

# Das Leben Fraunhofer's.

---

## R e d e

an die

Studirenden der kgl. Ludwig-Maximilians-Universität

zu München,

gehalten

am 2. December 1865

von

Dr. Ph. Jolly,

d. J. Rektor.

München 1865.

Druck von C. R. Schurig.

# Das Leben Friedrichs

1762

in Berlin

in Berlin

Berlin 1865

## Hochansehnliche Versammlung!

Nach einem alten Brauche soll der Rector nach dem Schlusse der Immatrikulation die neuen akademischen Bürger in feierlicher Versammlung an die Pflichten mahnen, welche die neuerworbenen Rechte mit sich bringen. Es wird nicht gegen diesen Brauch anstoßen, wenn ich statt der Lehren, die ich überdieß in vollendeterer Weise gar nicht geben könnte, als es durch meine Vorgänger im Amte längst geschehen ist, ein Beispiel wähle und das Leben eines Mannes vorführe, der in seinem Entwicklungsgange Schwierigkeiten wie Wenige vor sich fand, der aber durch festen Willen und nie ermattende Energie sie alle besiegte, der wenn auch nicht in München geboren so doch in München seine Entwicklung gewann, und der mit seinem Namen den Namen der Stadt überall hintrug, wo Kulturleben besteht. Ich will versuchen ein Lebensbild von Fraunhofer zu geben.

Das Lebensbild eines Mannes, der Alles entbehren mußte, was wissenschaftlicher Entwicklung förderlich ist, der bei dem mangelhaften Unterrichte der Volksschule — der Schule vor 70 Jahren — in der Jugend nur nothdürftig des Lesens und Schreibens kundig wurde, der früh verwaist, in die Fremde geschickt und, um das Lehrgeld zu ersparen, auf die lange Zeit von sechs Jahren einem Glaser in die Lehre gegeben wurde, d. h. der, wie damals die Lehrzeit war, auf sechs Jahre sich verbindlich machen mußte ohne Lohn die Dienste von Magd und Knecht zu leisten, der schwach und schwächling und von

zarter Gesundheit, nur durch eine um so bewunderungswürdigere Willensstärke und durch den angestrengtesten Fleiß alle Ungunst des Geschickes überwinden, den Geist in sich wach erhalten und das ihm anvertraute Pfund zur Geltung bringen konnte — das Lebensbild eines solchen Mannes wird nicht allein die beredteste Mahnung für den strebsamen Jüngling sein in seinem Fache und nach seinen Gaben in Ausdauer und Willensstärke nie zu ermatten, es kann zugleich unser menschliches Interesse in Anspruch nehmen.

Joseph Fraunhofer wurde am 6. März 1787 in Straubing in Bayern geboren. Der Stammbaum eines Mannes, der seinem Vaterlande Ehren eingesammelt hat, ist immer zur Aufbewahrung berechtigt. Die Eltern des Joseph sind Franz Xaver Fraunhofer und Anna Maria, Tochter des Rathsdieners Wolfgang Froehlich.\*) Sie lebten in engen kleinen Verhältnissen ohne indeß in Dürftigkeit zu verfallen, denn es wird ausdrücklich bemerkt, daß sie nie eine Unterstützung nachsuchten oder annahmen. Der Großvater Fraunhofer's war in Straubing eingewandert, wo er im Jahre 1735 das Recht zur Ansäßigmachung als Glasermeister sich erwarb. Im Jahre 1760 übertrug er sein Geschäft seinem einzigen Sohne Franz Xaver, der in zweiter Ehe — seine erste war kinderlos — 10 Kinder hatte, von denen Joseph das jüngste war. Die Geschwister des Joseph starben meist in frühen Jahren, nur die älteste Schwester überlebte ihn. Sie wird als eine ihrem berühmten Bruder ähnliche und in ihrer Sphäre ausgezeichnete Frau geschildert; sie war an einen Kaufmann in Erding verheirathet, lebte aber in kinderloser Ehe. Mit Joseph Fraunhofer, der nicht verheirathet war, starb die Familie aus.

Fraunhofer verlor im 11. Jahre seines Alters seine Mutter, und im 12. Jahre seinen Vater. Seine Vormünder bestimmten

\*) Die Nachrichten über die Familie Fraunhofer's verdanke ich den freundlichen Bemühungen und Nachforschungen des Herrn Kolb, a. Bürgermeisters von Straubing.

ihn zunächst zum Drechslerhandwerk, da aber seine Constitution sich hierfür zu schwach erwies, so wurde er im August 1799 zu dem Spiegelmacher Weichselberger in München in die Lehre gebracht der ihn ohne Lehrgeld aber freilich nur gegen Verpflichtung zu einer sechsjährigen Lehrzeit aufnahm. Dem eifrigen Knaben muß die Lehrzeit schwer geworden sein, denn er klagte noch in spätern Jahren, daß ihm nicht einmal der regelmäßige Besuch der Sonntagschule gestattet war, und daß es ihm damals unmöglich wurde sich einige Uebung im Lesen und Schreiben zu erwerben. Es scheint, es war eine der schwersten Katastrophen nöthig um dem armen gequälten Lehrlingen bessere Bahnen zu öffnen; doch freilich gehörte immer ein Fraunhofer dazu um das Wenige, was nach einem lebensgefährlichen Geschehe ihm geboten war, zum Anfange einer neuen und so ruhmvollen Laufbahn zu machen. Im Jahre 1801 am 21. Juli stürzten im Thiereckgäßchen plötzlich zwei Häuser ein, in deren einem sich Fraunhofer befand. Balken, Getäfel, Schränke fügten sich so glücklich, daß der Knabe wohl verschüttet aber nicht erdrückt wurde, daß er durch Rufen und Klopfen Zeichen des Lebens geben konnte. Nach vierstündiger angestrebter und gefahrvoller Arbeit war es gelungen von einem nicht eingestürzten Theile des Hauses aus zu dem Verschütteten zu gelangen, und ihn ohne gefährliche Verletzung an das Tageslicht zu bringen.

Der stets und so gerne hülfreiche König Maximilian Joseph befahl für die Heilung des Knaben Sorge zu tragen, ließ ihn nach der Wiederherstellung zu sich kommen, beschenkte ihn mit 18 Dukaten und mahnte ihn sich wieder an ihn zu wenden, wenn es einmal mangeln sollte. Gerne füge ich gleich hier hinzu, daß wenn auch Viele diesen letzten Theil der Mahnung eifrig benützt hätten, dies nicht die Art von Fraunhofer war. Das Geschenk von 18 Dukaten verbunden mit Fraunhofer's Energie mußten ausreichen noch manche schwere Stunde siegreich zu bekämpfen.

Auf der Unglücksstätte hatte sich noch ein Mann eingefunden, der bald auf das Schicksal von Fraunhofer von größtem Einfluß werden sollte; es war dies Joseph von Utschneider, ein Mann von ungewöhnlich organisatorischem Talent, von rastloser Thätigkeit und zugleich im Besiz der Mittel diese Gaben für seine Mitmenschen nutzbar zu machen. War die erste Bekanntschaft nur durch den Zug des Mitleides herbeigeführt, so war doch die erste Unterredung hinreichend so viel Interesse zu erwecken, um später den Knaben wieder aufzusuchen. Er findet Fraunhofer schon entschlossen das einförmige Gewerbe eines Spiegelmakers nur noch der äußern Existenz halber beizubehalten, aber daneben sich vorzubereiten zum Berufe eines Optikers. Er hatte sich von einem Theil seines Geldgeschenktes eine Glaschleifmaschine angeschafft, und hatte die Sonntage dazu benützt sich in der Kunst optische Gläser herzustellen zu üben. Die Schwierigkeiten, die er dabei fand, konnte Utschneider nicht beseitigen, er konnte ihn aber darauf aufmerksam machen, daß zur Beurtheilung der Wirkung der Gläser geometrische und optische Kenntnisse erforderlich sind. In allen Fällen kennzeichnet sich das Talent dadurch, daß es nicht verzagt wenn die Schwierigkeiten beginnen, sondern gerade dann verdoppelten Eifer in Anwendung bringt. Der des Lesens und Schreibens kaum kundige Glaserlehrling hört daß zur Beurtheilung der Wirkung der Gläser Kenntnisse der Geometrie und Optik nöthig sind, und sofort steht der Entschluß fest sich Kenntnisse in diesen Wissenschaften, die er eben erst dem Namen nach kennen lernt, zu erwerben. Alles ist dem Unternehmen Fraunhofer's entgegen. Sein Lehrherr verbietet die Bücher, in der Schlafkammer, einer Dachkammer ohne Fenster, darf kein Licht gebrannt werden, die Kameraden verlachen ihn, und selbst einsichtige Männer, die er wegen des Gebrauchs von Lehrbüchern zu Rathe zieht, halten sein Beginnen für unausführbar. Fraunhofer bleibt unbeirrt. Um ungestörter seine Studien fortsetzen zu können flüchtet er sich an

