second Report of the Royal Commission on Technical Instruction, Vol. I*, P.P. 1884, XXIX, p. 223.
47. Haber (noot 3), p. 168.
48. *Royal Commission* (noot 44), p. 509.
49. Vgl. de conflicten in de BASF-direktie in 1883.
50. Schatting voor 1878, vgl. A. Wurtz, *Progrès de l'industrie des matières colorantes artificielles*, Paris, 1876, p. 185; W.H. Perkin, *The History of Alizarin and Allied Colouring Matters*, London, 1879, p. 31; C. Lauth, *Rapport sur les Produits Chimiques et Pharmaceutiques*, (Groupe V - Classe 47), *Exposition Universelle internationale de 1878 à Paris*, Parijs 1881, p. 115; R. Möhlau, "Die Entwicklung und Nationalökonomische Bedeutung der Teerfarbenindustrie", *Sitzungsberichten und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS zu Dresden* (1882), 81-91, p. 85.
Schatting voor 1897, vgl. G.F. Jaubert, *Historique de l'industrie suisse des matières colorantes*, Genève, 1896, p. 9 en G. Lunge, *Zur Geschichte der Entstehung und Entwicklung der chemischen Industrien in der Schweiz*, Zürich, 1901.
51. Hohenberg (noot 33), p. 70-71.

52. Welham (noot 3), p. 237.
53. I. Possehl, "Wirtschafts- und socialgeschichtliche Aspekte des preussischen Apothekenwesen im 19. Jahrhundert. Die Apotheken als Arbeitskräftereservoir für naturwissenschaftliche Berufe", *Pharmazeutische Zeitung* 126 (1981), 673-680 en 1646-1654; p. 1653.
54. Welham (noot 3), p. 235.
55. A. Wankmüller, "Ausländische Studierende der Pharmacie und Chemie bei Liebig in Giessen", *Deutsche Apotheker-Zeitung* 107 (1967), 463-467; én B.H. Gustin, *The Emergence of the German Chemical Profession 1790-1867*, Dissertatie, University of Chicago, 1975, p. 97 en 161.
56. Gustin (noot 55), Possehl (noot 53) en R.S. Turner, "Justus Liebig versus Prussian Chemistry: Reflections in early institute-building in Germany", *Historical Studies in the Physical Sciences* 13 (1982), p. 129-162.
57. Turner (noot 56), p. 151.
58. Borscheid (noot 38), p. 233 en 239, en R. Riese, *Die Hochschule auf dem Wege zum wissenschaftlichen Grossbetrieb. Die Universität Heidelberg und das Badische Hochschulwesen 1860-1914*, Stuttgart, 1977, p. 368.
Bij de omrekening van "Neu-immatrikulationen" in studentenaantallen is van een gemiddelde verblijftijd van 3 semesters uitgegaan (zie M. Lenz, *Geschichte der Königlichen Friedrichs-Wilhelm-Universität zu Berlin*, Bd. III, Halle, 1910; p. 514); dit getal kan voor de Heidelbergse chemiestudenten te hoog zijn.
59. Borscheid (noot 38), p. 232 en 238.
60. G. Guggenbühl, *Geschichte der Eidgenössischen Technischen Hochschule zu Zürich*, Zürich, 1955; p. 255-256.
61. Vgl. E. Noelting, "Lettre d'un vieux collaborateur du 'Moniteur Scientifique' à Propos du centenaire d'Emile Kopp", *Moniteur Scientifique* [5]8 (1918), 32-33, én A. Sansone, "Réminiscences d'un chimiste coloriste et considérations sur l'enseignement de la chimie", *Revue Générale des Matières Colorantes* 2 (1898), p. 463-466.
62. D.S.L. Cardwell, *The Organisation of Science in England*, London, 1972, p. 207.
63. Royal Commission (noot 44), p. 355-356 én p. 499; Haber (noot 3), p. 76; N. Lingard, *The Scientific and Educational Influence of Sir Henry Enfield Roscoe (1833-1915) with particular reference to his work in Manchester*, M.A. Thesis, University of Liverpool, 1970, p. 59-60.
64. G.K. Roberts, *The Royal College of Chemistry (1845-1853): A Social History of Chemistry in Early-Victorian England*, Ph.D. Thesis, John Hopkins University, Baltimore, 1973, p. 318.
65. Lingard (noot 63), p. 68.
66. Vgl. Cardwell (noot 62), p. 206, fig. 3.
67. T. Shinn, "The French Science Faculty System, 1808-1914: Institutional Change and Research Potential in Mathematics and the Physical Sciences", *Historical Studies in the Physical Sciences* 10 (1979), 271-332; p. 331 fig. 5. (De aanduiding "hundreds" bij de studentenaantallen in deze figuur is incorrect.)
68. Shinn (noot 67), p. 308.

69. F. Leprieur, *Les Conditions de la Constitution d'une Discipline Scientifique: La Chimie Organique en France 1830-1880*, Thèse de IIIe cycle, Sorbonne, Paris, 1977, p. 175-178.
70. Lauth (noot 50), p. 23-27; vgl. ook *Second Report* (noot 46), p. 181-182.
71. *Second Report* (noot 46), p. 180.
72. Vgl. H.W. Paul, "Appolo courts the Vulcans: the applied science institutes in nineteenth-century French science faculties", p. 155-181 in R. Fox en G. Weisz (eds.) *The Organisation of Science and Technology in France 1808-1914*, Cambridge, 1980.
73. Voor Levinstein, zie dit artikel; voor Mond en Musgratt, zie: G.W. Roderick en M.D. Stephens, *Education and Industry in the Nineteenth Century*, London, 1978, p. 126-127.
74. Roderick e.a. (noot 73), p. 70-72 en Russell e.a. (noot 16), p. 90.
- 74a *Royal Commission* (noot 44), p. 360; Borscheid (noot 38), p. 64.
75. Russell e.a. (noot 16), p. 85.
76. F. Leprieur, "La formation des chimistes français au XIXe Siècle", *La Recherche* 10 (1979), p. 732-740.
77. G. von Viehbahn, *Statistik des Zollvereinten und nördlichen Deutschlands*, III. Band, Berlin, 1868, p. 1145.
78. Von Viehbahn (noot 77), p. 1144-1157.
79. Kolbe in brief aan de Minister, dd. 19 maart 1861, zie: C. Meinel, *Die Chemie an der Universität Marburg seit Beginn des 19. Jahrhunderts*, Marburg, 1978, p. 88.
80. Borscheid (noot 38), p. 40.
81. Turner (noot 56), p. 133.
82. Turner (noot 56), p. 139.
83. Borscheid (noot 38), p. 66-69 en p. 83.
84. Possehl (noot 53).
85. Borscheid (noot 38), p. 83 e.v. en p. 99.
86. Meinel (noot 79), p. 113.
87. O. Krätz (Hrsg.), *Beilstein-Erlenmeyer. Briefe zur Geschichte der chemischen Dokumentation und des chemischen Zeitschriftenwesens* München, 1972, p. 49.
88. Borscheid (noot 38), p. 235.
89. O. Krätz, "Der Chemiker in den Gründerjahren", p. 259-284, in: E. Schmauderer, *Der Chemiker im Wandel der Zeiten. Skizzen zur geschichtlichen Entwicklung des Berufsbildes*, Weinheim, 1973, p. 283.
90. G. Meyer-Thurrow, "Zum unprofessionellen Umgang mit Professionalisierungsprozessen. Anmerkungen zu Lothar Burchardts Beitrag über Chemiker in deutschen Kaiserreich", *Geschichte und Gesellschaft* 6 (1980), 586-597; p. 593.
91. Levinstein (noot 1), p. 353.
92. Welham (noot 3), p. 235.
93. Roderick e.a. (noot 73), p. 126.
94. Cardwell (noot 45), p. 671-672.

1. INLEIDING

In de literatuur over de relatie wetenschap-industrie¹ neemt de 19e eeuw een bijzondere plaats in. Er zou in deze periode een hechte band tussen wetenschap en industrie ontstaan zijn. De wetenschappers uit deze periode karakteriseren het ontstaan van deze hechte band vooral door een toenemende benutting van de resultaten van het zuiver-wetenschappelijk onderzoek door de industrie². Hun visie kan samengevat worden in twee stellingen:

1. de autonomiestelling: de wetenschap ontwikkelt zich los van de industrie
2. de aanbodstelling: wetenschappelijke resultaten die voortkomen uit de autonome ontwikkeling van de wetenschap worden aangeboden aan de industrie.

Waarom de industrie in toenemende mate op dit aanbod van wetenschappelijke kennis inging, zodat industrie en wetenschap steeds meer op elkaar konden aansluiten, wordt door de 19e eeuwse auteurs niet aangegeven.

De Starnbergers³ proberen voor de aansluiting van wetenschap en industrie een verklaring te geven. Zij onderschrijven de autonomiestelling, maar wel slechts voor een bepaalde periode: van 1750 tot het einde van de 19e eeuw. Globaal duiden zij deze periode aan als die van een toenemende verwetenschappelijking van technologieën. De wetenschap heeft zich volgens de Starnbergers van ongeveer 1750 tot het einde van de 19e eeuw cognitief en institutioneel van de industrie verwijdt, maar bleef toch bij de industrie betrokken vanwege de wetenschaps-interne techniekontwikkeling. De wetenschaps-interne techniekontwikkeling is ontstaan, omdat de moderne natuurwetenschap gebaseerd is op ervaring via instrumenten én de apparaten, processen en theorieën die zij oplevert worden aangeboden aan de industrie. Op deze manier geven de Starnbergers een verklaring voor het feit dat wetenschap en industrie op elkaar konden aansluiten.

