

Hans Dieter Hellige

**Thesen zur Wirtschafts- und Technikgeschichte der
Glühlampe in Deutschland**

*Vortrag vor dem von Prof. Dr. Reinhard Rürup geleiteten
„Technikgeschichtlichen Colloquium“ der Technischen
Universität Berlin im Juni 1976*

I.

Nachdem in der westdeutschen Technikgeschichte lange Zeit die heroischen Erfindertheorien dominierten, bemüht man sich in den letzten Jahren verstärkt um eine "Sozialgeschichte der Technik", ohne daß es jedoch bisher gelungen ist, diese theoretischen Anstrengungen in erkennbarem Umfang in empirischen Untersuchungen umzusetzen. Wenn aber die begonnene Theorie-
debatte nicht unverbindlich bleiben soll, ist eine Vielzahl von Studien erforderlich, die die theoretischen Fragestellungen am empirischen Material konkretisieren. Einen Versuch hierzu unternehmen die folgenden Thesen, indem sie die Grundzüge der Entwicklung der Glühlampentechnik und -industrie in Deutschland von den Anfängen bis in die zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts herausarbeiten. Das Schwergewicht der Fragestellung liegt dabei auf der Interdependenz von technischer und ökonomischer Entwicklung, wobei die Wirkung des Patentwesens besonders berücksichtigt wird. Angestrebt ist die Herausarbeitung eines Verlaufsmodells des technischen Fortschritts in einer Branche mit einer ansatzweisen Differenzierung von Phasen beschleunigter oder verlangsamter Invention und Innovation des Produkts wie des Produktionsprozesses. Angesichts der begrenzten Materialgrundlage beanspruchen diese Thesen nicht zu allgemeinen Aussagen über Gesetzmäßigkeiten des technischen Wandels zu gelangen, sondern verstehen sich als analytische Vorarbeit hierzu. Erst die Einbeziehung der übrigen Produktionsbereiche der Elektrobranche und ein Vergleich mit dem Verlauf des technischen Wandels in anderen Branchen würde allgemeinere Aussagen zulassen.

Da es über die deutsche Glühlampenindustrie- und -technik im Unterschied zur amerikanischen, die A. A. Bright umfassend analysiert hat, weder eine wissenschaftliche Gesamtdarstellung noch nennenswerte Vorarbeiten dazu gibt, mußten eine Reihe von Fragen zurückgestellt bzw. konnten nur sehr provisorisch beantwortet werden. Das Problem der wissenschaftlichen Voraussetzungen und der Inanspruchnahme staatlicher Forschungskapazitäten wurde ebenso ausgeklammert wie die Frage der Vorleistungen anderer Technologien und Industrien. Da auch keine aufbereitete Patentstatistik vorliegt, sind Aussagen über den Zusammenhang von Konjunkturzyklen und technologischer Invention und Innovation wie sie Jacob Schmookler für eine Reihe amerikanischer Branchen gemacht hat, hier nicht möglich. Über die Veränderungen des Arbeitsprozesses und der Arbeitsorganisation wären außerdem zusätzliche Nachforschungen in den Archivalien der Glühlampenwerke von AEG, Siemens und vor allem Osram erforderlich. Auch aus Gründen der Materialerschließung verstehen sich die Thesen, die auf der Auswertung von Literatur, Geschäftsberichten und z.T. von Akten des Vorstandes und Aufsichtsrates von Siemens & Halske basieren, daher als eine Vorarbeit.

II.

Während die Beleuchtungstechnik von der Antike bis zur zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts nur minimale Fortschritte machte, entstand mit der Ausbreitung des Frühkapitalismus zunächst in England, dann auch in Frankreich und Deutschland ein starkes Bedürfnis, die traditionellen Beleuchtungsmittel Öllampe, Fackel und Kerze durch neue und bessere abzulösen. Sie waren zwar seit dem 17. Jahrhundert durch manufaktuelle Herstellung verbilligt und daher immer weiter verbreitet worden, für die Erfordernisse der industriellen Produktion reichten sie jedoch nicht mehr aus. Die Ausdehnung des Arbeitstages auf bis zu zwanzig, durch das Schichtsystem sogar auf vierundzwanzig Stunden und das Anwachsen der Städte bzw. neuen Industriezentren erforderte hellere und zugleich billigere, vor allem aber

weniger feuergefährliche Lichtquellen für Fabrikhallen, Kontore und für die Straßenbeleuchtung. Elektrizität kam als Beleuchtungsquelle Ende des 18. Jahrhunderts jedoch noch nicht in Frage, da ihre Anwendung und Nutzbarmachung noch in den Anfängen steckte. Das Interesse an einer neuen Beleuchtungstechnik konzentrierte sich deshalb ganz auf die chemischen Lichtquellen, vor allem auf das Gas- und das -Spirituslicht, seit Mitte des 19. Jahrhunderts dann auf die Petroleumlampe. In den deutschen Städten setzte sich während des 19. Jahrhunderts die - auf englischem Knowhow und Kapital basierende - Gaslichttechnik als wichtigste Beleuchtungsquelle durch. Zwar war das physikalische Phänomen, das der ersten elektrischen Beleuchtung zugrundeliegt, der Lichtbogeneffekt, bereits kurz nach 1800 von Humphrey Davy entdeckt worden, die ökonomische Auswertung scheiterte zunächst jedoch am Energieproblem: Reibungselektrizität und galvanische Elektrizität reichten für Beleuchtungszwecke nicht aus bzw. kamen aus Kostengründen nicht in Frage.