Sonntagen und Feiertagen ins Freie, ein stiller Platz unter einem Baume ersetzt ihm das Studirzimmer und dürftige Lehrbücher der Geometrie bilden seine Lehrer. Aber doch bringt er es bei seiner Ausdauer zu Stande bald die Lehrbücher der Optik von Klügel, Kästner und von Priestley, die ihm Utzschneider in der früheren Unterredung nur nebenbei genannt hatte, verstehen zu können. Vier Jahre hat er auf diesen Selbstunterricht verwendet, und es waren ohne Zweifel wenn nicht die schwersten seines Lebens, so doch die, welche die größte Energie des Charakters verlangten.

Um vom Zwange der Lehrzeit, die immer hemmender seiner Ausbildung entgegentrat, sich zu befreien, kauft er mit dem Rest seines Geldes das letzte halbe Jahr seiner Lehrzeit seinem Lehrherrn ab. Die Prüfungszeit war hiermit noch nicht zu Ende, denn mittellos, wie er war, muß er, bevor er Studien und Versuche fortsetzen kann, darauf Bedacht nehmen einen Lebensunterhalt sich zu erwerben. Da eignet er sich ohne alle Anleitung die Kunst des Gravirens in Metall an, eine Kunst, die ihm später bei der Publikation seiner wissenschaftlichen Arbeiten in der Herstellung der Kupfertafeln so günstig zu statten kam, die aber diesmal auf das Geringere auf die Herstellung von Visitenkarten mit erhabenem Druck, wie man noch welche im Gebrauch sieht, gerichtet war. Er erwirbt sich einiges Geld, aber bald vermindern die Kriegszeiten den Absatz, und noch einmal muß er aus Noth zu dem ihm verleideten Gewerbe eines Spiegel-machers zurückkehren. Erst im Jahre 1807, in seinem zwanzigsten Lebensjahre trat eine bessere Wendung seines Geschickes ein.

Wenige Jahre früher war der unternehmende Utzschneider mit dem genialen Mechaniker und Ingenieur Georg Reichenbach zur Gründung eines mechanischen Institutes in Verbindung getreten. Geodätische und astronomische Instrumente, wie solche zu den Landes-Vermessungen und topographischen Aufnahmen erforderlich waren, konnten damals nur aus dem Auslande, und die besseren nur aus England

bezogen werden. Der Zweck des Institutes war solche Instrumente und zwar in größerer Vollendung im Inlande herzustellen. Reichenbach hatte schon seine Kreistheilmaschine erfunden und zahlreiche Verbesserung in der Construction der Instrumente zu Stande gebracht. Nur Eines fehlte, die Ausrüstung mit Gläsern, die, wenn sie nicht zu Stande kam, das ganze Unternehmen mußte fallen machen. Man hatte den geschickten Optiker Niggel herangezogen, man hatte zur Erzeugung des Glases einen Flint-Glas-Ofen errichtet und erhielt auch manches Stück brauchbaren Glases, auch gelang es hie und da ein gutes Fernrohr herzustellen, aber Alles hing vom Zufall ab, und es war ein schlechter Trost, daß Utschneider von ausgedehnten Reisen, die er unternommen hatte um die Leistungen in anderen Ländern kennen zu lernen, die Ueberzeugung mitbrachte, daß es anderwärts nicht besser sei. Der Fortschritt hing eben ab von der Lösung neuer technischer und wissenschaftlicher Probleme, wie sie nur ein schöpferischer Kopf zu Stande bringen konnte. Da erinnerte sich Utschneider des talentvollen Fraunhofer, und noch im Jahre 1807 wurde Fraunhofer in das Institut aufgenommen. Für den Anfang war ihm nur eine untergeordnete Stelle und eine bescheidene Existenz geboten, aber zweierlei war damit verbunden, was für seine Entwicklung wesentlich förderlich sein mußte, er fand in Niggel einen erfahrenen praktischen Optiker und in Professor Schiegg, dem Freunde Utschneider's, einen einsichtigen Rathgeber für die Fortsetzung seiner Studien. Mehr bedurfte es für Fraunhofer nicht. Gestählt durch eine harte Jugend, und doch noch in aller jugendlichen Frische, gewohnt die Erleichterung, die der Schulunterricht gewähren kann, durch die Kraft des Denkens zu ersetzen, und geübt in einer Festigkeit des Willens die, unterstützt von dem Talente des Experimentators und dem Genie des Erfinders, vor keiner Schwierigkeit zurückweicht, reicht die geringe Hilfe, die ihm geboten war, hin die praktische Optik zu einer nicht geahnten Vollendung zu bringen,

Instrumente herzustellen durch die in der beobachtenden Astronomie und in der Physiologie neue Bahnen der Forschung erst betreten werden konnten, und zugleich die physische Optik durch eine Reihe der schönsten Entdeckungen zu bereichern und zu erweitern. Eine kurze Darstellung der ruhmvollen Leistungen Fraunhofer's ist zugleich eine Schilderung der zweiten und wichtigeren Hälfte seines Lebens, der Wanderjahre nach sehr mühevollen Lehrjahren, und ist identisch mit einem Theile der Entwicklungsgeschichte der Optik.

Auf die Gefahr hin in den Ton des Docenten zu verfallen muß ich des Verständnisses halber mit einigen Strichen den Entwicklungsgang der optischen Forschungen vor Fraunhofer kennzeichnen.

Licht und Farbe, die alltäglichsten und doch die reizendsten Erscheinungen, wurden erst sehr spät Gegenstand aufmerkamer Betrachtung. Die Kulturepoche der Griechen ging vorüber ohne daß man Zeit gewann an Fragen dieser Art heranzutreten. Die Warnung Plato's „in die Geheimnisse des Lichtes eindringen zu wollen, sei so viel als die Vorrechte der Gottheit antasten“ ist wie der ältere Ausspruch von Sokrates „den Göttern selbst könne es nicht anders als unangenehm sein, wenn die Menschen dasjenige zu entdecken suchen, was ihnen jene so sorgfältig zu verbergen sich bemühen“, wohl nur dahin zu deuten, daß es an Wegen zur Erkenntniß und an Zeit zur Forschung fehlte. Die begabteste der Nationen verfiel, noch bevor sie die Principien der Naturforschung auffand, in Genussucht und hüßte die Kräfte ein, die zu so ernster Arbeit des Geistes erforderlich sind. Es schließt dies nicht aus, daß man nicht im Alterthume einige Eigenschaften des Lichtes kannte. Die Zurückwerfung des Lichtes von spiegelnden Flächen und die Ablenkung des Lichtes beim Uebergang von einem Medium in ein anderes drängen sich der Beobachtung unabweisbar auf. Warum aber der Thautropfen die Blattstelle, auf der er ausliegt, vergrößert zeigt, wurde wohl schon

zu den Geheimnissen des Lichtes gerechnet, die Ptolemäus nur berühren aber nicht entziffern konnte. Zweitausend Jahre mußten vorüber gehen bis die westeuropäischen Nationen, angeregt durch altgriechischen Geist und in der Jugendfrische einer neuen Kulturepoche, neue Gebiete der Erkenntniß erschließen konnten. Das 17. Jahrhundert, reich an schöpferischen Ingenien jeder Richtung, bringt eine ganze Summe neuer optischer Forschungen. Willebrod Snellius entdeckt das Gesetz der Brechung des Lichtes, Descartes stellt den mathematischen Ausdruck desselben fest, Keppler entwickelt die Eigenschaften sphärisch geschliffener Gläser, Huyghens bringt in die Fragen über die Natur des Lichtes ein, Fernrohr und Mikroskop werden erfunden, und noch weit vor dem Schlusse des Jahrhunderts macht Jsaak Newton die merkwürdigste Entdeckung in der Optik, die Entdeckung der Zusammensetzung des Sonnenlichtes und der Verschiedenheit in der Brechbarkeit der Farbenstrahlen. Die, mit dem Forschergeist, dem Scharfsinn und der Umsicht eines Newton ausgeführten Versuche lassen keinen Zweifel, daß das weiße Licht das wunderbarst zusammengesetzte ist, daß die Farbe eine ursprüngliche Eigenschaft des einfachen Lichtes und nicht eine Modification des Lichtes ist, daß jeder Farbenstrahl eine ihm eigene Brechbarkeit besitzt, und daß eben deshalb das weiße Licht, das auf ein Prisma fällt eine Zerlegung in seine Bestandtheile, in die s. g. prismatischen Farben, erfährt.