De aanbodstelling wordt door de Starnbergers uitgebreid tot een vraag-aanbodstelling. In de 19e eeuwse visie wordt de ontwikkeling eenzijdig vanuit de wetenschap belicht. De Starnbergers stellen dat er vanuit de industrie op 4 punten vraag was naar wetenschap:

1. nieuwe grondstoffen
2. verhoging van de efficiëntie van industriële processen

3. schaalvergroting van technische processen

4. precisering van technische processen.

De wetenschap ontsluit technische principes die niet door extrapolatie uit bekende industriële processen ontdekt kunnen worden. De theorie is een heuristiek van het uitvinden.

De synthetische kleurstofindustrie wordt bij de vraag- en aanbodstelling als voorbeeld genoemd en zou haar groei sedert het midden van de 19e eeuw te danken hebben aan de inschakeling van wetenschap (voornamelijk organische chemie).

Met het onderzoek van Georg Meyer-Thurow kan men de vraag- en aanbodstelling vanuit de ontwikkeling van de kleurstofindustrie onderbouwen. Meyer-Thurow stelt dat de wetenschap een belangrijke bijdrage geleverd heeft aan de ontwikkeling van de kleurstofindustrie:

"At the outset, the dyestuffs industry was only loosely connected with scientific research. In the early years chemist-entrepreneurs (trained chemists who started their own or became part owners of dye firms) bridged the gap between theory and practice. They kept contact with academic research and were in control of production. Academic science profited from the intensified interest in organic chemistry. In turn, academic chemists produced important inventions which had a profound influence upon the dyestuffs industry. Academic chemists also contributed to the development of production techniques."⁴

Caro spreekt in 1892 over een wisselwerking. Hij ziet de relatie wetenschap-industrie in de beginperiode van de kleurstofindustrie vooral belichaamd in de ontwikkeling van steeds zuiverder grondstoffen voor de kleurstofbereiding.

"In dieser fortschreitenden Bewegung von den anfänglich unvollkommen getrennten und gereinigten Theerdestillationen bis zu den einheitlichen und thiophenfreien Materialien, aus welchen die Technik heute ihre synthetischen Gebilde formt, sehen wir zuerst die charakteristische Wechselwirkung zwischen Theorie und Praxis uns entgegentreten, welcher die Theerfarbenindustrie ihre beispiellos schnelle Entwicklung verdankt. Nach dem Vorgange von Hofmann und Nicholson gehen in die Folgezeit die Führer der Wissenschaft und der Technik Hand in Hand mit einander."⁵

Voor Caro is de ontwikkeling naar steeds zuiverder grondstoffen dus de eerste manifestatie van een voor de kleurstofindustrie karakteristieke wisselwerking tussen wetenschap en industrie. Hij legt daarbij de nadruk op de rol die Hofmann gespeeld heeft. Met de vaststelling dat er in de beginperiode sprake was van een wisselwerking tussen wetenschap en industrie kunnen we nog niet stellen, dat zijn visie de theorie van de Starnbergers ondersteunt, omdat de preciese modaliteit van deze wisselwerking nog niet getypeerd is. Om deze typering mogelijk te maken zullen we de ontwikkelingen

met betrekking tot het thema "zuiverheid" eerst in de beide sectoren "wetenschap" en "industrie" afzonderlijk nader onderzoeken om deze vervolgens op elkaar te betrekken.

2. DE ORGANISCHE CHEMIE

In de eerste helft van de 19e eeuw groeide de organische chemie langzaam uit tot een zelfstandige tak van de chemie, naast de anorganische chemie. Het duurde geruime tijd, voordat men ging beseffen dat steenkoolteer - een lastig afvalproduct dat bij de productie van lichtgas in grote hoeveelheden vrijkwam - een rijkdom aan verbindingen in zich verborg. In 1825 isoleerde Faraday voor de eerste keer benzol⁶ en in 1834 ontdekte Runge aniline in steenkoolteer. In 1845 toonde Hofmann benzol in steenkoolteer aan. Hij en zijn leerlingen maakten de steenkoolteer tot een belangrijke uitgangsverbinding van hun onderzoeksprogramma. De ontdekking van het mauve, de eerste synthetische kleurstof, door Perkin - een leerling van Hofmann - kan in zekere zin als een "spin-off" van dit onderzoeksprogramma beschouwd worden. Walsh stelt:

"Thus the discovery of mauve was clearly the result of developments in organic chemistry, since Perkin was part of the group which were making important scientific discoveries in the field, because it would not have been possible without previous work on benzene and aniline."⁷

We zullen twee aspecten van het onderzoeksprogramma van Hofmann, die Meyer-Thurow en Caro naar voren hebben gehaald, nader uitwerken: a) het benzol-onderzoek van Mansfield (geplaatst in het kader van het onderzoek naar kookpunten) en b) het onderzoek van Hofmann over aniline en rosaniline.

a. In het begin van het onderzoeksprogramma (1847) gaf Hofmann zijn leerling Mansfield de opdracht om het benzol aan een nader onderzoek te onderwerpen. Hierbij kwam Mansfield al direkt voor een groot probleem te staan: de destillatieapparatuur die in die tijd in de organische laboratoriumpraktijk werd gebruikt, was ongeschikt voor de destillatie van benzol uit steenkoolteer. Mansfield moest daarom zijn eigen apparatuur ontwerpen. In 1848 had hij het technische probleem van de winning van benzol op kleine schaal uit steenkoolteer opgelost. Dat wil niet zeggen dat vanaf dat moment wetenschappers benzol konden kopen, die geschikt was voor wetenschappelijk onderzoek. De benzol die in de handel te koop was, bezat een bijzonder slechte kwaliteit. De meeste wetenschappers zagen zich gedwongen benzol uit benzoëzuur (uit hippuurzuur) te vervaardigen.

In 1848 verkreeg Mansfield met behulp van zijn nieuwe destillatieapparaat vier fracties uit het steenkoolteer. Hij dacht te maken te hebben met benzol, toluol, cumol en cymol. Deze verbindingen vormden volgens Mansfield een homologe reeks. Hij bracht dit met de algemene formule $C_3 + n(CH_2)$ tot uitdrukking. Maar in deze homologe reeks ontbrak een schakel: het xylol.

In 1850 ontdekte Cahours in houtteer het xylol. Church bracht in 1855 de kookpunten van deze verbindingen:

"...in annäherende Übereinstimmung mit den Regeln von Kopp (1841/45), nach der in homologen Reihen eine konstante Kp Differenz von Glied zu Glied bei etwa 19 Grad zu erwarten war. Er gab dabei durch die vermeintlich exakten Identifizierungen seiner ausgeführten Steinkohlenteerdestillate z.B. mit dem aus Kümmelöl (Gerhardt und Cahours 1841) bereiteten Cumol und Cymol seiner Untersuchung den Anschein hoher sorgfalt."⁸

Het was Schorlemmer die als eerste de bijna correcte reeks kookpunten in 1862 publiceerde⁹. Het verschil in kookpunt bedroeg 30°, wat afweek van de regel die Kopp had opgesteld. De publicatie van Schorlemmer bleef echter tamelijk onbekend.

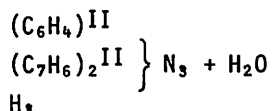
Het onderzoek naar de kookpunten van organische verbindingen was belangrijk, omdat men het kooktraject van een bepaalde organische verbinding als "norm" voor de "zuiverheid" van die bepaalde organische verbinding nam. Hoewel de kennis met betrekking tot de kookpunten van organische verbindingen toenam, was het in de laboratoriumpraktijk nog steeds moeilijk om "zuivere" verbindingen te vervaardigen. Met behulp van tijdrovende en dure technieken kon men bijvoorbeeld uit indigo benzeen halen. De destillatietechniek stond nog in de "kinderschoenen". Maar omdat men voor het onderzoek in het organisch-chemische laboratorium relatief kleine hoeveelheden verbindingen nodig had, kon men - ondanks de praktische problemen - toch de theoretische kennis verder uitbreiden.

b. Het onderzoek over aniline en de daarop gebaseerde kleurstoffen nam in het begin van de jaren zestig steeds meer toe. A.W. Hofmann publiceerde een reeks voor de kleurstofindustrie belangrijke artikelen over aniline en rosaniline. Hofmann die werkte met de typentheorie, plaatste zijn onderzoek over aniline en rosaniline in het kader van zijn onderzoek naar de polyaminen. We verdelen de onderzoekingen van Hofmann in twee stadia: het eerste stadium gaat over de ontsluiting van de aard van het anilinerood en het tweede gaat over de ontdekking dat "zuivere" aniline met arseenzuur geen rode kleurstof op zou leveren én over de vraag, welke organische base verantwoordelijk was voor de vorming van het anilinerood.

Ad 1. In 1862 stelt Hofmann dat de verschillende in de handel verkrijgbare rode kleurstoffen allen verschillende zouten zouden zijn van eenzelfde organische base: het rosaniline ($C_{20}H_{19}N_3 + H_2O$). Men zou het rosaniline verkrijgen door een kokende fuchsine-oplossing met een overschot aan ammoniak vermengd gedurende een lange tijd te verhitten, totdat de rode kleur helemaal verdwenen is. Het rosaniline behoort, volgens Hofmann, tot de triammonia's en vormt met zuren drie soorten zouten, waarvan er twee bekend zijn. Azijnzuur geeft de mooiste kleurstof, maar men treft - volgens Hofmann - ook kleurstoffen uit rosaniline en zoutzuur in de handel aan. Deze resultaten verkregen de status van een definitieve oplossing van het vraagstuk van de chemische aard van het anilinerood.