Erst die Entdeckung der Induktion durch Faraday (1831) und des elektrodynamischen Prinzips durch Werner Siemens (1867) schufen die Voraussetzungen, die die Nutzung des Lichtbogens für Beleuchtungszwecke ermöglichten. Wirtschaftlich wurde seine Anwendung allerdings erst, nachdem Jablochkoff das Problem der Reihenschaltung (1876) und Hefner-Alteneck die selbsttätige Nachregulierung der herunterbrennenden Kohlestifte durch Differentialschaltung (1876) gelöst hatten. Einer allgemeinen Einführung des Bogenlichts standen jedoch auch weiterhin große Hemmnisse im Wege: Die Lichtstärke ließ sich zunächst nur auf 1000, später dann 500 Hefnerkerzen reduzieren, was den Betrieb entsprechend verteuerte und nur für die Beleuchtung von Plätzen, Straßen und Theatern sowie anderen sehr großen Räumen geeignet machte. Die Bogenlampe blieb daher ein Luxusartikel oder aber eine öffentliche Lichtquelle, darüberhinaus diente sie vor allem als Fabrikbeleuchtung (Krupp ab 1876). Als normale Hausbeleuchtung blieben Gas- und Petroleumlampe nach wie

vor üblich, zumal die Industrialisierung der Lampenproduktion diese Lichtquellen verbilligt hatte. In Deutschland sicherte sich Siemens & Halske, die führende Firma der Schwachstromtechnik, aufgrund ihres technischen und kapitalmäßigen Vorsprungs ein Quasi-Monopol für das Bogenlicht, das erst Mitte der achtziger Jahre durch AEG und Schuckert gebrochen werden konnte. Mit dem Vordringen der Glühlampe verlor die Bogenlampe in den neunziger Jahren jedoch nach und nach an Bedeutung und verschwand schließlich vom Markt bzw. war nur noch als Spezialbeleuchtung gefragt. Durch Absprache zwischen den deutschen Unternehmen blieb die Produktion daraufhin fast ganz der Leipziger Firma Körting & Matthiesen überlassen.

III.

Die andere im 19. Jahrhundert bekannte Art der elektrischen Lichterzeugung, die Erhitzung fester Körper (Metall- und Kohlestäbchen bzw. -fäden) durch Strom bis zum Glühen, trat wegen des anfänglichen Erfolgs der Bogenlampe zunächst ganz in den Hintergrund. Obwohl diese Technik bereits 1838 durch den Belgier Jobard entworfen worden war und seitdem zahlreiche Erfinder, Ingenieure und Bastler in Europa und den USA beschäftigt hatte, scheiterte ihre kommerzielle Einführung an dem ungelösten Problem, die glühenden Materialien über längere Zeit vor dem Verdampfen zu bewahren. Die Entwicklung der Glühlampe als eine gegenüber dem Gaslicht konkurrenzfähige Innenbeleuchtung gelang bezeichnenderweise dort zuerst, wo der Erfindungsvorgang am weitesten verwissenschaftlicht und ökonomisiert worden war, in Edisons Techniker- und Wissenschaftlerpool. Wegen der hohen Entwicklungskosten arrangierte Edison sich mit einem Kreis von Kapitalgebern, vor allem der Western Union (Telegraphengesellschaft) und dem Bankhaus Drexel, Morgan & Co. Aus dieser Kooperation ging 1878 die mit einem Kapital von 300.000 Dollar gegründete Electric Light Co. hervor: Der Forschungs- und Entwicklungsprozeß selbst war hier als kapitalistisches Unternehmen organisiert. Edison mußte unter dem Druck seiner Kapitalgeber seine „Probieren-geht-über-Studieren-Methode“

aufgeben und den Mathematiker Francis Upton engagieren, der alle mit hohen Kosten verbundenen Experimente vorher durchzurechnen hatte. Die erstmals gezielte Anwendung des Ohmschen Gesetzes sowie die Behandlung der Beleuchtungsfrage als ein einheitliches System und gleichermaßen technologisches wie ökonomisches Problem verschafften der Edison Co. von vornherein einen Vorsprung gegenüber Wissenschaftlern und Erfindern, die sich nur um eine Verbesserung der Technik der Stromerzeugung bemühten oder isoliert nach einem geeigneten Glühstoff suchten. Zwar gab es auch schon vorher (Göbel) und gleichzeitig (Sawyer und Man sowie Swan) Kohlenfadenlampen, jedoch kein so komplettes Karbonisierungsverfahren und Verteilersystem.

Trotz dieser technischen Überlegenheit versuchten Edison und seine Geldgeber zunächst auf juristischem Wege, über Patentanmeldung, die Konkurrenz auf dem Glühlampensektor auszuschalten, Damit lösten sie allerdings nur eine Kette von Patentstreitigkeiten aus, denn die anderen Glühlampenproduzenten ließen sich keineswegs kampflos vom Markt verdrängen. Da sich angesichts der langwierigen Prozesse das absolute, auf einer staatlichen Patentgarantie beruhende Monopol nicht durchsetzen ließ, bemühte sich die Edison-Gesellschaft um einen *ökonomischen* Vorsprung vor den Konkurrenten. Durch konsequente Umstellung der Glühlampenherstellung auf Massenproduktion wurde der Preis von 1,20 Dollar auf 30 Cents reduziert. Die durch die Umgehung der Patente und Parallelpatente entstandene Konkurrenz erzwang somit sowohl ökonomische als auch technologische Innovationen. Hätte sich das Patentmonopol Edisons durchsetzen lassen, wäre die technologische Entwicklung und Verbreitung der elektrischen Beleuchtung mit Sicherheit verzögert worden. Die nach einer kurzen Phase offener Konkurrenz einsetzende Konzentration und Zentralisation (1892 Gründung der General Electric Company GEC), 1897 Kooperation GEC-Westinghouse) zeigt dann, daß es gelang, die Monopolisierung über Patente durch ökonomische Monopolisierung zu ersetzen.