Jedes convexe Glas hat die Eigenschaft Bilder entlegener Gegenstände zu erzeugen. Diese Bilder durch eine Lupe betrachtet erscheinen vergrößert. Zwei Gläser in dieser Combination, in einer Röhre gefaßt, sind der einfachste Ausdruck des Gedankens der dem Fernrohre zu Grund liegt. Vor Newton konnte Niemand daran denken, daß Abweichungen im Bilde des Objectivglases von etwas anderem als von der Gestalt des Glases herrühren. Mit der Entdeckung der Farbenzerstreuung und der verschiedenen Brechbarkeit der

Farbenstrahlen wurde es erst klar, daß die chromatische Abweichungen weit größeren Nachtheil bewirken müsse. In der That müssen die stärker brechbaren violetten Strahlen näher hinter dem Glase als die minder brechbaren rothen Strahlen vereinigt werden, und für die unzählbar vielen zwischen violett und roth gelegenen Farbenstrahlen gibt es eben so viele verschiedene Brennpunkte. An welchem Punkte dieser verschiedenen Vereinigungsorter man das Bild auffangen mag, immer wird es von Farbensäumen benachbarter Strahlen umgeben erscheinen, und also jeder scharfen Begrenzung entbehren.

Es war hiermit nur der Fehler aufgedeckt, mit welchem die ersten und einfachsten Fernröhren behaftet sind, und durch den sie für stärkere Vergrößerungen geradezu unbrauchbar werden. Die Beantwortung der Frage ob die chromatische Abweichung sich beseitigen lasse, hängt von dem Gesetz der Farbenzerstreuung ab. Ist es, wie Newton annahm, der Fall daß alle brechenden Medien eine, der Brechung proportionale, Wirkung auf gleichartige Strahlen ausüben, so gibt eine Combination von Prismen, so verbunden daß sie nach entgegengesetzten Richtungen das Licht brechen, nur in dem einen Falle keine Farbenzerstreuung, wenn der einfallende und der austretende Strahl parallel sind, weil nur in diesem Falle die Farbenzerstreuung des einen Prismas die des andern aufhebt. Es ist also dann keine Ablenkung des Lichtes ohne Farbenzerstreuung möglich, und da die Wirkung der Objectivgläser durch die Ablenkung des Lichtes bedingt ist, so gibt es keine Objectivgläser ohne Farbenzerstreuung. Dies war auch der Schluß von Newton. Aber die Voraussetzung war irrig. Die Farbenzerstreuung ist so verschieden, wie die Medien verschieden sind, die sie bewirken, und hat keine einfache Beziehung zur Brechung. Zwei durchsichtige Medien können, bei geringer Verschiedenheit der Brechbarkeit der mittleren Strahlen, einen großen Unterschied der Brechbarkeit der violetten und der rothen Strahlen besitzen. Newton hatte indeß nicht versäumt zum Versuche

überzugehen, er hatte Glas- und Wasserprismen combinirt, hatte aber unglücklicher Weise, um das Brechungsvermögen des Wassers zu erhöhen, demselben eine Bleizuckerlösung zugesetzt, durch welche, wie wir jetzt wissen, auch die Farbenzerstreuung wesentlich geändert wird, und dem Entdecker der verschiedenen Brechbarkeit der Farbenstrahlen entging eine der wichtigsten Folgerungen, die sich an die Verschiedenheit in der Farbenzerstreuung anschließt, die Entdeckung der Zusammensetzung achromatischer Gläser.

Wer um ein Beispiel verlegen ist zum Beweise, daß in der Wissenschaft keine Autorität, sondern nur die Erkenntniß der Wahrheit der Leitstern sein darf, kann kein schlagenderes aufstellen als dieses aus der Geschichte der Optik. Man kann behaupten, und hat sicher keine Einrede zu besorgen, daß es in den exacten Wissenschaften keine besser begründete Autorität als die von Newton gibt, und doch war es eben diese Autorität auf die hin durch 80 Jahre eine Verbesserung der dioptrischen Fernröhren für ein vergebliches Bemühen gehalten wurde.

Euler ausgehend von der Annahme, daß das Auge achromatisch sei, daß also die durchsichtigen Medien, aus denen es zusammengesetzt ist, eine Verschiedenheit der Farbenzerstreuung besitzen könnten, die sich gegenseitig aufheben ohne die Brechung zu beseitigen, unternahm es a priori festzustellen, welche eine Verschiedenheit in der Farbenzerstreuung hierzu nöthig sei. Wie hiermit nur einmal der Zweifel an der Richtigkeit der Newton'schen Lehre rege gemacht war, fehlte es nicht an aufmerksamen Forschern, die experimentell die Frage erneuert einer Prüfung unterzogen, und an andern, die auf eine Ausbildung und Erweiterung des Calculs bedacht waren. Der Schwede Klingenskierna findet in Folge hiervon die Irrung in dem Versuche Newton's auf, und kaum gelangt die Nachricht hiervon nach England, so macht Dollond mit Studien ähnlicher Art beschäftigt, bald zwei Glasarten auffindig, Crown- und Flintglas, die in prismatischer

Form, verbunden mit entgegengesetzt brechenden Winkeln, eine Brechung des Lichtes ohne merkbare Farbenzerstreuung bewirken. Das achromatische Prisma war hiermit erfunden. Der Uebergang von diesem zum achromatischen Objectiv mußte für Dollond naheliegend sein. Denn in Wahrheit sind sphärisch geschliffene Gläser nichts anderes als unendlich kleine, in concentrischen Ringen in der Art geordnete, Prismen, daß alle Strahlen nach einem Punkte gebrochen werden, und in conneren und concaven Gläsern sind die brechenden Winkel dieser elementaren Prismen in entgegengesetzter Richtung gestellt. Also war mit einer Combination eines convexen Crownglases und eines concaven Flintglases bei richtig gewählten Krümmungen die Aufgabe des achromatischen Objectives gelöst.

Der günstige praktische Erfolg und die weit reichende Bedeutung der Verbesserung des Fernrohrs für alle Probleme der beobachtenden Astronomie, waren Grund genug, daß die ausgezeichnetsten Mathematiker, Euler, Clairaut, d'Alembert, wetteiferten die Theorie der achromatischen Fernröhren auszubilden, und daß die praktischen Optiker alle Anstrengung darauf richteten den Vorschriften der Theorie in der Ausführung zu genügen. Aber bald ergaben sich neue Schwierigkeiten. Die Versuche zeigten, daß nicht allein die, von Newton angenommene, Proportionalität zwischen Brechung und Farbenzerstreuung nicht bestehe, sondern daß auch die verschieden gefärbten Theile des Spectrums, je nach den Glasarten, sehr verschiedene und nicht proportionale Ausdehnung besitzen. Eine Folge hiervon ist, daß das achromatische Prisma nicht alle Farbenstrahlen in gleiche Richtung ablenkt, daß Farbensäume übrig bleiben, die schon Clairaut kannte, und die man als secundäre Spectra bezeichnete. Diese Farbensäume so einzuengen, daß selbst bei stärkeren Vergrößerungen die chromatische Abweichung dem deutlichen Sehen keinen Eintrag thue, war von nun an die Hauptbedingung für die Brauchbarkeit des dioptrischen Fernrohrs. Man erdachte eine Menge

oft sehr sinnreicher Methoden zur Messung des Farbenzerstreuungs-Vermögens der Gläser, um hiernach die passende Auswahl treffen zu können, man berechnete und construirte drei und mehrfache Objective, und versuchte selbst Linsen anzuwenden, die mit Flüssigkeiten gefüllt waren. Aber Alles zeigte sich als ungenügend, man konnte keine achromatische Fernröhren für stärkere Vergrößerungen zu Stande bringen, und selbst bei denen mit geringerer Vergrößerung war der Zufall, mit dem man die passenderen Glasforten getroffen hatte, von all zu entscheidendem Einfluß.