Ad 2. In een publicatie uit 1863 doet Hofmann verslag van de ontdekking dat "zuivere aniline" met arseenzuur geen rode kleurstof zou leveren. Hofmann stelt dat zijn leerling Nicholson deze ontdekking al geruime tijd vóór hem gedaan had in de industriële praktijk. De "aniline" die in de handel te koop was, gaf echter wel een rode kleurstof. Hofmann concludeerde hieruit dat dit het bewijs vormde voor het feit dat er in de "aniline" die in de handel te koop was, nog een organische base zou moeten zitten, die noodzakelijk zou zijn voor de totstandkoming van de rode kleurstof.

In 1863 identificeerde Hofmann deze organische base als het toluïdine¹¹. "Zuivere aniline" kan met arseenzuur geen rode kleurstof opleveren. Alleen een mengsel van aniline en toluïdine zou samen met arseenzuur een rode kleurstof op kunnen leveren. Samen met de door Hofmann opgestelde formule voor het rosaniline was het niet moeilijk om af te leiden dat voor de bereiding van anilinerood 1 deel aniline en 2 delen toluïdine vereist waren. Hofmann gaf als constitutie voor rosaniline



waaruit blijkt dat het rosaniline behoort bij het type van drie moleculen ammoniak H_3N_3 (triamine). Bij het triamine worden bij de vorming van rosaniline twee waterstofatomen vervangen door een "atoom" van het tweewaardige fenyleen C_6H_5 en vier waterstofatomen worden vervangen door twee "atomen" van het tweewaardige toluyleen C_7H_7 . Er zijn na afloop van de reactie nog drie substitueerbare waterstofatomen aanwezig. Merkwaardig is dat Hofmann zelf de verhouding (1 deel aniline en 2 delen toluidine) pas in 1864 publiceerde¹².

De resultaten van het onderzoek van Hofmann kregen veel bijval en zijn onderzoek kreeg in de vakliteratuur al tamelijk snel het predicaat "klas-

siek". Maar niet iedereen in de wetenschappelijke wereld was het met de resultaten van het onderzoek van Hofmann eens. Hugo Schiff bestreed de stelling van Hofmann dat "zuivere aniline" zonder toluïdine geen rode kleurstof oplevert. Chateau zegt hierover dat Schiff:

"...ne fait pas intervenir la toluidine dans la génération de la rosaniline par le bichlorure d'étain. (...) M. Hofmann trouve cette manière de voir tout à fait inadmissible et a confirmé à ce sujet ses premières observations sur la non-production du rouge avec l'aniline pure ou la toluidine pure."¹³

Op basis van zijn onderzoek stelde Hofmann dat het anilinerood tegelijkertijd behoorde tot twee reeksen: de Fenyl- en de Toluyltreeks¹⁴. Vogel stelt dat de feiten die Hofmann ontdekt heeft aan een nader onderzoek onderworpen dienen te worden, omdat hij het merkwaardig vindt dat het anilinerood tot twee reeksen zou behoren.

Ook de onderzoekresultaten van Städeler en Arndt spreken de resultaten van het onderzoek van Hofmann tegen:

"Sie haben sowohl aus Benzoesäure als aus käuflichem Anilin reines Anilin dargestellt, und aus diesem eben so gut Roth erzeugen können, wie aus dem Anilin des Handels."¹⁵

Hoewel er in de wetenschappelijke wereld geen overeenstemming was over de resultaten van het onderzoek van Hofmann, legt Caro in zijn historische schets over de ontwikkeling van de kleurstofindustrie in 1892 sterk de nadruk op het belang van Hofmann's onderzoek over de vorming van het anilinerood:

"...erst mit dem neuen Einblick in die Bildungsweise des Anilinroths regte sich das technische Bedürfnis nach Versuchen mit einheitlichen Materialien."¹⁶

In de volgende paragraaf zullen we het belang van het onderzoek van Hofmann over het anilinerood voor de kleurstofindustrie onderzoeken.

3. DE SYNTHETISCHE KLEURSTOFINDUSTRIE

Na 1856 komen de eerste anilinekleurstoffen op de markt. Perkin ontdekt in dat jaar het mauve. Verguin (chemicus bij Renard frères te Lyon) ontdekt in 1859 het fuchsine of het anilinerood. De Renards nemen patent en komen binnen het jaar met vijf aanvullingen op dit patent.

Het procédé van Verguin berust op de inwerking van "bichlorure d'étain" op aniline, maar in de aanvullingen worden nog verschillende andere reactiemiddelen genoemd¹⁷. Op deze wijze hebben de Renards geprobeerd te voorkomen dat andere fabrikanten met andere reactiemiddelen fuchsine (of een sterk daarop lijkende kleurstof) konden gaan produceren. Maar er versche-

nen al snel kapers op de kust (bv. Jean Gerber Keller, kleurstoffabrikant te Mulhouse, neemt een patent op "azaleïne", dat het product is van de inwerking van kwiknitraat op aniline). De Renards namen onmiddellijk een reeks maatregelen tegen hun concurrenten, uitlopend op een serie patent-processen, waarbij wetenschappers werden ingeschakeld als getuigendeskundigen.

Verschillende 19e eeuwse auteurs (bv. de gebroeders Depouilly, Caro, H. Hirzel en H. Greschel)¹⁸ beschrijven een "omslag" in de kleurstofindustrie die volgens hen omstreeks 1866 plaatsvond. De "omslag" vond volgens deze auteurs plaats, omdat men in de praktijk de optimale verhouding tussen "aniline" en "toluïdine" bij de bereiding van fuchsine - die men van Hofmann had geleerd - ging hanteren. Deze optimale verhouding (1 deel "aniline" en 2 delen "toluïdine") zou het rationele doel zijn geworden dat de kleurstoffabrikanten gingen nastreven. De term "rationeel" betekende in dit verband "met behulp van de wetenschappelijke methode gevonden". De wetenschappelijke theorie zou de rationaliteit voor het handelen van de fabrikant aangeven.

Om dit doel te kunnen nastreven, had men "zuivere aniline" en "zuivere toluïdine" nodig. Maar de "aniline" die in de handel te koop was, bestond uit een mengsel van verschillende verbindingen. Het was niet mogelijk om de handelsaniline door middel van gefractioneerde destillatie te zuiveren. Ook de gefractioneerde destillatie van nitrobenzeen (waarvan "aniline" werd gemaakt) was moeilijk, maar bovendien duur en gevaarlijk voor de arbeiders. De auteurs suggereren dat het onderzoek naar het verbeteren en vernieuwen van scheidingstechnieken ondernomen werd als consequentie van de resultaten van het onderzoek van Hofmann over aniline en rosaniline. Caro beschrijft de omslag als volgt:

"Fand man auch in der Praxis beträchtliche Unterschiede in der Ausbeute und Qualität der aus solchen Quellen stammenden Farbstoffe, so blieb doch deren Ursache verborgen. Das empirischen Umhertastens und Vermuthens war kein Ende. Da griff plötzlich die Wissenschaft helfend und klärend ein. Eine überraschende Entdeckung (Hofmann's publicatie, B.G.) wies die Technik auf den schon von Mansfield betretenen Weg."¹⁹

De door de 19e eeuwse auteurs gesuggereerde "omslag" roept bij ons de vraag op naar de samenhang tussen de ontwikkeling van scheidingstechnieken in de kleurstofindustrie en de resultaten van het onderzoek van Hofmann uit de organische chemie. Ter beantwoording van deze vraag zullen we eerst de productiekolom van anilinerood bekijken, omdat de productiekolom aangeeft hoe de kleurstofindustrie in de maatschappelijke arbeidsverdeling is gesitueerd.

Het ontstaan van de synthetische kleurstofindustrie betekende een krachtige impuls voor de reeds bestaande industrieën van het "essence de Mirbane"

(voor de parfumerie) en het pikrinezuur. De productiekolom van anilinerood op basis van steenkoolteer, een lastig afvalproduct van de lichtgasfabricage, bestaat uit vijf onderdelen:

1. de destillatie van steenkoolteer tot lichte steenkoolteerolie
 2. de winning van benzol uit lichte steenkoolteerolie
 3. de nitroering van benzol tot nitrobenzol
 4. de reductie van nitrobenzol tot "aniline"
 5. de oxidatie van "aniline" in anilinerood (fuchsine, magenta etc.).
- (Zie Hornix' artikel in dit rapport.)

Men kan in bovenstaande productiekolom drie soorten fabrikanten onderscheiden:

1. de grondstoffabrikant
2. de fabrikant van intermediären
3. de kleurstoffabrikant.

Ad 1. Sinds het begin van de jaren vijftig werd er door de koolteerdestilleerindustrie benzol voor reinigingsdoeleinden geproduceerd. De kwaliteit van de benzol die op de markt te krijgen was, was niet hoog genoeg voor de kleurstofindustrie, omdat de benzol in het algemeen werd gekocht door fabrikanten die geen hoge kwaliteit nodig hadden [de "chemische" was-serijen voornamelijk].

Ad 2. Er waren twee soorten fabrikanten van intermediären: nitrobenzolfabrikanten en anilinefabrikanten. De nitrobenzolfabrikanten produceerden nitrobenzol (ook wel "essence de Mirbane" genoemd) voor de parfumerie. De positie van de individuele anilinefabrikant was instabiel. Zij waren voor de kwaliteit van hun grondstof afhankelijk van de koolteerdestilleerindustrie en de nitrobenzolindustrie. De anilinefabrikanten probeerden door gefractioneerde destillatie van de nitrobenzol de kwaliteit van hun "aniline" te verbeteren. De anilinefabrikanten konden hun klanten geen garantie geven voor een constante samenstelling van hun producten. Verschillende leveranciers van "aniline" probeerden hun relatieve economische positie te versterken door een betere technische beheersing van het productieproces en het vinden van nieuwe productietechnieken.