IV.

Die Anfänge der Glühlampenproduktion in Deutschland beruhen fast ausschließlich auf technologischem Transfer aus den USA. Anfang 1883 bemühte sich Siemens & Halske um ein Arrangement mit den Edison-Gesellschaften zwecks Monopolisierung und auch der im gleichen Jahr abgeschlossene Vertrag mit der Deutschen Edison Gesellschaft (DEG, später AEG) verfolgte monopolistische Absichten: außer AEG und Siemens & Halske sollten nur die Lizenznehmer Schuckert und Heilmann, Ducommun & Steinlen/ Mülhausen in den Genuß der Edisonpatente gelangen. Der revidierte Vertrag der AEG mit Siemens & Halske (1887) sah im Bedarfsfall eine Preisfestsetzung für Glühlampen vor. Im Zusammenhang mit der Konsolidierung der amerikanischen Edison-Firma (1886/89) wurde sogar von einem Weltkartell gesprochen (Villard-Plan). Die DEG wehrte sich zwar in mehreren Patentprozessen erfolgreich gegen die Swan-United Edison Light Co. und gegen Patentumgehungen in Deutschland, doch zogen sich die Prozesse auch hier sehr lange hin, so daß auch die DEG auf die entstandene Konkurrenz ökonomisch reagieren mußte.

Sie ging vom 5 Mark-Preis ab, erwarb wichtige Zusatzpatente (Maxim-Weston-Patente), arrondierte ihr Produktionsprogramm und errichtete ein eigenes Laboratorium. 1885 erwarb sie in Anlehnung an amerikanische Methoden „Einrichtungen für Spezialfabriken“. Durch Massenherstellung und Verwendung von ungelernten Arbeitskräften, vor allem von Frauen, wurde der Preis weiter gedrückt und die Konkurrenz von Nachahmung abgehalten. Nach dieser Umstellung konnte die DEG sogar dazu übergehen, weitere Lizenzen zu vergeben. Die faktische Aufhebung des Patentmonopols forcierte somit die technologische Verbesserung des Produkts (Zellulose statt Bambusfaden sowie ein neues Karbonisierungsverfahren), vor allem aber auch die Optimierung des Herstellungsprozesses. 1899 gelang es dann, eine verbesserte Kohlenfadenlampe zu entwickeln, die - bei gleicher Lebensdauer - 20% weniger Strom brauchte. Zusätzlich wurden im Rahmen einer Erweiterung der Glühlampenfabrik die

Herstellungskosten durch "Neuerungen" (Geschäftsbericht) wiederum gesenkt. Wie in den USA brachten Patentumgehung und Parallelpatente demnach auch in Deutschland auf dem Glühlampensektor eine Phase offener Konkurrenz hervor, in der vermehrt Fortschritte der Produkt- und Produktionsverbesserung erzielt wurden.

V.

Das Vordringen der Glühlampe zwang die bis 1880 den Markt beherrschende Gasbeleuchtungsindustrie ihrerseits zu verstärkten Forschungsaktivitäten. Nach intensiven Bemühungen, die Leuchtstärke des Gases zu erhöhen, gelang dem österreichischen Chemiker Karl Auer von Welsbach, einem Schüler Bunsens, 1885 die Entdeckung des Gasglühlichtes, womit er die Gasindustrie vor dem Ruin bewahrte. An der Entwicklung des Glühstrumpfes hatten sich auch die Brüder Pintsch beteiligt, vor allem Julius Pintsch, dessen Gasbeleuchtungsfirma durch die Kohlenfadenlampe in große Schwierigkeiten geraten war. 1892 kam der Glühstrumpf durch die im gleichen Jahr gegründete Deutsche-Gas-Glühlicht Gesellschaft (Auer-Gesellschaft/Berlin) auf den Markt und machte der Glühlampe schon bald erfolgreich Konkurrenz. Die Geschäftsberichte der Kohlefadenhersteller beklagten ab 1892 unisono den Niedergang bzw. Preisverfall und die relative Stagnation ihres Marktes. Da Anschaffungspreis und Verbrauchskosten des Gasglühlichtes wesentlich günstiger waren, wurden die Glühlampenproduzenten zu weiteren Verbesserungen ihres Produkts sowie zu Preisreduzierungen gezwungen.