Dies war die Stelle an der Fraunhofer die Aufgabe vorfand.

Der Weg, den er betrat, war entsprechend dem Entwicklungsgange des ungewöhnlichen Mannes. Beinahe von den Kinderjahren an darauf angewiesen, wo Schwierigkeiten entgegentraten, die Mittel zu deren Beseitigung durch Nachdenken aufzusuchen, ist er jetzt wo es sich um die Lösung wissenschaftlicher und technischer Probleme handelt, nie verlegen in der Wahl der passendsten Wege. Bedarf er geometrischer und mathematischer Kenntnisse, so eignet er sich mit sicherm Tacte Das an, was zur Lösung der Aufgabe erforderlich ist, bedarf er physikalischer und chemischer Kenntnisse, so versteht er mit seiner unvergleichlich vorurtheilsfreien Beobachtungsgabe rasch immer das Wichtigste auszusuchen, und sind Probleme der Technik zu lösen, so zeigt er sich überreich an Erfindungen, die eine fortschreitende Technik zwar oft benützt aber nur in wenigen Fällen übertroffen hat.

Die Erfahrung ist stets seine erste Lehrmeisterin, und sein geistiger Blick macht daß keine Erfahrung nutzlos an ihm vorüber geht. Die neue Stellung benützt er vor Allem seine Erfahrung zu erweitern. Er findet daß achromatische Objective, ausgeführt nach den Vorschriften der Theorie, in ihren Leistungen weit hinter der Erwartung zurückblieben. Das hatten schon Clairout und d'Alembert bemerkt, als sie Gläser nach der, von ihnen aufgestellten, Theorie ausführen ließen. Fraunhofer's erster Zweifel ist dahin gerichtet,

ob das übliche Verfahren zur Herstellung der sphärischen Gestalt der Gläser auch genügend genaue Resultate liefere. Um diesen Zweifel zu beseitigen erfindet er sofort Schleif- und Polirmaschinen, deren Anwendung ihn nicht allein gegen jede Unachtsamkeit der Arbeiter sicher stellt, sondern die zugleich mit größter Präcision die verlangte sphärische Gestalt erreichbar machen. Gleich hier schon zeigt sich neben dem Talent des Erfinders das des Experimentators. Es handelt sich um die Prüfung der erreichten Genauigkeit und er verfällt auf ein Prüfungsmittel, das besser nicht erdacht werden kann, er wendet den feinsten Maasstab, die Wellenlänge der Farbenstrahlen, zur Messung an, er benützt die Newton'schen Farbenringe zur Prüfung der Gestalt der Gläser.

Doch auch die, mit so viel größerer Exactheit ausgeführten, Objective geben keine günstigeren Resultate.

Sein nächster Zweifel richtet sich gegen die Richtigkeit der Theorie. Um einfachere und für die Rechnungen bequemere Ausdrücke zu erzielen hatte man die Dicken der Gläser und die höheren Potenzen der Oeffnungen, die in den vollständigeren Gleichungen auftreten, vernachlässiget, aus dem gleichen Grunde hatte man in der Berechnung der Objective nur solche Strahlen berücksichtigt, welche von einem in der Achse der Gläser gelegenen Punkte ausgehen. Fraunhofer schlägt einen neuen Weg der Berechnung ein, bei welchem keiner dieser Umstände unberücksichtigt bleibt. Er kommt in Folge hiervon zu ganz andern Krümmungshalbmessern der Gläser als jene sind, die man bis dahin für die passendsten gehalten hatte, und namentlich zu ganz andern als die, welche in den seiner Zeit so berühmten Dollond'schen Objectiven angewendet sind. Da aber selbst diese Gläser richtigerer Gestalt noch immer nicht genügende Resultate liefern, so blieb für Fraunhofer kein Zweifel übrig, daß das Farbenzerstreuungs-Vermögen der Glasarten, welches in der

Theorie als bekannt vorausgesetzt wurde, einer neuen Prüfung unterzogen werden müsse.

Für Fraunhofer ist dies eine Aufforderung, in das Gebiet der Experimentalforschung einzutreten.

Wer nur einmal das glänzende prismatische Farbenbild der Sonne gesehen hat, oder wer sich nur der glänzenden Farben des Regenbogens erinnert, kennt die Continuität, mit der die Farben in einander übergehen, und kennt die Unmöglichkeit die Grenzen der einzelnen Farben zu bestimmen. Und doch hängt die Möglichkeit das Farbenzerstreuungs-Vermögen verschiedener Substanzen zu vergleichen davon ab, die Brechung eines jeden Farbenstrahles bestimmen zu können. Die Aufgabe war seit Newton ungelöst, und war in Exactheit für unlösbar gehalten. Für Fraunhofer scheinen aber Schwierigkeiten nur zu existiren um beseitigt zu werden, um Mittel und Waffen ist er nie verlegen.

Die neuen Experimental-Untersuchungen beginnt er mit dem Studium der Eigenschaften künstlichen Lichtes. Die Flammen von Weingeist, von Schwefel, von Dehl und Talglicht werden mit dem Prisma analysirt, durch zwischen geschobene gefärbte Gläser und gefärbte Flüssigkeiten wird versucht einfache Farben zu erhalten, aber in allen Fällen erscheinen mehr oder minder ausgedehnte Spectra mit Continuität der Farben. Doch macht er gleich hier eine folgenreiche Entdeckung, er bemerkt daß das Farbenbild des Dehllichtes durch eine helle scharf begrenzte Linie, die zwischen der rothen und gelben Farbe gelegen ist, sich charakterisirt. So genau und scharf ist der Beobachter, daß er auch sogleich feststellt, die glänzende Linie stamme nicht von dem glänzenden Theil der Flamme, der glühenden Kohle, sondern von dem minder leuchtenden unteren Saume der Flamme. Die helle Linie — man nennt sie jetzt die Natronlinie — dient ihm sofort zur Orientirung. Auf ein erstes Prisma läßt er von sechs Spaltöffnungen Licht fallen, das durch ein zweites Prisma ana-

lyfirt und mit einem Fernrohr aufgefangen wird. Er erhielt dadurch das prismatische Bild in sechs Parthieen getheilt, und kann hiernach die Wirkung verschiedener Glasforten schon scharf genug unter einander vergleichen, um seine Rechnungen zu vervollständigen und bessere achromatische Objective herzustellen.

Sein nächster Schritt ist dahin gerichtet in ähnlicher Weise das Spectrum des Sonnenlichtes in Parthieen abzutheilen, und der Analyse zu unterwerfen. Hier tritt ihm aber sogleich eine neue und eine der folgenreichsten Entdeckungen der physischen Optik entgegen. Durch eine schmale Spaltöffnung leitet er Sonnenlicht auf ein Prisma, und fängt die ausfahrenden Strahlen mit einem Fernrohr auf. Seine Absicht war zu untersuchen ob das Sonnenspectrum sich ähnlich wie das Spectrum des Vehllichtes durch eine, an unveränderlicher Stelle auftretende, helle Linie charakterisire. Der erste Blick ergab aber eine neue Erscheinung. Das Sonnenspectrum zeigte sich durch zahlreiche mehr oder minder feine dunkle Linien in ebenso viele Unterabtheilungen getheilt. Fraunhofer überzeuget sich sogleich durch mannigfaltige Abänderung der Versuche, daß das Auftreten der dunklen Linien nicht abhängt von der Natur des Glases, nicht abhängt von einer etwaigen Beugung des Lichtes in der Spaltöffnung, auch nicht abhängt von der Atmosphäre, sondern daß mit demselben eine neue Eigenschaft des Sonnenlichtes entdeckt ist, daß in dem Sonnenspectrum nicht alle Farben in Continuität vertreten sind, sondern daß ebenso viele fehlen als dunkle Linien in dem Spectrum sich unterscheiden lassen.