Naast de mogelijkheid om een goede en constante kwaliteit van hun producten te kunnen garanderen, hadden de anilinefabrikanten nog een reden om naar middelen te zoeken, die hun relatieve economische positie zouden kunnen versterken. Omstreeks 1863 ontstond er een kleurstofoverschot²⁰. Door de verhevigde concurrentie zakte ook de prijs van "aniline" drastisch. Sommige

anilinefabrikanten probeerden hun winstmarges te handhaven door duurdere varianten van technisch betere kwaliteit op de markt te brengen.

Ad 3. Omstreeks 1859 was de opbrengst aan anilinerood zeer laag: 2%²¹.

Het was voor de kleurstoffabrikanten geen eenvoudige zaak om zich te verzekeren van geschikte "aniline". Samenstelling en kwaliteit van de "aniline" op de markt wisselde sterk, zelfs per fabrikant. Dit had tot gevolg dat de fabrikanten hun apparatuur steeds moesten bijstellen en hun recepten aanpassen. In de prijscouranten van "Le Teinturier Universel" werd de kleurstoffabrikanten herhaaldelijk aangeraden om - zodra ze een geschikte kwaliteit te pakken hadden - dezelfde leverancier aan te houden en zo mogelijk nog meer van dezelfde fabriekspartij (welke onder overeenkomstige condities was geproduceerd) te bestellen. De kleurstoffabrikanten probeerden de kleurstofopbrengst te verhogen door verbeteringen aan te brengen bij de oxidatie van "aniline" in anilinerood. De kleurstofopbrengst steeg van 2% tot 20% en 25%²².

Naar aanleiding van de beschrijving van de drie bovenstaande fabrikanten kunnen we constateren dat de technische ontwikkelingsdynamiek uitging van de anilinefabrikanten. Wat was de aard van deze technische ontwikkelingsdynamiek en wat was de omvang van de periode, waarin deze technische ontwikkelingsdynamiek zich deed gelden?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden, zullen we in het vervolg drie producenten die de mogelijkheden van de situatie geëxploiteerd hebben, behandelen: namelijk a) de Engelse firma Simpson, Maule & Nicholson, b) de Franse anilinefabrikant Théodore Coupier en c) de Duitse firma J.W. Weiler te Ehrenfeld.

a. Simpson, Maule & Nicholson

De firma Simpson, Maule & Nicholson te Londen was een fabriek voor "zuivere chemicaliën en begon de productie van "aniline" om in eerste instantie aan de vraag van het bedrijf van Perkin te kunnen voldoen. Nicholson, een leerling van Hofmann, onderzocht ook de vorming van het anilinerood. In januari 1860 patenteerde het bedrijf een procédé voor de bereiding van anilinerood.

De firmant Nicholson bleef intensieve contacten onderhouden met zijn vroegere leermeester Hofmann. Nicholson gaf Hofmann anilinerood:

"The red colouring matter of aniline and its saline compounds have been obtained for the first time in the state of purity by my friend and former pupil Mr. Edward Chambers Nicholson, a

chemical manufacturer equally distinguished for the scientific attainments as for the skill and indomitable energy with which in many instances he has succeeded in rendering the results of purely scientific inquiries available for the purposes of life."²³

In 1863 gaf Nicholson Hofmann "aniline":

The facts which I have mentioned (nl. dat "zuivere aniline" geen rode kleurstof oplevert, B.G.) had been long known to this distinguished manufacturer (E.C. Nicholson, B.G.), who in reply to my note transmitted to me a gallon of absolutely pure aniline boiling at 180°, prepared from coal-tar benzol, and perfectly incapable of yielding aniline-red." ²⁴

Uit bovenstaande citaten van Hofmann blijkt dat de firma Simpson, Maule & Nicholson in ieder geval in 1862 al anilinerood en in 1863 "aniline" konden produceren, die van betere kwaliteit waren dan de producten van andere fabrikanten.

Het is ons tot nu toe niet gelukt te achterhalen hoe Simpson, Maule & Nicholson technisch in staat waren om een "gallon" "absoluut zuivere aniline" te produceren, maar gewezen kan worden op een bepaalde industriële traditie. Hofmann heeft geprofiteerd van de producten die hij van Nicholson kreeg, gezien de reeks belangrijke onderzoeken die hij heeft verricht op basis van deze producten.

b. Théodore Coupier

Théodore Coupier, een te Poissy bij Parijs gevestigde anilinefabrikant, probeerde omstreeks 1860 door middel van reiniging van benzol "aniline" van een hoge kwaliteit te produceren. Al geruime tijd wist men dat "aniline" bestond uit een mengsel van verschillende verbindingen, die terug te voeren waren tot verschillende koolwaterstoffen in de benzol. Coupier probeerde een middel te vinden om de verschillende koolwaterstoffen in de benzol te scheiden. De samenstelling van benzol varieert door verschillende soorten steenkool, die gebruikt werden bij de productie van het lichtgas. De extra destillatie die sommige fabrikanten toepasten om een beter product te verkrijgen, leverde een product op dat nog steeds een wisselende samenstelling had. Benzeen en toluen kwamen het meest voor in benzol. Hoewel de kookpunten van deze twee verbindingen nogal uit elkaar lagen, waren ze toch moeilijk van elkaar te scheiden; ze hadden ongeveer dezelfde samenstelling en dichtheid.

Coupier probeerde zelf zijn apparatuur te ontwikkelen. Op aanwijzing van E. Kopp begon Coupier te experimenteren met apparatuur die gebruikt werd om alcohol te destilleren. Hij kwam echter al snel tot het inzicht dat de bestaande alcoholdestillatieapparatuur niet geschikt was voor de destillatie van benzol²⁵.

Na 2 jaar experimenteren bereikte Coupier in 1863 door aanpassing van de alcoholdestillatieapparatuur zijn doel. Caro geeft de volgende beschrijving van de apparatuur van Coupier:

"Fr. Brevet No. 58085, vom 4. April 1863. Der darin beschriebene Apparat zeigt die Combination einer Dampfdestillirblase mit der Rectificationscolonne und einem Systeme von Rückflusscondensatoren mit Bäder von constanter Temperatur."²⁶

In 1865 heeft Coupier in zijn fabriek te Poissy al ruim 200.000 kilo benzol op deze wijze behandeld. Na publicatie van zijn bevindingen in de "Moniteur Scientifique" van 1865 bevestigden verschillende fabrikanten en wetenschappers (waaronder de gebroeders Depouilly en A. Rosenstiehl) dat het benzol en toluol dat Coupier geproduceerd had de eigenschappen bezat van benzeen en toluen²⁷.

c. J.W. Weiler & Co.

In 1861 begon J.W. Weiler een anilinefabriek te Ehrenfeld. In een fabriekshal installeerde hij 16 ketels van 60 liter. Hij betrok zijn grondstof - nitrobenzol - uit Engeland en Frankrijk, omdat nitrobenzol nog niet in voldoende mate in Duitsland geproduceerd werd. In 1865 begon hij de nitrobenzol zelf te produceren. Na 1866 vroegen de kleurstoffabrikanten steeds meer om "zuivere aniline". Dr Carl Eberhardt geeft hiervoor de volgende reden²⁸:

"Aber bei Aufklärung über die Konstitution der bis jetzt aus den Ölen erzeugten Farben trat die Frage nach reinem Anilin immer dringender auf. Zwar bot die Fabrik sehr bald das gewünschte Produkt den betreffenden Verbrauchern dar, aber in umständlichster Weise erhalten. Aus dem in Chlorhydrate übergeführten Ölmenge liess man des Anilinsalz auskristallisieren und gewann aus den Kristallen durch Zerlegen das reine Amidoprodukt."²⁹

Rond 1870 begonnen de experimenten om door middel van gefractioneerde destillatie de koolwaterstoffen te scheiden. Het lukte al vrij snel een "tamelijk zuiver" benzol³⁰ en daardoor een goede "aniline" te verkrijgen. Vanaf 1873 begon een stijgende verkoop in "zuiver" gekristalliseerd anilinezout. In 1875 neemt Dr J. Weiler, na de dood van zijn vader J.W. Weiler, de fabriek over. Hij heeft in Zürich en Straatsburg chemie gestudeerd. Door de aanschaf van een "Savelleschen Kolonnenapparat" kon vanaf 1878 "geheel zuiver aniline"³¹ geproduceerd worden.

De vraag naar de aard van de technische ontwikkelingsdynamiek laat zich in de kleurstofindustriële context - met name op het gebied van de anilineproductie - als volgt beantwoorden: er was sprake van een technische ontwikkeling die niet ondernomen is als consequentie van de resultaten van het on-

derzoek van Hofmann over aniline en rosaniline. Deze technische ontwikkeling had twee oorzaken: de vraag naar "aniline" van een bepaalde kwaliteit (door kleurstoffabrikanten en bepaalde wetenschappers) en productietechnische (slechte beheersbaarheid van het productieproces en onvolmaaktheid van de apparatuur). De technische ontwikkeling bestond uit de verbetering van bestaande scheidingsmethoden en de ontwikkeling van nieuwe scheidingsmethoden. Deze technische ontwikkeling bood de kleurstofindustrie allerlei soorten voordeel: grotere beheersbaarheid van het productieproces, hogere opbrengst aan producten, producten van een hogere kwaliteit (waarbij de norm een hogere kleurstofopbrengst voor de kleurstoffabrikanten was), vergroting van de veiligheid van de arbeiders die bij het productieproces betrokken zijn etc.