Angesichts dieses Preisverfalls vereinbarten die Glühlampenfabrikanten 1894 auf einer Krisenkonferenz einen festen Verkaufspreis. Bezeichnenderweise gelang es im gleichen Jahre einem Abnehmerkartell, dem „Verband der Zentralstationen“, eine gewisse Vereinheitlichung der Sicherheitsvorschriften durchzusetzen. Der im Jahr darauf beginnende Wirtschaftsaufschwung sowie die in großen und mittleren Städten immer häufiger praktizierte gleichzeitige Lieferung von Licht-,

Kraft-, und Bahnstrom und ein verstärkter Export brachten das Preiskartell jedoch schon bald zu Fall. AEG und Siemens & Halske erweiterten ihre Glühlampenfabriken ab 1895 sogar wieder, bei der AEG scheint dies 1895/96 allerdings zu einem hohen Kapazitätsüberhang geführt zu haben, der erneut Rationalisierungen veranlaßte: die leicht steigende Produktion wurde nicht mehr von 1000, sondern nur noch von 750 Arbeitern bewältigt. In den folgenden Jahren konnten rückläufige Preise durch Massenkonzunktur mehr als kompensiert werden. 1896/97 brachte die AEG dann eine Anzahl neuer Modelle auf den Markt: Lampen mit höherer Spannung und größerer Lichtausbeute – Entwicklungen, die als Resultat der Forschungsbemühungen nach 1892 angesehen werden müssen. Allerdings vermochten sie es nicht, die geringere Wirtschaftlichkeit der Kohlefadenlampe gegenüber dem Glühstrumpf zu kompensieren. Langfristig zwang die Substitutionskonkurrenz der Gasindustrie die Elektrofirmer daher zu grundlegenden Produktionsinnovationen.

VI.

Als es dem Göttinger Chemiker Walter Nernst 1897 gelang, das von Auer verwandte Glühmaterial der seltenen Erden auch für die elektrische Glühlampe nutzbar zu machen, sicherte sich die AEG daher umgehend die Patente. Die Nernstlampe verringerte den Stromverbrauch pro Hefnerkerze auf 2 Watt, während die Kohlefadenlampe 3,5 Watt benötigte. In den Jahren 1898 bis 1900 wurde die Nernstlampe im Chemischen Institut der Universität Göttingen – also auf Staatskosten – und einem Laboratorium der AEG produktionsreif gemacht und auf der Pariser Weltausstellung von 1900 vorgestellt, so daß sie noch während der Gründerkrise auf den Markt kam. Da die AEG bestrebt war durch dieses neue Produkt ihren Anteil am reduzierten Anlagenbau zu erhöhen, wollte sie die Nernstlampe nicht als Handelsartikel herausbringen, sondern nur in Kombination mit eigenen Zentral- bzw. Blockstationen und war zunächst auch nicht bereit, sie in die seit 1900 laufenden Kartell- bzw. Geheimkartellverhandlungen miteinzubeziehen. Als Gegenleistung für das

im März 1900 zustandegekommene Trioabkommen im Starkstrombereich forderte Siemens jedoch die kostenlose Patentlizenz für das neue Produkt. Als Siemens mit der Sprengung dieses Submissionskartells drohte, erklärte die AEG sich zu einem Entgegenkommen zwar bereit, zögerte die Verhandlungen jedoch hinaus, um das Faustpfand bei den Quotenkämpfen im Anlagengeschäft nicht vorzeitig aufzugeben, zumal Siemens die eigene Entwicklung einer neuen Glühlampe noch nicht abgeschlossen hatte und auf eine Verständigung daher angewiesen war.

VII.

Siemens hatte seit dem ersten Vertrag mit der DEG von 1883 eine zunächst bescheidene, sich dann aber rasch ausdehnende Kohlefadenlampenproduktion begonnen, aber für die technologische Entwicklung bis auf wenige Neuerungen bei der Kohlefadenherstellung nichts beigetragen. Auf den "Glühlichtschock" reagierte Wilhelm v. Siemens 1896 jedoch mit der Einrichtung eines besonderen Forschungslaboratoriums, dessen Leiter der Chemiker Werner Bolton wurde, Sohn eines Direktors des konzerneigenen Kupferbergwerks. Parallel zu Nernst erforschte er die seltenen Metalle mit hohen Schmelztemperaturen, insbesondere das Tantal. Die Herstellung einer Tantallampe gelang indessen erst 1903, marktfertig wurde sie 1905. Da die Tantallampe jedoch nur einen Energieverbrauch von 1,5 Watt pro Hefnerkerze hatte, verdrängte sie die Nernstlampe der AEG sehr schnell, die außer höherem Stromverbrauch auch noch den Nachteil hatte, daß für das Vorwärmen des Glühdrahtes eine komplizierte und teure Konstruktion erforderlich war.

VIII.

Die Auer-Gesellschaft blieb angesichts der verstärkten Forschungsaktivitäten der großen Elektrofirmer seit der Mitte der neunziger Jahre nicht untätig. Auer v. Welsbach selbst untersuchte weiterhin systematisch die Glüheigenschaften der seltenen Metalle und Erden und ein Jahr nach Nernsts Patentanmeldung gelang ihm 1898 die Entwicklung der elektri-

schen Osmium-Glühlampe, die wie die Tantallampe einen Wattverbrauch von 1,5 pro Hefnerkerze hatte und eine Nutzbrenndauer von 1000 Stunden. Nachdem das Problem der industriellen Herstellung des Osmium-Glühdrahtes aus pulverisiertem Osmium gelöst war, konnte die Auer-Gesellschaft 1902 mit der Osmium-Lampe auch auf den Glühlampenmarkt vordringen, der bisher von den großen Elektrofirmer beherrscht worden war. Ihr Vorteil gegenüber der Nernstlampe war, daß sie unmittelbar nach dem Einschalten aufglühte. Die Tantal-, vor allem aber die Wolframlampe waren ihr allerdings überlegen, so daß sie 1906 schon wieder vom Markt verschwand.

IX.