Die Aufgaben, die Fraunhofer verfolgte, sind Aufgaben der praktischen Optik. Die neue Entdeckung benützt er begreiflich wesentlich in dieser Richtung. Die dunkeln Linien sind ebenso viele Marken für bestimmte Stellen des Spectrums, und durch die große Zahl, in der sie auftreten, geben sie das kaum zu übertreffende Mittel ab die Brechbarkeit eines jeden Farbenstrahles einer jeden Substanz zu bestimmen.

Netzt erst konnte mit genügender Schärfe festgestellt werden, daß und in welcher Weise die Farben der Spectra nicht proportionale Ausdehnung besitzen, wonach von selbst klar ist, daß kein achromatisches Objectiv alle Farbenstrahlen nach einerlei Richtung hin brechen kann, daß die sekundären Spectra unter Anwendung nur zweier Gläser unvermeidlich sind. Auch hier ergreift Fraunhofer sogleich das passendste Auskunftsmittel die unvermeidlichen Farbensäume auf ein Minimum der Schädlichkeit einzuengen. Die Farben des Spectrums besitzen ungleiche Intensität. Berechnet man die Gläser der Art, daß die intensiveren Strahlen vereinigt werden, so sind die übrig bleibenden Farbensäume um so lichtschwächer, und hören auf selbst bei stärkeren Vergrößerungen nachtheilig zu wirken. Um die Verschiedenheit der Intensitäten des Lichtes in den einzelnen Theilen des Spectrums vergleichen und messen zu können versteht es Fraunhofer sogleich sein Beobachtungsfernrohr mit einem sinnreich eingerichteten photometrischen Apparat in Verbindung zu setzen.

Man würde eine sehr unrichtige Vorstellung von der Befähigung Fraunhofers zu Experimental-Untersuchungen sich bilden, wenn man glauben wollte, daß der eine Erfolg ihm genügte. Seinem Blick entgeht keine auch der s. g. Nebenerscheinungen, und namentlich dann nie, wenn sie zur Erreichung des Zieles, das er verfolgt, irgend wie dienlich sein kann. Sind die dunkeln Linien nur abhängig von der Natur des Sonnenlichtes und nicht abhängig von der Natur des brechenden Mediums, so hat doch die geringste Ungleichheit in der Beschaffenheit des Mediums eine Verzerrung und Verundeutlichung der Erscheinung zum Erfolg. Hiermit wurde aber die Fraunhofer'sche Entdeckung das feinste Mittel zur Prüfung der Homogenität der Gläser. Der Praktiker Fraunhofer überzeugt sich hierdurch sogleich von der Unvollkommenheit aller englischen und französischen Gläser, überzeugt sich also auch warum mit diesen Gläsern nur so geringe Erfolge erreicht werden, und warum sie zur Herstellung größerer Objective geradezu unbrauchbar werden.

Eine neue Aufgabe rückt hierdurch an ihn heran, eine chemisch technische Aufgabe, die Herstellung optischer Gläser von vollkommen gleichförmiger Beschaffenheit. Seine Versuche mit flüssigen Körpern hatten ihn belehrt wie störend kleine Temperatur-Differenzen auf die Schärfe der dunkeln Linien, also auch auf die Regelmäßigkeit der Farbenzerstreuung einwirken, wie durch die Mischung kälterer und wärmerer Flüssigkeitstheile eine Unhomogenität der Flüssigkeit eintritt. Es gab ihm dies einen Wink ab, was er wesentlich bei der Glasbereitung zu beachten hatte. Zwei Jahre ist er unablässig mit Versuchen beschäftigt, aber es gelingt ihm schließlich mit Sicherheit selbst das schwer zu erzeugende Flintglas in solcher Gleichförmigkeit herzustellen, daß bei Schmelzen von 4 Zentnern, Stücke von der Oberfläche oder vom Boden des Tiegels genommen, sich von gleicher Beschaffenheit des Glases zeigen.

Alle Vorbereitungen waren getroffen, die einen günstigen Erfolg in der praktischen Optik sichern konnten, und Fraunhofer säumte nicht zur Ausführung der Achromate zu schreiten, mit denen er weit Alles hinter sich zurückließ, was damals in dieser Richtung geleistet war, und was man unmittelbar zuvor für kaum erreichbar hielt. Selbst mit diesen Erfolgen begnügt sich nicht sein rastlos thätiger Geist. Kaum hat er das Werkzeug erfunden durch welches das Auge befähiget wird tiefer in den Weltraum einzudringen, so macht er sich vertraut mit den Aufgaben der beobachtenden Astronomie, und wie er bemerkt, daß es nicht allein darauf ankömmt kleine Räume am Himmel sichtbar zu machen, sondern die kleinsten Räume noch zu messen, so ist sein Erfindungsgeist erneuert in Thätigkeit, er rüstet das astronomische Fernrohr mit einer Reihe bewunderungswürdig feiner Meßvorrichtungen aus, und sichert Bequemlichkeit und Genauigkeit der Beobachtung noch dadurch, daß er den großen Refractoren, Refractoren von 1000 Pfund Gewicht, Bewegungsmechanismen beifügt, durch die das Fernrohr ohne Schwanken mit einer Stetigkeit dem

Sterne folgt, daß selbst bei den stärksten Vergrößerungen, wie Struve von dem dortater Refractor berichtet, man nach unbeweglichem Himmel zu sehen glaubt.

Man wird sich eine Vorstellung von der Leistungsfähigkeit der neuen Instrumente erst dann machen, wenn man daran erinnert um welche kleine Größen in der Messung es sich handelt. Seit Kopernikus war eine der Aufgaben, die der beobachtenden Astronomie zufiel, die Entdeckung der scheinbaren Bewegung der Fixsterne, welche als eine Folge der Bewegung der Erde in ihrer Bahn auftritt, d. i. die Feststellung der jährlichen Parallaxe der Fixsterne. Je entlegener die Fixsterne sind, um so kleiner muß der Betrag ihrer scheinbaren Bewegung sein, um so feiner und exacter müssen also auch die Meßwerkzeuge sein, die zu ihrer Entdeckung führen sollen. Die kopernikanische Wahrheit war freilich auch sonst längst außer allem Zweifel. Die Aberration des Fixsternlichts spricht sie in so deutlicher Sprache aus, daß selbst die hartnäckigsten Widersager verstummen mußten. War die Entdeckung der Parallaxe nicht mehr zur Bestätigung des kopernikanischen Satzes erforderlich, so war sie doch zu einem Prüfungsmittel für die Leistungsfähigkeit der Meßinstrumente geworden, und war in ihrer endlichen Feststellung das einzige Mittel zur Bestimmung der Entfernung der Fixsterne. Erst mit der Vollendung, welche Fraunhofer den astronomischen Instrumenten gab, war es möglich zur Lösung der Aufgabe vorzudringen, und erst jetzt konnte durch den deutschen Astronomen Bessel in Königsberg, den Reformator der beobachtenden Astronomie, an einem der Fixsterne der Betrag der Parallaxe festgestellt werden. Es ergab sich, daß die scheinbare Länge der Bahn, welche die jährliche Parallaxe von Bessel's Stern bildet, noch kaum den 76. Theil beträgt von der Dicke eines Kopfsaares, in der Entfernung des deutlichen Sehens betrachtet. Kopernikus war im Recht, aber die Grenzen des Ermesslichen mußten durch Verfeinerung der Instrumente auf Ent-

fernungen hinausgehoben werden, von welchen das Licht 10 Jahre braucht um zur Erde zu gelangen, und Fraunhofer's Instrumente waren es, die die Messung ermöglichten. Struve konnte in seinem Berichte über den dorpater Refractor mit der Sicherheit, die der Erfolg gewährt, sagen, daß das Werk von Fraunhofer das berühmteste der Spiegelteleskope an Schärfe der Messung und Mannigfaltigkeit der Anwendung weit hinter sich zurücklasse, und unbedingt als das vollkommenste Kunstwerk der Optik, welches bis dahin existire, zu bezeichnen sei. Denn er hatte mit demselben bei seinen berühmten Untersuchungen der Doppelsterne das Ergebnis der Beobachtungen von Herschel wesentlich erweitern können.