Vanaf het begin van de kleurstofindustrie is er een technische ontwikkeling geweest. Eberhardt stelt dat men sinds 1878 "zuivere aniline" kon produceren. Maar in dat jaar was de technische ontwikkeling nog helemaal niet afgelopen! Otto Witt signaleert in 1887 verschillende lastige, nog nauwelijks opgeloste, technische problemen³². Ook na 1887 doken er steeds weer opnieuw problemen op.

Het is niet mogelijk om in het algemeen een eindpunt te stellen aan de bovenstaande technische ontwikkeling, omdat er sprake is geweest van een voortdurende wisselwerking tussen technische ontwikkeling en de kwaliteitseisen van de kleurstoffabrikanten. We kunnen stellen dat de "omslag" door overplanting van methoden en criteria uit het onderzoeksprogramma van Hofmann die verschillende 19e eeuwse auteurs rond 1866 menen te constateren, niet plaatsgevonden heeft. Onderzoek naar het verbeteren en vernieuwen van scheidingstechnieken werd niet ondernomen als een consequentie van het onderzoek van Hofmann over aniline en rosaniline, maar werd door de anilinefabrikanten ondernomen uit economische en productietechnische noodzaak. Dat de "omslagtheorie" niet volgehouden kon worden, blijkt onder meer uit het feit dat Caro moet toegeven dat:

"Kurz vor Hofmann's Veröffentlichung hatte Coupier die systematische Trennung des Benzols und seiner Homologen bereits in industriellem Maasstabe unternommen, um die bis dahin im Handel unbekannten Kohlenwasserstoffe und deren reine Derivate, insbesondere reines Anilin und Toluidin für den Gebrauch der Farbstofftechnik darzustellen."³³

Als er geen sprake is geweest van een "omslag", hoe is dan de relatie wetenschap-industrie in de beginperiode van de kleurstofindustrie geweest?

A. DE RELATIE TUSSEN DE KLEURSTOFINDUSTRIE EN DE ORGANISCHE CHEMIE

Door de nauwe banden die vele fabrikanten hadden met wetenschappers en het feit dat vele fabrikanten een wetenschappelijke opleiding hadden gehad, werd veel van het onderzoek in de organische chemie gedaan met het oog op relevantie voor de kleurstofindustrie³⁴. Het onderzoek van Hofmann is hier, zoals we gezien hebben, een sprekend voorbeeld van, maar dat geldt bv. ook voor het onderzoek van Rosenstiehl³⁵. Omdat de laboratoriumtechnieken om "zuivere" verbindingen te verkrijgen nog in de kinderschoenen stonden (zie §2), werd het theoretisch onderzoek in de organische chemie bemoeilijkt. Maar omdat men slechts kleine hoeveelheden nodig had, kon men op indirecte, dure wijze toch "zuivere" verbindingen verkrijgen voor onderzoek.

De resultaten van het onderzoek in de organische chemie waren soms van groot belang voor de kleurstofindustrie, maar omdat de kleurstofindustrie kampte met problemen wat betreft de productie van verbindingen van een hoge kwaliteit, ontstonden er problemen in de wisselwerking tussen de organische chemie en de kleurstofindustrie. Dat betekende dat wetenschappelijke bevindingen die gebaseerd waren op onderzoek, waarin gebruik werd gemaakt van "zuivere" verbindingen moeilijk konden worden vertaald naar de industriële praktijk van de kleurstofindustrie, omdat men in de kleurstofindustrie door het ontbreken van scheidingstechnieken die verbindingen van hoge kwaliteit opleverden in feite niet met "zuivere" verbindingen werkte. Ook konden voor het onderzoek in de organische chemie relevante industriële ervaringen moeilijk worden teruggekoppeld naar de wetenschappelijke onderzoekpraktijk van de organische chemie om dezelfde reden.

Omstreeks 1865 begonnen de problemen langzaam af te nemen. Deze afname was voornamelijk te danken aan het op elkaar afstemmen van twee onafhankelijk van elkaar op gang gekomen ontwikkelingen: het streven naar het gebruiken van "zuivere" verbindingen in het organisch chemisch onderzoek én het streven in de synthetische kleurstofindustrie naar de productie van verbindingen met een constante kwaliteit. De vervolmaking van scheidingstechnieken in de kleurstofindustrie speelde in dit afstemmingsproces een belangrijke rol. De ontwikkelingen met betrekking tot het thema "zuiverheid" hebben een nieuwe "brug" geslagen tussen organische chemie en kleurstofindustrie, waardoor de wisselwerking tussen beide sectoren op een meer vruchtbare wijze kon gaan verlopen.

Wat zijn de gevolgen geweest van deze ontwikkeling?

1. De resultaten van het wetenschappelijk onderzoek in de organische chemie konden beter worden toegepast in de kleurstofindustrie.
2. De technische ontwikkelingsdynamiek in de kleurstofindustrie van scheidingstechnieken door de aniline-industrie leverde, gecombineerd met wetenschappelijke kennis uit de organische chemie, hogere kleurstofopbrengsten op in de kleurstofindustrie.
3. Ook konden feiten en theoretische kritiek (positieve zowel als negatieve kritiek), afkomstig uit de industriële praktijk, in de wetenschappelijke praktijk een rol gaan spelen.

We zullen in het vervolg enkele voorbeelden behandelen van onderzoekers (industriëlen en technici³⁶) die in staat zijn geweest met de resultaten van hun onderzoek uit de industriële praktijk kritiek te leveren op het onderzoek uit de organische chemie.

M. Reimann³⁷ stelt zich in een artikel uit 1867³⁸ tot taak:

1. een methode te vinden om in de "aniline" van de handel gemakkelijk en zeker het "aniline"- en het "toluïdine"gehalte te kunnen bepalen
2. de invloed te leren kennen, welke de verscheidenheid der mengverhouding van beide bestanddelen op de opbrengst van de fuchsine uitoeft
3. het mengsel vast te stellen dat de grootste hoeveelheid kristalliseerbare kleurstof oplevert.

Reimann verdeelt in zijn artikel de verschillende "anilinesoorten" die hij op de markt aantreft in twee soorten: een soort die gemaakt is van benzol met een kookpunt van 100° en een soort die gemaakt is van benzol met een kookpunt tussen 100 en 500°. Reimann bepaalt vervolgens welke samenstelling van de eerste en tweede soort het gunstigst is voor de fuchsineproductie. Een verhouding van 75% van de eerste en 25% van de tweede soort geeft de hoogste opbrengst. Dit mengsel bestaat voor 67,5% uit aniline en voor 21,5% uit toluïdine (de rest is water en hoger kokende homologen).

Reimann stelt dat dit dezelfde conclusie is, waar de ervaringen van de industriële praktijk van de kleurstofindustrie naar verwijzen. De verhouding die Reimann gevonden heeft (drie equivalenten aniline en een equivalent toluïdine), komt echter niet overeen met de verhouding die Hofmann in 1864 gepubliceerd had.

Hofmann kreeg bijval van de gebroeders Depouilly. Zij stellen³⁹ dat in de industriële praktijk blijkt dat de optimale mengverhouding die de mooiste kleur en de hoogste opbrengst oplevert, de verhouding 70% toluïdine en 30% aniline is. Maar zij vragen zich af of benzol en toluol in dezelfde homologe reeks thuis horen, omdat de inwerking van chloor op deze beide verbindingen niet dezelfde is en ook omdat er een verschil zou zijn te constateren bij het nitreren van benzol en toluol.

In 1866 maakt Coupier melding van feiten, die de resultaten van het onderzoek van Hofmann "tegenspreken"⁴⁰. Met behulp van zijn nieuwe scheidingsmethoden is Coupier erin geslaagd benzeen en toluen te produceren en daaruit nitrobenzeen en nitrotoluen en daaruit weer aniline en toluidine. Daarna is hij de rol gaan onderzoeken, die de verschillende verbindingen spelen bij de productie van kleurstoffen.

Na talrijke en zorgvuldig uitgevoerde experimenten kwam hij, zoals zo vele chemici voor hem (Coupier noemt geen namen), tot de conclusie dat chemisch "zuivere" aniline alleen geen kleurstof op kan leveren. Ook toluidine geeft alleen geen kleurstof (dit alles onder gebruikmaking van de gebruikelijke productiemethoden). Coupier stelt echter dat hij uit geheel zuiver en volledig benzeenvrij toluen zeer zuiver toluidine gemaakt heeft en dat hij daaruit, met behulp van een nieuwe methode, onder zeer gunstige omstandigheden een rode kleurstof verkregen heeft⁴¹. De opbrengst aan rode kleurstof was 40 à 50%. Talrijke fabrikanten en chemici zouden volgens Coupier hebben geconstateerd dat deze rode kleurstof een ongeveer 50% sterkere verfracht heeft als het fuchsine. Het "rouge de toluène" (de naam die Coupier aan de rode kleurstof gaf) zou volledig verschillend van het fuchsine zijn, dat een mengsel was van aniline en toluidine.

"Rouge de toluène" en aniline leveren een veel grotere opbrengst aan blauwe kleurstof op dan fuchsine. Volgens Coupier is het toluidine de ware bron van de rode kleurstof:

"...et nous croyons être dans le vrai en considérant aujourd'hui la toluidine comme le seul générateur du rouge, industriellement parlant."⁴²

A. Rosenstiehl, lid van het "comité de chimie" van de Société Industrielle de Mulhouse, zou bij zijn onderzoek van het "rouge de toluène" en het door Coupier gebruikte toluidine nog het nodige op te merken hebben over deze zaak⁴³.