Daß Wolfram als Glühstoff so spät untersucht wurde, beruht auf reinen Zufällen. Auer und Bolton hatten diesen Stoff beim Durchprobieren der seltenen Metalle schlicht vergessen. In den Laboratorien der Glühlampenfabriken war zwar intensiv geforscht, jedoch keine systematische Grundlagenforschung in der Metallurgie betrieben worden. Kurz nach der Entwicklung der Osmiumlampe gelang es Auer jedoch, das Wolfram entsprechend aufzubereiten, so daß bereits 1905 eine - wenn auch unvollkommene, weil sehr stoßempfindliche - Wolframlampe auf den Markt kam. Die AEG, die wegen der anfänglichen Erfolge der Nernstlampe die Metallfadenlampe zunächst vernachlässigt hatte, und GEC konzentrierten ihre Forschungskapazitäten nun voll auf das Problem der Wolframdrahtherstellung. Das von dem Österreicher Hans Kuzel entwickelte Verfahren zur Herstellung fester Glühdrähte aus Wolframpulver, das sich die Pintsch AG/Berlin 1906 gesichert hatte, konnte die AEG schon bald verbessern und dadurch das Patent umgehen. 1909 gelang der GEC die Erfindung des mechanischen Walzverfahrens, das die AEG 1910 in Lizenz übernahm. Im folgenden Jahr erwarb die GEC von William Coolidge das Patent für das technisch und ökonomisch weniger aufwendige Ziehen von stabilem Wolframdraht. Von diesem Patenterwerb und den übrigen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der größten amerikanischen Starkstromfirma profi-

tierte in Deutschland vor allem die AEG, die bei der Fusion mit der Union Elektrizitäts-Gesellschaft Ende 1903 die Anteile der zur GEC gehörenden Thomson Houston Co. mit übernahm und bei dieser Gesellschaft einen umfangreichen Kooperationsvertrag mit der amerikanischen Muttergesellschaft abgeschlossen hatte. 1909 kam es allerdings auch zwischen GEC und Auer-Konzern zu einem Erfahrungsaustausch über die Wolframdrahtherstellung.

Auch Siemens, wo man wegen des beharrlichen Widerstandes von Bolton lange an der Tantallampe festgehalten hatte, suchte schließlich Anschluß an die GEC. Der Versuch eines Patenttausches Tantal gegen Wolfram im Jahre 1906 scheiterte allerdings wegen der engen Kooperation von GEC und AEG. Erst nachdem Siemens & Halske selbst eine Wolframlampe entwickelt hatte, die sogenannte Wotanlampe, kam es zu ernsthaften Verhandlungen, die 1911 mit dem Abschluß eines Patentpools zwischen AEG, Siemens & Halske und der Auer-Gesellschaft endeten: keiner der maßgeblichen Produktionsfirmen war es gelungen die eigene Metallfadenlampe im Alleingang durchzusetzen, vielmehr hatten sich die Hauptkonkurrenten durch die Patentierung von Teilverbesserungen des Produktes und des Herstellungsverfahrens gegenseitig blockiert und den entscheidenden Durchbruch der Glühlampe dadurch verhindert.

Erst als um 1910 der Glühlampenabsatz zu stagnieren begann, da die schon totgeglaubte Gasbeleuchtung nach der Erfindung des Preßgasprinzips sich erneut als ernstzunehmende Konkurrenz bemerkbar machte, und nachdem sich zwischen den großen Firmen ein neuer Patentkrieg abzeichnete, der wie beim Streit um die Edison-Glühlampe womöglich zusätzliche Anbieter auf den Plan gerufen hätte, schlossen sich AEG, Siemens und die Auer-Gesellschaft am 15. März 1913 zu einer Patentinteressengemeinschaft zusammen, die die gesamte Glühlampenproduktion betraf. GEC war durch Kooperationsvertrag indirekt beteiligt. Alle von den Poolmitgliedern erzielten technischen Verbesse-

rungen wurden nun unmittelbar und kostenlos den Partnern zugänglich gemacht: vor allem die von Irving Langmuir 1913 für die GEC entwickelte stickstoffgefüllte Wolframlampe, die höhere Glühtemperaturen und damit eine höhere Lichtausbeute zuließ; ebenso die Parallelentwicklung der AEG, die von Ernst Friedrich konstruierte "Nitralampe", sowie schließlich die von Langmuir und Friedrich 1913 gleichzeitig erfundene Wendelung des Glühdrahtes, die zusammen mit dem Übergang von der Vakuumtechnik zur Gasfüllung den Stromverbrauch der Wolframlampe von 0,8 auf 0,5 Watt pro Hefnerkerze senkte.

Für den technischen Fortschritt auf dem Glühlampensektor wirkte sich der Abschluß der Interessengemeinschaft zunächst sehr positiv aus, da sich nun Forschungs- und Entwicklungspotentiale der größten Firmen der Branche gegenseitig ergänzten. In der Absicht, das Glühlampengeschäft ein für alle Mal zu monopolisieren, ließen die Firmenleitungen den noch auf scharfe Konkurrenz eingestellten Forschungs- und Entwicklungsabteilungen freie Bahn und veranlaßten, ohne die Amortisierung früherer Entwicklungskosten abzuwarten, die sofortige Weitergabe von technischen Verbesserungen an den Markt. Der neue Block begnügte sich jedoch nicht mit seinem erdrückenden technischen und ökonomischen Vorsprung. Durch einen großangelegten Prozeß, den die AEG als formelle Inhaberin der Patente für gezogenen Wolframdraht 1912/13 mit Unterstützung der übrigen Mitglieder führte, wurden die noch verbliebenen Konkurrenten ausgeschaltet: 16 Firmen waren gezwungen, ihre Betriebe zu schließen oder aber Lizenzen bei der AEG zu erwerben (als einzige Firma erhielten zunächst jedoch nur die Siemens-nahen Bergmann-Electricitätswerke eine Lizenz). Nur die Pintsch AG/Berlin war als Inhaberin des Kuzel-Patents und des 1913 patentierten Thoriumoxyd-Verfahrens von dem Urteil nicht betroffen. Die Patentierung, die eigentlich eine Amortisation der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten *einzelner* Erfinder und Firmen durch die Gewährung eines temporären Nutzungsmonopols ermöglichen und weiteren technischen Fortschritt dadurch för-