Ich habe hiermit nur die Erfolge Fraunhofer's in der praktischen Optik bezeichnet. In seinem 15. Lebensjahre sagte der arme Glaserlehrling zu Utschneider, der ihn aus Mitleid besuchte, er wolle praktischer Optiker werden, und er hat den Vorsatz zur That gemacht, denn er wurde der ausgezeichnetste Optiker, den bis hieher die Geschichte der Kunst zu nennen hat. Der Weg, den er betrat und die Bahn, die er durchschritten hat, zeigen aber zugleich, daß er als Forscher nicht minder genial wie als Erfinder ist. Nicht der Zufall hat ihn zur Entdeckung der physischen Eigenschaften des Sonnenlichtes geführt, denn man kann nicht sagen, daß nur einfach das Spectrum mit dem Fernrohr aufzufangen war, um die Entdeckung zu machen. Die methodische Analyse des Lichtes führte ihn methodisch zur Entdeckung. Nichts entging dabei seinem beobachtenden und Alles prüfenden Blicke.

Euler hielt den Achromatismus des Auges für eine ausgemachte Sache. Wie aber Fraunhofer bemerkt, daß je nach der Farbe mit der die Mikrometerfaden durch verschiedene Theile des Spectrums beleuchtet werden, eine verschiedene Stellung der Ocularlinse erforderlich ist, um sie mit gleicher Deutlichkeit zu sehen, so steht es für ihn fest, daß das Auge eben nicht achromatisch ist. Er schreitet auch sogleich zur Messung der Abweichungen der verschiedenen

Farbenstrahlen, und ist darauf bedacht bei der Berechnung der Objective auf die Farbenzerstreuung des Auges Rücksicht zu nehmen.

Die neu entdeckte physische Eigenschaft des Sonnenlichtes ist eine naheliegende Aufforderung das Licht anderer leuchtender Körper, der Planeten und der Fixsterne, in den Kreis der Untersuchung zu ziehen. Das Sonnenlicht zeigt immer die gleiche Zahl und in Betreff der Stärke auch die gleiche Ordnung der dunkeln Linien welche brechende Substanz man auch immer anwenden mag. Sie sind charakteristische Merkmale der Natur des Sonnenlichtes. Die Planeten sind nur sichtbar durch reflectirtes Sonnenlicht. Wenn sie es ungeändert reflectiren, so muß ihr Licht gleiche Zahl und Ordnung der dunkeln Linien zeigen. Die geringe Intensität des Sonnenlichtes und die noch geringere des Lichtes der Fixsterne erforderten die Erfindung neuer Hülfsmittel um die Erscheinung verfolgen zu können. Auch jetzt ist Fraunhofer um die Mittel nicht verlegen. Der Stern, ein leuchtender Punkt, gibt durch das Prisma betrachtet eine leuchtende Linie, in der eben weil es eine Linie ist, die Querstreifen nicht sich erkennen lassen. Fraunhofer bringt vor dem Objectiv des Fernrohrs ein Glas an auf der einen Seite plan auf der andern cylindrisch geschliffen, durch welches die Lichtlinie verbreitert wird, und sofort entdeckt er, daß das Licht der Venus die gleichen dunkeln Linien besitzt, wie das der Sonne, daß aber das Licht des Sirius durch mehrere glänzend helle und überhaupt durch ganz andere Linien sich charakterisire wie das der Sonne.

Seine Untersuchungen führen ihn noch einmal zum Lampenlicht zurück, zur Untersuchung der hellen Linie, die ihm beim Ausgang der Forschungen zur Orientirungslinie gedient hat. Unter Anwendung stärkerer Vergrößerungen erkennt er, daß es zwei helle nahe bei einander stehende Linien sind, die mit den dunkeln Linien des Sonnenspectrums, die er mit den Buchstaben D bezeichnet hatte, exakt zusammenfallen. Auch das elektrische Licht zieht er in den Kreis der

Beobachtung, und bestimmt die Lage der hell glänzenden Linien, die in dem Falle auftreten, in welchem das Ueberschlagen der elektrischen Funken von Messingkugeln längst einer Glasröhre hin erfolgt.

Es ist ein bei Publicationen wissenschaftlicher Arbeiten nicht selten gebrauchtes Verfahren sich nicht allein auf das zu beschränken, was man in Einzeluntersuchungen gewonnen hat, sondern auch noch gewisser Maßen Beschlag zu legen auf das, was sich daran anschließen könnte oder was man Willens ist einmal später in den Kreis der Beobachtung zu ziehen. Das Verfahren von Fraunhofer ist das entgegengesetzte. Am Schlusse seiner berühmten Abhandlung \*) sagt er ausdrücklich: „da der hier mit physisch optischen Versuchen eingeschlagene Weg zu interessanten Versuchen führen zu können scheint, so wäre sehr zu wünschen, daß ihm geübtere Naturforscher Aufmerksamkeit schenken.“ Und sein Wunsch sollte in Erfüllung gehen, wenn es auch 40 Jahre dauerte bis die geübteren Naturforscher kamen, bis Bunsen und Kirchhoff den Schritt machten, der die Ursache der dunkeln Linien des Sonnenlichtes aufdeckte, und der zur Entdeckung neuer Metalle der Erde und zur Entdeckung der chemischen Bestandtheile des entlegenen Sonnenkörpers und seiner Atmosphäre führte.

Noch ist der Bericht über Fraunhofer's Leistungen nicht zu Ende. Ein nur kurz zugemessenes Leben reicht ihm hin noch in einer andern Richtung die physische Optik durch eine Reihe der schönsten Entdeckungen zu bereichern, und in der unvergleichlichen Weise, mit der er in der Experimentalforschung zu Werke geht, zugleich die Erfahrungs-Constanten aus seinen Beobachtungen abzuleiten, die seither für alle theoretische Untersuchungen über die Natur des Lichtes zur Basis geworden sind. Er bestimmt die Wellenlänge der Farbenstrahlen in einer nicht übertroffenen Genauigkeit.

\*) Bestimmung des Brechungs- und Farbenzerstreuungs-Vermögens verschiedener Glasarten. Von Jos. Fraunhofer. Denkschriften der Akad. der Wissensch. in München. Für die Jahre 1814 und 1815.

Von den beiden Meinungen, die seit Newton und Huyghens über die Natur des Lichtes aufgestellt sind, von denen die eine dahin geht, daß das Licht in kleinen Körpertheilen bestehe, die von den leuchtenden Körpern aus emaniren, während nach der andern die Ursache des Lichtes, ähnlich wie beim Schalle, in Vibrationen gesucht wird, die auf ein elastisches Medium übertragen und durch dieses fortgepflanzt werden, war die der Emanationen durch mehr als 100 Jahre für die begründetere gehalten. Gewiß ist für den Anfang der Untersuchung jede Meinung gleich berechtigt. Nur eine Prüfung kann entscheiden welche die begründetere ist, und die Prüfung kann nur darin bestehen, daß man in mathematischer Schärfe die Folgerungen ableitet, welche aus den gemachten Annahmen oder Hypothesen hervorgehen, und zusieht ob jene Folgerungen in den Erscheinungen eine Bestätigung finden. In der Regel sind es indeß Entdeckungen neuer Erscheinungen, die zu solchen Prüfungen aufgestellter Hypothesen den Anstoß geben.

Grimaldi hatte im Jahre 1666 eine neue Modification des Lichtes entdeckt und beschrieben. Hätte man vor dieser Zeit gefragt, wie die Schattengrenze eines dunkeln, von Licht getroffenen, Körpers zu bestimmen sei, so war kein Zweifel daß man nach der geradenlinigen Fortpflanzung des Lichtes geometrisch die Schattengrenze construirt hätte. Niemand konnte daran denken, daß das Licht, wenn es an dem Rande eines Körpers vorübergeht, von seiner Richtung abgelenkt werde. Grimaldi bemerkt aber, daß wenn man in einen Lichtkegel, der gebildet wird durch Sonnenstrahlen, die durch eine kleine Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer geleitet werden, ein Haar oder einen schmalen Blechstreifen aufstellt, der Schatten weit breiter ist als nach dem geradlinigen Fortgang des Lichtes zu erwarten wäre, daß er von gefärbten Streifen eingefast ist, und daß selbst mitten im Schatten Lichtstreifen wahrgenommen werden. Fällt Licht auf eine schmale Spaltöffnung, so erfährt es ebenfalls eine

Ablenkung. Auf einem Blatt Papier aufgefangen erscheint die Spaltöffnung beträchtlich breiter und eingefast von parallelen Farbensäumen. Man hielt die Erscheinung unter dem Namen der Beugung des Lichtes fest.