In een brief aan Quesneville geeft Arthur Langlois zijn mening over deze zaak in 1867: Als men een mengsel van aniline en toluidine behandelt met arseenzuur, dan zal het aniline in zijn totaliteit overkoken of in het résidu terug te vinden zijn, terwijl het toluidine zich getransformeerd heeft in een rode kleurstof⁴⁴.

"Donc, la rosaniline n'existerait pas, et jusqu'à ce jour, on n'aurait obtenu que du rouge dérivé de la toluidine. Quant à l'aniline, elle aurait servi de véhicule à la toluidine dans la transformation susdite."⁴⁵

Hiermee oefent Langlois scherpe kritiek uit op de resultaten van het onderzoek van Hofmann. Hij ontkent zelfs het bestaan van het rosaniline! Théodore Chateau die uit de brief aan Quesneville citeert, voegt hier als commentaar

aan toe:

"M. A. Langlois ose enfin dire une bonne fois ce que beaucoup des fabricants de couleurs dites d'aniline penserent depuis longtemps."⁴⁶

5. CONCLUSIE

Op basis van het voorafgaande kunnen we proberen de theorie van de Starnbergers over de verwetenschappelijking van technologieën te toetsen aan de hand van de beginperiode van de ontwikkeling van de synthetische kleurstofindustrie. We zullen eerst de autonomiestelling en daarna de vraag- en aanbod-stelling bespreken.

Ten aanzien van de synthetische kleurstofindustrie is, volgens ons, de autonomiestelling niet te handhaven. Vanaf het begin van de ontwikkeling van de kleurstofindustrie is er sprake geweest van een wisselwerking tussen wetenschap en industrie. De wetenschap (bijvoorbeeld het onderzoekprogramma van Hofmann) en de industrie (bijvoorbeeld de fabriek van Nicholson) hebben elkaar beïnvloed en gesteund. Deze wisselwerking is niet te karakteriseren als een afstemming van vraag en aanbod, maar als het op elkaar afstemmen van ontwikkelingen in beide sectoren. De ontwikkelingen met betrekking tot het thema "zuiverheid" kunnen dienen ter illustratie van deze typering van de wisselwerking tussen wetenschap en industrie.

De wetenschap had in 1849 het technische probleem van de winning van benzol uit steenkoolteer opgelost (Mansfield) en kon doorstoten naar de opheldering van de constitutie van diverse verbindingen die uit het steenkoolteer gewonnen werden en die de basis vormden van de kleurstoffen (Hofmann). De industrie kon met dit "aanbod" van de wetenschap niet uit de voeten, omdat de industriële scheidingsmethoden ontbraken. Doordat de ontwikkeling in de richting van "constante kwaliteit" (industrie) en "zuiverheid" (wetenschap) op elkaar werden afgestemd, werd er een nieuwe "brug" geslagen in de wisselwerking tussen wetenschap en industrie en kon de wisselwerking tussen beide sectoren steeds hechter worden.

De vraag- en aanbodstelling van de Starnbergers stelt ons niet in staat de preciese modaliteit van de wisselwerking tussen wetenschap en industrie ten aanzien van de synthetische kleurstofindustrie te typeren, omdat zij gebaseerd is op de autonomiestelling die zich eenzijdig richt op de ontwikkeling van laboratoriumapparaten, processen en theorieën binnen de wetenschap en geen aandacht schenkt aan de technische ontwikkelingen binnen de industrie.

In de historische literatuur over de kleurstofindustrie wordt de beginperiode de fuchsineperiode genoemd⁴⁷. Deze aanduiding zegt niets over de relatie wetenschap-industrie. Maar zij wordt ook wel de empirische periode genoemd, omdat men het onderzoek in deze periode karakteriseert als dat van het doen van toevalsontdekkingen op basis van empirisch proberen. Men zou in deze periode te werk gegaan zijn volgens de "trial and error"-methode en allerlei reagentia onder allerlei omstandigheden uitgetprobeerd hebben.

"Aniline" wordt meestal genoemd als een voorbeeld van een verbinding, die men op allerlei manieren zou hebben uitgetprobeerd om kleurstoffen te verkrijgen. Maar de karakterisering "empirisch" is niet vol te houden voor deze periode, omdat op deze wijze het onderzoekprogramma van Hofmann en het onderzoek van Rosenstiehl en vele andere wetenschappers en technici niet te plaatsen zou zijn. Ook in de beginperiode van de kleurstofindustrie werd er wetenschappelijk onderzoek naar en over kleurstoffen verricht met behulp van de typen- en de nieuwe radicaaltheorie.

De verschillende 19e eeuwse auteurs, die rond 1866 een "omslag" constateren, spreken in dat verband van een "omslag" van de empirische periode naar de rationele periode⁴⁸. Zoals we in de derde paragraaf hebben gezien, verleende men in dit verband aan de term "rationeel" de betekenis "met behulp van de wetenschappelijke methode gevonden". Men legt bij de beschrijving van de "omslag" de nadruk op de rol van de wetenschap.

De rationaliteit van de wetenschap zou overgebracht zijn van de wetenschap naar de industrie. We hebben hier te maken met een toepassing van de aanbodstelling op de kleurstofindustrie. Hoewel de aanbodstelling geen antwoord geeft op de vraag naar de relatie wetenschap-industrie ten aanzien van de synthetische kleurstofindustrie heeft zij in de 19e eeuw dienst gedaan als instrument in de strijd om de maatschappelijke erkenning van de synthetische kleurstofindustrie en het behoud van de in de eerste helft van de 19e eeuw opgebouwde maatschappelijke status van de wetenschap (in dit geval de organische chemie).

Door de 19e eeuwse visie op de relatie wetenschap-industrie als uitgangspunt te nemen, sluiten de Starnbergers ten aanzien van de synthetische kleurstofindustrie aan bij een strijd om maatschappelijke erkenning, waardoor zij terecht komen in een uitzichtloze verwarring van de sociale en cognitieve aspecten van de relatie wetenschap-industrie in de beginperiode van de ontwikkeling van de synthetische kleurstofindustrie.

NOTEN

1. Zie bv. Layton (1977), pp 208-211.
2. Zie bv. Böhmer e.a. (1978), p 366.
3. De Duitse projectgroep "alternatieven in de wetenschap" van het Max Planck Instituut te Starnberg. In dit artikel staat het artikel van Böhm e.a. (1978) centraal. We zullen de Duitse term "Technik" gebruiken in de betekenis van "Industrie".
4. Meyer-Thurow (1982), p. 365.
5. Caro (1892), p. 975.
6. In dit artikel zullen we de term "benzol" gebruiken voor de chemisch onzuivere verbinding en de term "benzeen" voor de chemisch zuivere verbinding. Dit verschil in uitgang zullen we ook gebruiken voor andere verbindingen (bv. toluol en tolueen).
7. Walsh (1979), pp 2, 16.
8. Cassebaum (1977), p. 280.
9. Schorlemmer (1862), p. 419.
10. Cassebaum (1977), p. 283.
11. Hofmann (1863).
12. Hofmann (1864).
13. Chateau (1868), p. 161.
14. Vogel (1866), p. 13.
15. Vogel (1866), p. 13.
16. Caro (1892), p. 978.
17. Belt van den (1981), p. 37.
18. Zie Depouilly (1865), Caro (1892) en H. Hirzel en H. Greschel (1866).
19. Caro (1892), p. 975.
20. Zie het artikel van Homburg in dit rapport.
21. Coupier (1866), p. 385.
22. Coupier (1866), p. 385.
23. Hofmann (1862), pp 4 en 5.
24. Hofmann (1863), p. 646.
25. Coupier (1866), p. 386.
26. Caro (1892), p. 977.
27. Zie Depouilly (1865) en Rosenstiehl (1866).
28. Dr Carl Eberhardt was aandeelhouder van de kleurstoffenfabriek Küchler & Buff te Krefeld en vele jaren lid van de Raad van Toezicht van Weilerter Meer.
29. Hanser (1956), p. 41.
30. Hanser (1956), p. 41.
31. Hanser (1956), p. 42.
32. Witt (1887), p. 8

33. Caro (1892), p. 977.
34. Meyer-Thurow (1982), p. 365.
35. Zie bv. Rosenstiehl (1867; 1872; 1876).
36. Met de term "technici" duiden wij de groep wetenschappelijk opgeleiden aan die verbonden waren aan technische opleidingen (bv. Gewerbe Schulen).
37. We rekenen Reimann tot de groep technici.
38. Reimann (1867). Dit artikel werd echter al 15 maanden eerder aangeboden aan het tijdschrift, maar op verzoek van de auteur die zijn artikel ter beoordeling had aangeboden aan een van de grootste technische verenigingen te Pruisen (de naam wordt door de redactie van Dingler niet genoemd) teruggehouden.
39. Depouilly (1866), p. 215.
40. Coupier (1865).
41. Coupier (1866), p. 388.
42. Chateau (1868), p. 162.
43. Zie bv. Rosenstiehl (1866).
44. Chateau (1868), p. 162.
45. Chateau (1868), p. 163.
46. Chateau (1868), p. 163.
47. Zie het artikel van Hornix in dit rapport.
48. Zie Caro (1892) en H. Hirzel en H. Greschel (1866).