dern sollte, wurde hier vielmehr dazu benutzt, den durch die Interessengemeinschaft bereits erzielten technologischen und ökonomischen Vorsprung endgültig abzusichern und auszubauen, indem konkurrierende Erfindungen und Entwicklungen außerhalb des Pools durch den Ausschluß von einem grundlegenden Patent vom Markt gefegt bzw. von vornherein verhindert wurden.

X.

Die endgültige Marktstruktur dieses Produktionszweiges und damit die entscheidende Rahmenbedingung für den technischen Fortschritt ergab sich jedoch nicht allein aus der Substitutionskonkurrenz mit dem Gasglühlicht und der internen Konkurrenz der Glühlampenbranche, sondern wurde entscheidend durch die konjunkturelle und strukturelle Entwicklung der gesamten Elektroindustrie geprägt, insbesondere durch den Verlauf der umfangreichen Konzentrations- und Zentralisationsbewegung, die der großen "Elektrokrise" von 1900-1903 folgte.

Nach dem Telegrafie- und Telefonboom hatte der ungewöhnliche, von der allgemeinen Konjunktorentwicklung kaum tangierte Aufschwung der Starkstromtechnik in den neunziger Jahren zu einer gewaltigen Überakkumulation geführt, die sich in der zweiten Hälfte des Jahres 1900 in der „Gründerkrise“ dieser Branche entlud. Die AEG und ihr folgend auch Siemens hatten sich bereits seit 1897 auf die Krise vorbereitet. Beide Firmen nahmen außergewöhnlich hohe Abschreibungen vor (die AEG, deren Generaldirektor Emil Rathenau seit dem Konkurs der eigenen Maschinenfabrik im "Gründerkrach" von 1873 in permanenter Krisenangst lebte, wies sogar nur 50% der Gewinne im Geschäftsbericht aus) und wandten sich angesichts der drohenden Stagnation des Anlagengeschäftes neuen oder anderen Produktionszweigen zu, vor allem der Kabelproduktion, der Dampfturbinenherstellung, der Eisen- und Kupferverarbeitung sowie der Automobilfabrikation. Gezielter und effektiver als die anderen mit Liquiditätsschwierigkeiten kämpfenden Elektrofirmen stiegen AEG und Siemens auch in das sichere Behörden-

geschäft ein, speziell auf dem Eisenbahn- und Rüstungssektor (Bahnelektrifizierung, elektrische Ausrüstungen für Kriegsschiffe sowie drahtlose Telegrafie für Heer und Marine). Rechtzeitige Diversifikation und eine höhere Staatsquote verschafften so der AEG und - mit Einschränkung - auch Siemens beim Ausbruch der Krise im Sommer 1900 eine günstigere Ausgangsposition zu ihrer Bewältigung.

Nach dem Konkurs des Dresdener Kummer-Konzerns begann die AEG mit einer gezielten Schleuderkonkurrenz, die sie über einen Großkredit ihres Bankenkonsortiums finanzierte. Ganze Stellwerke lieferte sie für den symbolischen Preis von 1 Mark. Auch der Glühlampenpreis wurde mehrmals reduziert (Durchschnittspreis 1896: 0,60 M, 1898: 0.51 M, 1900: 0,45 M, 1902: 0.40 M, 1903: 0.36 M). Emil Rathenau drohte 1901 damit, den Preis der Kohlenfadenlampe für drei Jahre auf 20 Pfennig zu senken, um damit nach Ausschaltung der übrigen Konkurrenz mit Siemens & Halske sowie der Pintsch AG eine Verständigung anzustreben. In der Folgezeit wurde die Frage der Monopolisierung des Glühlampenmarktes aber Bestandteil der großen Kartelldebatte, die die maßgebenden Starkstromfirmen hinter verschlossenen Türen führten. Den weitestgehenden Vorschlag machte Walther Rathenau (AEG). Er wollte die Union Elektrizitäts-Gesellschaft, den Lahmeyer-Konzern sowie die Firma Helios verschmelzen bzw. liquidieren und die verbleibenden Großunternehmen AEG, Siemens & Halske sowie Schuckert dann unter einer Dachgesellschaft, der „Vereinigten Elektrizitäts-AG“, zusammenschließen, die die Arbeitsteilung zwischen ihnen und den Vertrieb organisieren sollte. Die der AEG und Siemens vorbehaltene Glühlampenfabrikation wäre nach diesem Plan zu *einem* Unternehmen verschmolzen bzw. gegebenenfalls als selbständige Unternehmung konstituiert worden. Dieses Konzept einer Einheitsgesellschaft der deutschen Elektroindustrie fand jedoch nicht die Billigung des AEG-Vorstandes, vor allem nicht ihres Generaldirektors Emil Rathenau, der lediglich zu partiellen Absprachen bereit war und im übrigen auf den Ruin der Mehrzahl der Konkurrenten vertraute. Aber

auch die Familie Siemens war gegen umfassende Zentralisierungspläne, da sie eine Minderung ihres Einflusses in der Firma befürchtete. Es kam daher zu keiner gemeinsamen Aktion zur Umstrukturierung des Elektromarktes. Siemens überließ der AEG die Initiative beim Ankauf bankrotter Unternehmen, zog dann aber jeweils nach, um das annähernde Gleichgewicht zwischen den beiden größten Firmen nicht zu gefährden.