Das letzte Buch der Optik Newton's ist der Beugung des Lichtes gewidmet. Er, der Feind jeder Hypothese, der auch an keiner Stelle seiner Optik sich über die Natur des Lichtes anders als frageweise ausspricht, ist um so mehr darauf bedacht die Erscheinung als solche zu prüfen, und das physische Gesetz, nach welchem sie auftritt festzustellen. Der Einfluß der Breite der Spaltöffnung auf die Ausdehnung und Zahl der Farbensäume, die eigenthümlich krummen Linien, in welchen die Rerter der Farbensäume mit successiver Entfernung des Papierschirmes von der Spaltöffnung verlaufen, und der Einfluß der Farbe des Lichtes, mit welcher man experimentirt, werden in acht newtonscher Weise erörtert. Er selbst bezeichnet indeß seine Untersuchungen als nicht abgeschlossen, findet aber, nachdem er seine bewunderungswürdigen Forschungen über Gravitation begonnen hat, keine Zeit mehr auf Fragen der Optik zurückzukommen.

Eine neue Eigenschaft des Lichtes war aufgefunden, also war Veranlassung gegeben von Neuem die Fragen über die Natur des Lichtes einer Prüfung zu unterwerfen. Newton der am Schlusse seiner Optik die Fragen aufwirft „Sind nicht die in der Brechbarkeit verschiedenen Strahlen auch in der Beugbarkeit verschieden, werden sie nicht durch die verschiedenen Beugungen von einander gesondert, und bringen dadurch die bunten Säume hervor? Wirken nicht die Körper schon in einiger Entfernung auf das Licht und beugen dadurch die Lichtstrahlen? . . . und geschieht nicht die Zurückwerfung, Brechung und Beugung durch ein und dieselbe Kraft, die sich unter verschiedenen Umständen verschieden äußert?“ hat entschieden nicht daran gedacht hiermit eine Erklärung der Erscheinung zu geben,

und hat noch weniger daran denken können, daß eine spätere Zeit das, was er als Fragen aufstellt, zum Dogma umstempeln werde. Die Stimmen von Huyghens und von Euler wurden überhört, und es dauerte noch lange, bis all die Vorbereitungen getroffen waren, die zu einer exacten Entscheidung nöthig erschienen. Erst Dr. Thomas Young, derselbe der mit Erfolg die Entzifferung der ägyptischen Hieroglyphen anbahnte, entzifferte auch die Hieroglyphen der Farbensäume im gebeugten Lichte.

Zwei Lichtstrahlen, die in einem Punkte zusammentreffen, sollten unter allen Umständen eine Helligkeit der Beleuchtung verursachen, die gleichkömmt der Summe der Helligkeiten der einzelnen Strahlen. Young zeigt, daß, wenn das Licht in Schwingungen begründet ist, dieser Ausspruch eine Einschränkung erleidet, daß es dann auf die Weglängen ankömmt, welche die Strahlen zurückgelegt haben, daß sie bei gewissen Wegdifferenzen sich auslöschen, bei andern sich verstärken müßten. Er begründet das, der Wellenbewegung eigenthümliche, Interferenzprincip und zeigt wie die Erscheinungen der Beugung des Lichtes sich unter Anwendung dieses Principes sehr wohl erläutern lassen. Das Interferenzprincip läßt sich an den Wasserwellen sehr augenfällig vorführen. Treffen Wellenberg und Wellenthal zweier gleicher Wellensysteme zusammen, so tritt Ebenheit des Wassers ein. Besteht das Licht in Wellenbewegungen, so sind zwei Lichtstrahlen zwei Wellensysteme, deren Oscillationen sich vollständig aufheben werden, wenn der Wellenberg des einen Strahles stets mit dem Wellenthal des andern zusammenfällt, es wird gerade in diesem Falle aus dem Zusammentreffen zweier Lichtstrahlen Dunkelheit hervortreten.

Die Beugungen des Lichtes waren erst mit sehr unvollkommenen Mitteln untersucht. Ein Blatt Papier, auf dem man die Erscheinung auffing, und eine Linse mit der man sie beobachtete, waren der ganze Meßapparat. Jetzt nachdem die theoretischen Forschungen

Young's zeigten, daß die Beugung des Lichtes nicht allein zu einem Prüfungsmittel der Hypothesen über die Natur des Lichtes werden könnte, sondern daß, wenn die Undulationstheorie sich bewahrheiten sollte, man durch exactere Messung der Beugung auch die Wellenlänge eines jeden Farbenstrahles finden müsse, war der Experimentalforschung eine neue für die physische Optik sehr wichtige Aufgabe zugefallen.

Fraunhofer hat diese Aufgabe aufgenommen, und hat sie in einer Weise durchgeführt, die für alle Zeiten ein Muster der Experimentalforschung sein kann. Wie Newton läßt er zunächst jede Hypothese zur Seite, und ist nur darauf bedacht das physische Gesetz der Erscheinung festzustellen. Das Werkzeug, das zur exacteren Beobachtung dienen sollte, hat er sich mit der großen Vollendung seiner Achromate selbst geschaffen. Die Beugungsspalte wurde unmittelbar vor dem Objective des Fernrohrs angebracht. Alles fremde Licht war hiermit vollständig ausgeschlossen, und die Farben säume traten in einer früher noch nie wahrgenommenen Schärfe und Klarheit auf, in der Mitte das ungebeugte Licht, und zu beiden Seiten symmetrisch die Spectra, von violett in der bekannten Ordnung zu roth übergehend. Unter Anwendung von einfarbigem Licht vereinfacht sich die Erscheinung, in der Mitte wird die verbreiterte Spaltöffnung wahrgenommen, und zu beiden Seiten treten abwechselnd helle und dunkle Zwischenräume in weiter Folge auf. Die Messungen können mit Leichtigkeit in größter Schärfe ausgeführt werden, das physische Gesetz der Erscheinung tritt klar hervor, und zeigt sich in diesem einfachsten Falle vollkommen im Einklang mit den Folgerungen des Interferenzprincipes. So weit erstreckt sich seine Untersuchung auf eine schon bekannte Erscheinung, für die er nur in größter Schärfe das physische Gesetz mit Hilfe einer, von ihm erdachten, Meßmethode feststellt. Mit dem nächsten Schritt geht er schon zu neuen Entdeckungen über.

Die Modification, die das Licht beim Durchgang durch eine einfache Spaltöffnung erfährt, wird sich in einer zweiten und dritten

und jeder folgenden Spaltöffnung, die mit der ersten parallel ist, wiederholen, und liegen die Spaltöffnungen so nahe neben einander, daß das Licht, welches von einerlei Quelle ausgeht, mehrere Spaltöffnungen zugleich trifft, so wird eine neue Modification in der Resultirenden aller Einzelwirkungen zu erwarten sein. Fraunhofer construirte Gitterapparate durch parallel aufgespannte Metallfäden, und in andern Fällen durch Linien, die er auf mit Gold belegten Glasplatten aufträgt, und endlich durch Linien, die er mit dem Diamant in einer Feinheit auf Glas zieht, daß 8000 auf einen Zoll gehen, und beobachtet und mißt die neuen Erscheinungen. Jeder Schritt ist von neuen Entdeckungen begleitet. Die Spectra der einfachen Spaltöffnung bezeichnet er als äußere Spectra, die Farben dieser Spectra mit einem Prisma analysirt zeigen sich als zusammengesetzte Farben. Mit Gittern von zwei, drei und vier Oeffnungen entdeckt er die innern Spectra, und unter Anwendung der feinsten Gitter mit den zahlreichen Oeffnungen treten die mittleren Spectra mit einfachen Farben und mit all den dunkeln Linien auf, die er bei der Brechung des Lichtes durch das Prisma entdeckt hat. Jede Erscheinung wird messend verfolgt und das empirische Gesetz der verwickelten Erscheinung wird nach allen Richtungen hin festgestellt. Die prachtvollen Erscheinungen gekreuzter Gitter, die Beugungen des Lichtes beim Durchgang durch Oeffnungen verschiedener Gestalt, die schillernden Farben, welche beim Durchgang des Lichtes durch den Bart einer Feder, sowie die Hölfe um Sonne und Mond, die beim Durchgang des Lichtes durch eine mit Nebelbläschen erfüllten Atmosphäre auftreten, nichts entgeht seinem Blick, und immer hat er das passendste Werkzeug zur Hand, um jede Erscheinung auch dem Maß nach zu bestimmen. \*)

\*) Neue Modification des Lichtes durch gegenseitige Einwirkung und Beugung der Strahlen, und Gesetze derselben. Von Jos. Fraunhofer. Denkschriften der Akad. der Wissenschaften in München, für die Jahre 1821 und 1822.