LITERATUURLIJST

- Belt, H. van den, "Patent Disputes in the French Dyestuffs Industry", *The Development of the Dye Industry*, Nijmegen, 1981, pp 29-50.
- Böhme, G, Daele, W. van den, Kroh, W., "Die Verwissenschaftlichung von Technologie", Starnberg Studien 1. Die gesellschaftliche Orientierung der wissenschaftlichen Fortschritts, Frankfurt am Main (1978), pp. 339-375.
- Caro, H., "Über die Entwicklung der Theerfarben Industrie", *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft*, 1892.
- Cassebaum, H., "Der Einfluss der Arbeiten Carl Schorlemmers aus den Jahren 1862 bis 1864 auf die damalige Entwicklung der Aromatenchemie, *Wiss. Z. TH. Leuna-Merseburg*, 19, 1977, 2, pp. 280-289.
- Chateau, Th., *Nouvel Manuel complet théorique et pratique de la Fabrication et de l'Emploi des Couleurs d'Aniline, d'Acide Phénique, de Naphthaline et des homologues de ses substances*, Vol. I-II, Paris, 1868.
- Coupier, Th., "Über die Fabrication der Steinkohlentheerfarben", *Dingler's Polytechnisches Journal*, 181, 1866, pp. 385-389 (oorspronkelijke publicatie in *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, XXXVI, 1866, pp. 259 e.v.).
- Depouilly, Gebr., "Über die Fabrikation des zur Farbenbereitung geeigneten Anilins", *Dingler's polytechnisches Journal*, 179, 1866, p. 213-226 (oorspronkelijke publicatie in *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, 35, 1865).

- Hanser, H., *Geschichte des Werkes Uerdingen der Farbenfabriken Bayer Aktiengesellschaft, Uerdingen*, 1956.
- Hirzel, H. en Greschel, H., *Jahrbuch der Erfindungen*, 2, 1866.
- Hofmann, A.W., *Proceedings of the Royal Society*, 12, 1862, p. 4
- Hofmann, A.W., *Proceedings of the Royal Society*, 12, 1863, p. 646.
- Hofmann, A.W., *Proceedings of the Royal Society*, 13, 1864, p. 490.
- Layton, E., "Conditions of Technological Development", in: I. Spiegel-Rösing and Derek de Solla Price, *Science, Technology and Society*, 1977, pp. 197-222.
- Meyer-Thurrow, G., "The Industrialization of Invention: A Case Study from the German Chemical Industry", *Isis*, 1982, pp. 363-381.
- Reimann, M., "Die Prüfung des Anilinöles", *Dingler's Polytechnisches Journal*, 185, 1867, pp 49-65.
- Rosenstiehl, A., "Bericht über Coupier's vorstehenden Aufsatz", *Dingler's polytechnisches Journal*, 181, 1866, pp 389-396 (oorspronkelijke publicatie in *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, XXXVI, 1866, pp. 259 e.v.).
- Rosenstiehl, A., "Recherches sur la formation du rouge d'aniline et sur quelques corps dérivés isomériques du toluène", *Annales de Chimie*, XXVI, 1872, pp. 189-254.
- Rosenstiehl, A., "Mémoires sur les rosanilines isomère", *Annales de Chimie*, 8, 1876, pp. 176-233.
- Schorlemmer, C., *J. Chem. Soc.*, Londen, 15, 1862, p 419.
- Vogel, M., *Die Entwicklung der Anilin-Industrie, Die Anilinfarben*, Leipzig, 1866.
- Walsh, V.M., Townsend, J., Achilladis, B. en Freeman, C., *Trends in Invention & Innovation in the Chemical Industry*, Brighton, S.P.R.U., 1979.
- Witt, O., "Über die Homologen des Anilins und ihre fabrikmässige Trennung", *Die Chemische Industrie*, 1887.

In deze bijlage zijn (uitgesplitst naar auteur, in chronologische volgorde) onderzoekvoorstellen, interne discussienota's én rapporten, lezingen en publicaties opgenomen, die de afgelopen jaren door de verschillende leden van de onderzoekgroep zijn geproduceerd. Het zij nadrukkelijk gesteld dat hiermee geen lijst van *artikelen* gepresenteerd wordt, zoals deze bijvoorbeeld in universitaire jaarverslagen kan worden aangetroffen. Bedoeld is een beeld te geven van de werkzaamheden van de groep, dat als aanvulling en ter ondersteuning dient van datgene dat in de Algemene Eindrapportage is gesteld.

a. Jaarverslagen

1. Verslag van de werkzaamheden tot 1 november 1979 rond het project "De ontwikkeling van de kleurstofindustrie" (Jaarverslag 1979), november 1979 (3 pp)
2. De ontwikkeling van de kleurstofindustrie (Jaarverslag 1979/80), pp 5-9 in: *Tweede Voortgangsrapport Project Wetenschap en Samenleving*, Nijmegen, december 1980.
3. De ontwikkeling van de kleurstofindustrie (Jaarverslag 1980/81), pp 8-15 in: *Derde Voortgangsrapport Project Wetenschap en Samenleving*, Nijmegen, december 1981.
4. De ontwikkeling van de kleurstofindustrie (Verslag over de periode 1979-1982), pp 10-24 in: *Vierde Voortgangsrapport Project Wetenschap en Samenleving. Deel 2: Voortgangsrapportages van de Begeleidingscommissies van de W&S-Projecten*, Nijmegen, januari 1983.
5. De ontwikkeling van de kleurstofindustrie (Jaarverslag 1982/83), oktober 1983 (3 pp). (Nog niet door de Universitaire Commissie W&S gepubliceerd.)

b. Wim Hornix

6. De ontwikkeling van de kleurstofindustrie. Een case-study over de maatschappelijke factoren die de natuurwetenschappen bepalen, over de technologisch-wetenschappelijke factor in de industriële ontwikkeling en over de maatschappelijke rol van de natuurwetenschappelijke onderzoeker (onderzoekvoorstel), september 1978 (10 pp).
Ook in Duitse vertaling (16 pp), en in Engelse samenvatting (2 pp).
7. Voorstel met betrekking tot de oriëntatieperiode van het onderzoek binnen het project over "De ontwikkeling van de kleurstofindustrie", maart 1979 (7 pp).
8. Inleiding op het project "De ontwikkeling van de kleurstofindustrie": vraagtekens bij een traditionele visie.
Lezing voor de bijeenkomst van de *Landelijke Werkgroep Techniekgeschiedenis* op 17 oktober 1979 te Nijmegen.
De inhoud van deze lezing stemt sterk overeen met "The Development of the Dye Industry. Extract from the original research proposal" én "The Development of the Dye Industry. Some important studies and a number of open questions", pp 5-7 resp. pp 8-13 in: *The Development of the Dye Industry. 1st Quarterly Report*, Nijmegen, november 1979.

9. Een samenvatting van: Werner Rammert, "Technik, Technologie und Technische Intelligenz in Geschichte und Gesellschaft", Bielefeld, 1975; mei 1980 (12 pp).
10. Enige notities over een researchprogramma over de ontwikkeling van de kleurstofindustrie, juli 1980 (7 pp).
11. Onderzoekvoorstel met betrekking tot het wetenschapshistorische aspect van de ontwikkeling van de kleurstofindustrie, augustus 1980 (6 pp).
12. Dyestuffs Chemistry, 1856-1870: at the Interface of Pure and Applied, Academic and Industrial Research.
Lezing op het *16th International Congress of the History of Science* te Boekarest, 26 augustus-3 september 1981.
Pp 51-64 in: *The Development of the Dye Industry. Progress Report*, Nijmegen, december 1981.
13. De geschiedenis van het Nijmeegse W&S-project "De ontwikkeling van de kleurstofindustrie".
Lezing in het kader van het K.U.N. *Studium Generale* op 26 januari 1982.
Pp 37-48 in: *Wetenschap en Samenleving. Lezingen en (forum)discussies. Januari/februari 1982. Verslagboek*, Nijmegen, augustus 1982.
14. (Met Homburg, Van den Belt, Gremmen en Somers.)
Aromatic Chemistry and the Dyestuffs Industry 1855-1880. An Analysis of English, French and German Contributions.
Lezing op het congres van de *British Society for the History of Science* en de *Société Française d'Histoire des Sciences* te Cambridge, 5-7 juli 1982 (19 pp).
15. De ontdekking van de azokleurstoffen, april 1983. (17 pp (+ 6 pp tabellen en noten.))
16. Ontdekking en exploratie van het gebied der azokleurstoffen: een wetenschaps- en techniekhistorische benadering.
Lezing voor de bijeenkomst van de *Landelijke Werkgroep Techniekgeschiedenis* op 18 mei 1983 te Nijmegen.
17. (Met A. Rip.)
Ontstaan van een wetenschappelijke gemeenschap in de organische chemie 1830-1890 (onderzoekvoorstel), mei 1983 (16 pp).
18. (Met Van den Belt.)
Chemie en Samenleving in Historisch Perspectief. Sociale Geschiedenis van Wetenschap en Techniek in drie Dimensies. (Schets van een programma dat de resultaten van het W&S-onderzoekproject over de ontwikkeling van de kleurstofindustrie vruchtbaar wil maken voor het universitaire onderwijs.) Juni 1983 (7 pp).

c. Henk van den Belt

19. Over de bruikbaarheid van de beschikbare bedrijfsgeschiedenissen van de kleurstofindustrie.
Lezing op de bijeenkomst van de *Landelijke Werkgroep Techniekgeschiedenis* op 17 oktober 1979 te Nijmegen.
Een Engelse samenvatting verscheen onder de titel: "The quality and usefulness of the available business history of the dyestuffs industry", pp. 19-21 in: *The Development of the Dye Industry. 1st Quarterly Report*, Nijmegen, november 1979.
20. Een samenvatting van: Paul M. Hohenberg, "Chemicals in Western Europe: 1850-1914", Chicago-Amsterdam, 1967; oktober 1979 (26 pp).