Obwohl sie Konkurrenten blieben, einigten sich AEG und Siemens gegenüber dritter Seite bzw. gegenüber dem Fiskus immer wieder auf ein gemeinsames Vorgehen und legten auf Teilmärkten ihre Produktionskapazitäten im Interesse monopolistischer Marktherrschaft sogar zusammen, so z. B. die Akkumulatoren-Herstellung, die Produktionsbereiche der drahtlosen Telegrafie und auch Teile der Glühlampenproduktion. Die Glaskolben der Glühbirnen wurden von 1908 an in einem Gemeinschaftsunternehmen gefertigt, den Vereinigten Lausitzer Glashüttenwerken, und Fabriken der einen Firma produzierten gelegentlich auch für die andere, so daß es immer wieder vorkam, daß AEG-Kohlefadenlampen eigentlich Siemens-Erzeugnisse waren und umgekehrt. Voraussetzung hierfür war die starke Angleichung der Herstellungsmethoden und die Normierung und Standardisierung der einzelnen Glühlampenserien. Der völlige Zusammenschluß scheiterte jedoch, da keine Einigung über die Quoten erzielt werden konnte. Siemens strebte den Ausbau der Glühlampenproduktion an und beanspruchte daher einen höheren Marktanteil als dem Umsatz entsprach. Um dieser Forderung Nachdruck zu verleihen, arrangierte Siemens sich mit den übrigen Firmen, und es kam 1903 - zum Bedauern der AEG, die die anderen Produzenten lieber ausgeschaltet hätte - zur Bildung eines Syndikats der Kohlefadenlampenhersteller, der „Verkaufsstelle Vereinigter Glühlampen-Fabriken GmbH“, in der AEG und Siemens aufgrund ihres großen Marktanteils (je 24,08%) und durch Absprachen dann aber doch gemeinsam die Geschäftspolitik bestimmten.

XI.

Die Syndizierung des Kohlefadenlampenmarktes blieb nicht ohne Folgen für den technischen Fortschritt in diesem Bereich. Da die Kontingentierung die Möglichkeit, Gewinne durch Mengenkonzunktur zu erzielen, erheblich einschränkte, konnten höhere Profite fast ausschließlich von der Senkung der Herstellungskosten erwartet werden. AEG und Siemens rationalisierten ihre Glühlampenproduktion daher in einem bisher nicht gekannten Ausmaß. Die bereits im Geschäftsjahr 1902/03 bei leicht steigender Produktion verminderte Arbeiterzahl im AEG Glühlampenwerk konnte 1903/04 bei steigendem Produktionsausstoß halbiert werden (von 1400 auf 793) und wurde 1905/06 nochmals gesenkt. Erst danach nahm die Zahl der Beschäftigten bei stark wachsender Produktion - eine Folge der Ausschaltung eines Teils der Konkurrenz - wieder zu. Die drastische Erhöhung der Arbeitsproduktivität wurde durch die Einführung neuer Spezialmaschinen und eine Umorganisation des Arbeitsprozesses erreicht. Die AEG baute sogar eine ganz neue Fabrik, die Ende 1905 die Produktion aufnahm. Siemens erweiterte das aus dem Jahr 1899 stammende Glühlampenwerk in dieser Zeit um das Fünffache und setzte dabei ebenfalls durchgängig Spezialmaschinen ein, die zum großen Teil im Werk selbst konstruiert worden waren. Auch nach der Umstellung war der Produktionsprozeß jedoch weder als Fließfertigung organisiert noch durchgängig mechanisiert. In der Fußmacherei, Einschmelzerei, dem Pumpensaal, der Sockelei und dem Photometersaal wurden zwar überwiegend Maschinen eingesetzt, die Herstellung der Gestelle und das Spannen der Glühdrähte geschah jedoch nach wie vor in Handarbeit. Allerdings war auch dies keine qualifizierte handwerkliche Arbeit mehr und wurde ebenfalls fast ausschließlich von ungelernten, meist weiblichen Arbeitskräften erledigt.

Außer der stärkeren Mechanisierung und Arbeitsteilung des Produktionsprozesses förderte die Syndizierung des Glühlampenmarktes aber auch eine Verlagerung der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auf neue, nicht kontingentierte Lampen-

typen. Die Bemühungen um eine sparsamere, dauerhaftere Glühbirne mit höherer Lichtausbeute waren zwar primär durch die Substitutionskonkurrenz zur Gasbeleuchtung motiviert. Die - in einer Zeit vermehrter Zusammenschlüsse auf dem Starkstromsektor - außerordentlich harte Konkurrenz der großen Firmen um die Nernst-, Osmium-, Tantal- und Woframlampe muß jedoch auf dem Hintergrund der Festschreibung des Kohlefadenlampenmarktes gesehen werden. Da eine Überziehung der Syndikatsquote nicht möglich war bzw. zu Konventionalstrafen führte, beschleunigten die Glühlampenhersteller ihre Neuentwicklungen und bevorzugten die neuen Typen auch in Werbung und Vertrieb. Die Metallfadenlampen gewannen in den Jahren vor dem Ersten Weltkrieg schließlich so sehr an Bedeutung, daß die großen Firmen 1914 auf eine Verlängerung des Kohlefadenlampensyndikats endgültig verzichteten.