Erst nachdem all die Erfahrungsgesetze festgestellt sind, geht er zur Prüfung der Undulationstheorie über. Das Interferenzprincip führt zu Folgerungen, die thatsächlich in den Erscheinungen eine exacte Bestätigung finden, und da die dunkeln Linien der mittleren Spectra Anhaltspunkte geben für jede Stelle des Spectrums die Wegunterschiede der zusammentreffenden Strahlen zu messen, so gelingt es ihm mit fraunhofer'scher Genauigkeit die Wellenlänge jedes Farbenstrahles festzustellen. Jetzt erst ergibt sich die winzig kleine Größe der Oscillationen der Aethertheilchen, die die Lichterscheinungen bedingen, denn die ganze Wellenlänge des rothen Lichtes ist so klein, daß 150 dieser Wellen auf der Dicke eines Haares Raum haben, und das violette Licht hat eine Wellenlänge, die kaum die Hälfte der Aetherwellen des rothen Lichtes überschreitet.

Erinnert man sich daß Fraunhofer erst in seinem 20. Jahre vom Druck des Handwerkes erlöst wurde, und — füge ich gleich hinzu — daß ihm von hier an nur noch 19 Lebensjahre zugemessen waren, so möchte man wirklich den Ausruf wiederholen „man muß das Doppelte rechnen, Tag und Nacht“, und die Thätigkeit des Mannes erscheint immer noch staunenswerth, um so staunenswerther wenn man nach Uhschneider's Bericht hört, daß Fraunhofer sämmtliche, zum Zwecke seiner physisch optischen Versuche erfundenen, Instrumente eigenhändig ausgeführt hat, daß er ein optisches Institut leitete dessen Arbeiterzahl unter seiner Führung auf 50 gestiegen war, und dessen Geschäftskreis über ganz Europa sich ausdehnte.

Auch in seinem engeren Vaterlande und im Kreise der Befreundeten fehlte es dem ausgezeichneten Manne nicht an Anerkennung. Uhschneider hat ihn schon im Jahre 1809 vom Arbeiter zum Theilnehmer, und vom Theilnehmer zum Freunde herangezogen, er erkannte die Größe des Mannes, huldigte dem Talente, und belohnte es nach seinen Mitteln fürstlich, denn er beschenkte Fraunhofer gleich nach den ersten Jahren ihrer Verbindung mit einem Capital von 10000 Gulden.

Die höchste wissenschaftliche Stelle des Landes, die k. bayer. Akademie der Wissenschaften erwählte schon im Jahre 1817 Fraunhofer zu ihrem Mitgliede. Im Jahre 1823 wurde ihm die Stelle eines Conservators des physikalischen Kabinets der Akademie übertragen, und im Jahre 1824 nach Vollendung und öffentlicher Ausstellung des für Dorpat bestimmten Refractors wurde ihm von Sr. Maj. dem Könige Maximilian Joseph das Ritterkreuz des Civilverdienstordens der bayer. Krone zuerkannt. Auswärtige gelehrte Gesellschaften wetteiferten ihn zu ihrem Mitgliede zu ernennen, und die Universität Erlangen ehrte sich indem sie ihn zum Ehrendoctor ernannte.

Noch leben Manche, die es bestätigen können, daß der Charakter Fraunhofer's so hoch stand wie seine Leistungen. Ehrgeiz, Habgier, Eifersucht waren ihm fremd. Die Liebe zur Forschung war die einzige Leidenschaft, die ihn besetzte, und die ihn zu ununterbrochener Thätigkeit anspornte. Er ging — ein seltener Fall — ohne Feind durch das Leben. Ich weiß man hält es für ein zweifelhaftes Lob keinen Gegner zu besitzen, weil nur der Unbedeutende unbeachtet und unangefindet bleibe. Fraunhofer's Beispiel erlaubt zur Ehre der menschlichen Natur hinzuzusetzen, daß wirklich große Leistungen, wenn sie gar in der, einem Fraunhofer eigenthümlichen, anspruchslosen Form auftreten, mit Freuden aufgenommen werden und daß ihr Autor unangefindet bleiben kann. Doch beinahe hätte ich den schärfsten Kritiker Fraunhofer's übersehen, die Kritik die er selbst an seinen Werken ausübte. Man führt an, daß kein Instrument ohne die strengste und sorgsamste Prüfung abgegeben wurde. Er hatte den Hammer zur Hand, und jedes Glas, das in der Prüfung nicht genügte, verfiel dem Hammer.

Fraunhofer war noch durch eine Tugend ausgezeichnet, die man wohl nur bei wahren innern Gehalt antrifft, er war im höchsten Grad selbstlos und bescheiden. Es ist der Ausspruch eines unserer

hochverehrten Collegen, des Seniors unserer Universität, des früheren Arztes von Fraunhofer, daß ihm in einem langen Leben nie ein Mann von gleicher Anspruchslosigkeit und Bescheidenheit wie Fraunhofer begegnet sei. Und zu dem gleichen Schlusse kommt man, wenn man den schriftlichen Aufzeichnungen von Fraunhofer nachforscht. In der Einleitung zu seiner Abhandlung über Farbenzerstreuung, in derselben in der er seine Entdeckung der dunkeln Linien des Spectrum's vorträgt, sagt er wie entschuldigend: er mache die Untersuchungen bekannt, weil mehrere Gelehrte ihn dazu aufgefordert hätten. Wie oft findet man, daß Andere eine flüchtige Phantasie für eine mittheilungswerthe Entdeckung halten! Und seine meisterhaften Untersuchungen über Beugung des Lichtes schließt er mit der Versicherung, es werde ihm Belohnung genug sein, wenn er durch Bekanntmachung seiner Versuche die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf diesen Gegenstand gelenkt habe.

Im letzten Jahre seines Lebens wurden die Symptome eines Brustleidens, die schon längst die Freunde beunruhiget hatten, immer bedenklicher. Die Anlage dazu war nicht ererbt. Eine mühsame harte Jugend mag die ohnedies nicht starke Constitution geschwächt haben, aber gewiß ist daß nach den anstrengenden Arbeiten bei der Bereitung des Bleiglasfes, die ersten besorglichen Symptome auftraten. Er starb am 7. Juni 1826.

Der Magistrat der königl. Residenzstadt ehrte das Andenken Fraunhofer's indem er sich beeilte Hrn. v. Utschneider zu ersuchen freie Disposition wegen des Begräbnißplatzes und eines Monumentes zu treffen, und die Mitglieder der Akademie und die zahlreichen Verehrer des Verstorbenen, Männer aller Klassen und Stände, geleiteten den Mann zur Ruhestätte, dem ein kurzes Leben ausreichend war, seinem Vaterlande unvergänglichen Ruhm einzutragen und die Forschung und Erkenntniß in bewunderungswürdiger Weise zu fördern.

Im Rückblick auf die Lebensbahn dieses ungewöhnlichen Mannes wird es gewiß nicht an solchen fehlen, die es als einen glücklichen Zufall rühmen, daß Fraunhofer nach einer lebensgefährlichen Katastrophe mit Uhschneider bekannt wurde, und die es als ein weiteres Glück bezeichnen, daß Fraunhofer Gelegenheit erhielt, in das optische Institut von Uhschneider einzutreten. Unzweifelhaft würde ohne diese Zufälle der Weg Fraunhofers ein anderer geworden sein, aber ebenso unzweifelhaft würde eine Kraft, die mit solcher Energie zur Entwicklung strebt, durch einen andern s. g. Zufall ebenfalls zur Entwicklung gekommen sein. Die glücklichen Zufälle treten an jeden heran, aber nicht jeder ist darauf vorbereitet, sie zu ergreifen und zu nützen. Wer nicht versäumt in seinem Fach und nach seiner Sphäre sich wach und vorbereitet zu halten, für den werden die glücklichen Zufälle des Lebens nie ausbleiben. Nur der Träge wird vergebens auf das Glück warten, es geht an ihm vorüber, ohne daß er es erkennt oder nützen könnte.