21. Patenten en technische ontwikkeling. Een bespreking van: Jacob Schmookler, *Invention and Economic Growth*, Cambridge, Mass. 1966; maart 1980 (18 pp).
22. De geschiedenis van de kleurstofindustrie in Frankrijk, mei 1980 (7 pp).
23. Over de algemene lijn van het project. Een bijdrage tot de discussie, juli 1980 (15 pp).
24. De geschiedenis van de Franse kleurstofindustrie. Inleiding (op de regio studies), juli 1980 (4 pp).
25. De regio-Mulhouse. (Over historische achtergronden van de katoendrukkerij.) Juli 1980 (8 pp).
26. Het concentratieproces in een "science-based industry". Voorstel voor een onderzoek vanuit economisch-historisch gezichtspunt, augustus 1980 (6 pp).
27. Over endogene technische ontwikkeling in de kleurstofindustrie en de praktische consequenties van een beperkte rationaliteit, oktober 1980 (13 pp).
28. Over endogene technische ontwikkeling in de kleurstofindustrie en de praktische consequenties van een beperkte rationaliteit. Deel II: Mogelijkheden tot "endogenisering" van de technische ontwikkeling in de kleurstofindustrie, november 1980 (21 pp).
29. Onderzoekplannen met betrekking tot het economisch-historisch aspect van de ontwikkeling van de kleurstofindustrie, december 1980 (8 pp).
30. Samenvatting van: Paul A. Zimmerman, "Patentwesen in der Chemie", BASF, Ludwigshafen, 1965; maart 1981 (18 pp).
31. Het Debat over het Franse Patentrecht (Leprieur, hfst. IV), april 1981 (8 pp).
32. Roussin en de azokleurstoffen, juli 1981 (10 pp).
33. De patentprocessen rond anilinerood in Frankrijk, augustus 1981 (41 pp).
34. De "affaire"-La Fuchsine: 1863-1870, november 1981 (8 pp).
35. Patent disputes in the French dyestuffs industry, pp. 29-50 in: *The Development of the Dye Industry. Progress Report*, Nijmegen, december 1981.
36. Kekulé en het melkzuurdebat, januari 1982 (6 pp).
37. Enkele aspecten van het functioneren van het patentstelsel, augustus 1982 (32 pp).
38. Een korte notitie over het "neo-Schumpeteriaanse model", december 1982 (4 pp).
39. Patent legislation and the dye industry in Germany and France, maart 1983 (10 pp).
(Eerste deel van een artikel bedoeld voor: *Dyes and Pigments*.)
40. Commentaar op: Giovanni Dosi, "Technological paradigms and technological trajectories", *Research Policy* 11 (1982), 147-162.
Besproken in de bijeenkomst van de *Werkgroep Wetenschapsontwikkeling in Context* (T.H. Twente) op 23 maart 1983 (8 pp).
41. Het octrooiestelsel en de georganiseerde industriële research.
Lezing op de bijeenkomst van de *Landelijke Werkgroep Techniekgeschiedenis* op 18 mei 1983 te Nijmegen (15 pp).
42. Denken en doen, kennen en maken. Enkele wetenschapsfilosofische beschouwingen over het onderscheid tussen wetenschap en techniek, mei 1983 (5 pp).

43. Economische visies op technische ontwikkeling, juni 1983 (13 pp).
 44. Intellectuele eigendom in wetenschap en techniek. Demarcatie als sociale constructie: het voorbeeld van de negentiende eeuwse organische chemie, juni 1983 (22 pp).
 45. (Met A. Rip.)
Technologie-Dynamica: Evaluatie van het Nelson-Winter model aan de hand van de casus kleurstofchemie/kleurstofindustrie, 1850-1900 (onderzoekvoorstel), juni 1983 (4 pp).
- d. Ernst Homburg
46. De technologie van de kleurstofproductie: hoe de ontwikkeling in een algemeen kader te plaatsen?
Lezing op de bijeenkomst van de *Landelijke Werkgroep Techniekgeschiedenis* op 17 oktober 1979 te Nijmegen (13 pp).
Een Engelse samenvatting verscheen onder de titel: "The technology of dyestuff production. A search for a frame of reference for its development", pp. 14-18 in: *The Development of the Dye Industry. 1st Quarterly Report*, Nijmegen, november 1979.
 47. Wat is W&S? Wat is W&S-onderzoek? April 1980 (15 pp).
 48. Samenvatting van en commentaar op: D.S.L. Cardwell, "The Organisation of Science in England", Londen, 1972 (hoofdstukken 1-5), april 1980 (16 pp).
 49. Organische Chemie 1830-1860, juni 1980 (10 pp).
 50. Overwegingen in verband met het algemeen onderzoekplan, juni 1980 (10 pp).
 51. Wetenschappelijk onderzoek in een industriële context - een case study. Analyse van de factoren die de totstandkoming en uitvoering van een industrieel researchprogramma beïnvloeden (onderzoekvoorstel), augustus 1980 (4 pp).
 52. De opkomst van de chemische industrie, *College Chemie en Samenleving* op 9 februari 1981 te Nijmegen (25 pp).
 53. Wetenschappelijk onderzoek in de industrie; de kleurstofresearch bij BAYER 1863-1914 (onderzoekvoorstel), maart 1981 (25 pp).
Besproken in de *Groep Wetenschapsonderzoekers* (Amsterdam) op 7 april 1981 en in de *Werkgroep Wetenschapsontwikkeling in Context* (T.H. Twente) op 9 maart 1981.
 54. Chemisch-technologische ontwikkelingen in de tweede helft van de 19e eeuw: het voorbeeld van de kleurstofindustrie (onderzoekvoorstel), april 1981 (13 pp).
(Ook in het Engels vertaald.)
 55. Het project "De ontwikkeling van de kleurstofindustrie" als W&S-onderzoek.
Lezing gehouden op de W&S-onderzoekdag te Leusden op 11 november 1981 (12 pp).
(Zie ook *Wetenschap en Samenleving* 82/1 en mededelingen W&S 8/1 (1982).)
 56. The Influence of Demand in the Emergence of the Dye Industry. The Roles of Chemists and Colourists, pp 7-27 in: *The Development of the Dye Industry. Progress Report*, Nijmegen, december 1981 (niet hierin opgenomen zijn de Notes and References (8 pp)).
Dit artikel verscheen ook in het *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 99 (1983), 325-333.

57. De opkomst van de Chemische Industrie. *College Chemie en Samenleving* op 8 februari 1982 te Nijmegen (35 pp).
Opgenomen als Hoofdstuk II in de *Syllabus Chemie en Samenleving 1982/3* (W.F. Slot, red.).
58. Commentaar bij: Pieter Weeder en Do Kester, "Variatie en selectie: de constructie van een industrieel product. Het geval Tenax".
Pré-advies voor de vergadering van de *Groep Wetenschapsonderzoekers* (Amsterdam) op 13 mei 1982 (7 pp).
59. De ontwikkeling van de kleurstofchemie 1840-1890. Vraagpunten bij een paradigmatisch voorbeeld van de Tweede Industriële Revolutie (proefschriftopzet), september 1982 (17 pp).
60. (Met H. van den Belt, B. Gremmen en W. Hornix.)
Discussiestuk Integratie Deelonderzoek Kleurstofproject, december 1982 (11 pp).
61. Bibliographies, List of Periodicals, List of Schools and List of Societies on the Subject of the Development of Dyeing and Calico Printing (Contribution to the (pre-)history of the Society of Dyers and Colourists), februari 1983 (28 pp).
62. From natural to synthetic dyes (with special attention to the environmental problems related to the rise of the synthetic dye industry).
Voordracht gehouden op 5 april 1983 in het kader van de *First Dutch International Week for Young Scientists* te Nijmegen (23 pp).
63. Historische achtergrond van de beroepssituatie van chemici. *College Chemie en Samenleving* op 21 april 1983 te Nijmegen (13 pp).
64. De bruikbaarheid van het concept "Technologisch traject" (Nelson en Winter; Dosi) voor de techniekgeschiedenis.
Lezing voor de bijeenkomst van de *Landelijke Werkgroep Techniekgeschiedenis* op 18 mei 1983 te Nijmegen (20 pp).
65. De Tweede Industriële Revolutie en de Kleurstofindustrie, augustus 1983 (17 pp).

e. Bart Gremmen

66. (Met P. Kroes.)
Verslag van de werkzaamheden van de werkgroep "Groeimodellen van de wetenschap en de ontwikkeling van de kleurstofchemie" in de periode februari-november 1981, november 1981 (5 pp).
67. De rol van de filosofie in de ontwikkeling van de organische chemie (onderzoekvoorstel), juli 1982 (8 pp).
Besproken in de *Groep Wetenschapsonderzoekers* (Amsterdam) op 30 november 1982.
68. Filosofische opmerkingen in de leerboeken van Kekulé, Kolbe en Gerhardt, augustus 1982 (15 pp).

f. Erik Brouwer

Index van Levensberichten van Chemici, verschenen in de *Berichte etc.* 51 (1918)-73 (1940, Nijmegen, 1980 (6 pp).

g. Willibrord Rutten

70. Index op de "Necrologie Scientifique", zoals verschenen in het tijdschrift *l'Année Scientifique et Industrielle* 1 (1856)-57 (1913), Nijmegen, 1980 (40 pp).