Die Konkurrenz zwischen AEG, Siemens & Halske und Auer auf dem Wolframlampenmarkt hielt - ungeachtet ihrer Patentgemeinschaft seit 1911 und ihres gemeinsamen Vorgehens gegenüber Dritten - bis zum Kriegsende unvermindert an. Verhandlungen über ein Preiskartell mit Kontingentierung waren wieder an der Quotenfrage gescheitert. Erst 1919 gelang nach zähen Bemühungen die Zusammenlegung der Glühlampenwerke in einem selbständigen Unternehmen, der Osram GmbH, an deren Kapital (30 Mill. M) AEG und Siemens zu je 40% und Auer zu 20% beteiligt waren. Ziel dieser Monopolbildung (Osram hatte einen deutschen Marktanteil von 80%) war vor allem die Rückgewinnung der im Krieg verlorenen Märkte und die Eindämmung der Überakkumulation, die durch den Aufbau neuer Produktionskapazitäten in den USA, England, Frankreich und besonders den Niederlanden (Philips) entstanden war. Zu diesem Zweck wurde 1921 auch die "Internationale Glühlampen-Preisvereinigung" gegründet, die 1924 zu einem Weltkartell, der "Phoebus S.A." erweitert werden konnte.

XII.

Schrittweise gelang es nun, die Überakkumulation abzubauen, wobei eine Verbesserung des Absatzes auch durch gezielte Produktverschlechterung, vor allem durch die Verkürzung der Lebensdauer der Glühbirne, angestrebt wurde. Auch nach der Gründung des Weltkartells kam es zwar zu technischen Verbesserungen (1932 führte man die Doppelwendelung des Glühdrahtes ein, 1936 kam die sparsamere Kryptonlampe auf den Markt), insgesamt verlangsamten sich die Forschungsaktivitäten jedoch. Verbesserte Lampentypen wurden zwar noch entwickelt, jedoch nicht auf den Markt gebracht, wie der Bericht der US-Regierung über „Technological Trends and National Policy“ im Jahre 1937 beklagte. Auch die Entwicklung der Leuchtstofflampen und Neonröhren, deren Vorzug in einer wesentlich längeren Lebensdauer und höheren Lichtausbeute pro Watt besteht, hielten die Syndikatsfirmen bewußt zurück und brachten sie 1938 dann ziemlich abrupt in den Handel, als ein Außenseiter des Weltkartells damit auf dem Markt erschienen war. Das Schwergewicht der Innovationen lag in den zwanziger und dreißiger Jahren deutlich auf der für die Kartellierung notwendigen Typisierung und Standardisierung des Produkts und - wiederum auch Folge der Mengenkontingentierung - auf der Rationalisierung des Herstellungsverfahrens, das in den zwanziger Jahren durchgängig mechanisiert und nach tayloristischen Prinzipien organisiert wurde.

Die Syndizierung des gesamten Glühlampenmarktes (der Anteil der Phoebus S.A. an der Weltproduktion betrug zusammen mit der ihr informell angeschlossenen GEC 90%, davon entfielen 30% auf die Osram-Werke) änderte demnach die Richtung des technischen Wandels im Bereich des elektrischen Beleuchtungswesens. Während nach der Monopolisierung des Teilmarktes Kohlefadenlampen im Jahre 1903 neben einer verstärkten Rationalisierung der Produktionstechnologie gerade auch die Bemühungen zur Entwicklung neuer Produkte intensiviert wurden, hemmte die umfassende Kartellierung des elektrischen Beleuchtungssektors seit 1924

die Produkttechnologie zugunsten einer Optimierung der Produktionstechnik. Da der hohe technische Standard sowohl für die bloße Neuaufnahme der Fertigung als auch für die fabriktionsreife Entwicklung neuer Produkte ein sehr hohes Startkapital erforderlich machte und zudem grundlegende Verfahren durch Patente abgesichert waren, brauchte das Weltkartell Newcomer kaum zu befürchten. Schon seit der zweiten Hälfte der neunziger Jahre war zu der etablierten Spitzengruppe keine neue Firma mehr hinzugekommen, einzelne Erfinder und Wissenschaftler, die Lieblinge der „heroischen Erfindertheorie“, hatten in der Glühlampenindustrie nach der Anfangsphase ohnehin nie große Chancen. Die Produzenten konnten es sich deshalb sogar leisten, den Gebrauchswert der Glühlampe zu senken und die Bemühungen um eine Verbesserung des Verhältnisses zwischen Energieaufwand und Lichtausbeute einzuschränken, dieses um so eher, als viele von ihnen gleichzeitig am Elektrizitätslieferungsgeschäft beteiligt waren. In der Produkttechnologie begann nach der Gründung des Weltkartells eine Phase der Stagnation, die von einer defensiven Forschungs- und Entwicklungsstrategie der Herstellerfirmen getragen wurde und eine maximale Nutzung des fixen Kapitals ermöglichte. Auf produktionstechnischem Gebiet hingegen wurde die Glühlampenindustrie wegweisend für die teilautomatische und automatische Fertigung.