

# Die Glaselektrode und ihr Miterfinder Zygmunt Klemensiewicz

Romuald Piosik, Universität Danzig, Instytut Chemii, ul. Sobieskiego 18,  
PL-80-953 Gdansk; Walter Jansen, Universität Oldenburg, Fachbereich 9,  
Postfach 2503, D-2900 Oldenburg

Wer weiß heute noch, daß der Deutsche FRITZ HABER und der Pole ZYGMUNT KLEMENSIEWICZ 1909 die Glaselektrode erfanden, mithilfe derer man potentiometrische Titrations durchföhren kann, ein Verfahren, das heute für die pH-Wert-Messung, für Säure-Base-Titrations, von überragender Bedeutung geworden ist.

Über FRITZ HABER (1868-1934), den deutschen Juden, sein tragisches Leben und seine wissenschaftlichen Leistungen ist bereits viel geschrieben worden [1]; über KLEMENSIEWICZ wußte man bisher nur sehr wenig und das, was man zu wissen bekam, war im Interesse einer kommunistischen Ideologie eingeschränkt und geschönt worden.

## Die Erfindung der Glaselektrode

WALTHER NERNST hatte 1889 die Theorie der Elektrodenpotentiale entwickelt und mit der Behandlung der Konzentrationsabhängigkeit dieser Elektrodenpotentiale die Grundlagen für die Entwicklung potentiometrischer Titrations geschaffen [2]. WILHELM OSTWALD berechnete 1893 aus den Werten der Leitfähigkeit von reinstem Wasser, die KOHLRAUSCH gewonnen hatte, die Wasserstoff-Ionen-Konzentration  $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 6 \cdot 10^{-7}$  mol/l als oberen Wert. Er selbst bestimmte dann mithilfe der wasserstoffspülten Platinelektrode aufgrund der Nernstschen Theorie die Wasserstoffionen-Konzentration in reinem, neutralem Wasser zu  $2,3 \cdot 10^{-7}$  bis  $9 \cdot 10^{-7}$  mol/l [3]. ARRHENIUS und SHIELDS bestimmten ebenfalls diese Konzentration aus der Hydrolyse des Natriumacetats zu  $1,1 \cdot 10^{-7}$  mol/l [3, S. 256]. Heute wird der Wert bei 25°C mit  $1,0 \cdot 10^{-7}$  mol/l angegeben. WILHELM BÖTTGER, ein Schüler OSTWALDS, entwickelte 1897 die potentiome-

trische Titration von Säuren und Basen mittels der 'Wasserstoffelektrode', d.h. der von Wasserstoff umspülten Platinelektrode. Als Bezugselektrode mit konstantem Potential verwendete er die Kalomelelektrode. Er erhielt damit die uns heute so geläufigen Titrationskurven. Es gelang ihm bereits, Gemische verschieden starker Säuren, wie z.B. Essigsäure und Salzsäure, potentiometrisch zu bestimmen sowie die verschiedenen Dissoziationsstufen der Phosphorsäure zu erfassen [4].

HABER, vom wissenschaftlichen Werdegang organischer Chemiker, wandte sich schon frühzeitig der Elektrochemie zu. So veröffentlichte er im Jahre 1898 seine berühmte Arbeit zur elektrochemischen Reduktion des Nitrobenzols zu Anilin. Dabei konnte er die Zwischenprodukte der Reaktion isolieren und identifizieren [5, 8]. Im Jahre 1908 beschäftigte sich HABER gerade mit dem Studium der Potentiale der Phasengrenzflächen, als er das Glück hatte, daß mit ZYGMUNT KLEMENSIEWICZ ein junger, kongenialer polnischer Doktor zu ihm stieß. Bereits im Jahre 1909 war die Glaselektrode erfunden sowie ein Erklärungsmodell für die Entstehung elektrischer Potentiale an Phasengrenzflächen geschaffen.

Die gemeinsame Arbeit vom 13.04.1909 beginnt so:

*Dank der Einsicht, die wir Nernst in den Mechanismus der galvanischen Kette verdanken, sind wir in der Lage, sowohl die elektromotorische Kraft zwischen zwei Lösungen im gleichen Lösungsmittel als die Veränderung der elektromotorischen Kraft zwischen einer Elektrode und einer Lösung als isotherme Konzentrationsfunktion der beteiligten Ionen anzugeben. Diese Verhältnisse sind in der mannigfaltigsten Weise geprüft worden. Hinsichtlich der elektrischen Kraft an der Grenze zweier elektrolytisch leitender Phasen, welche denselben Stoff oder dieselben Stoffe enthalten, sind wir hingegen unvollkommen unterrichtet. [6, S.385]*

HABER und KLEMENSIEWICZ erläutern zunächst, daß eine Untersuchung von elektrochemischen Phasengrenzkräften auch physiologische Vorgänge in Organismen wie Nerv- Muskelreizungen erklären könnten. So schlußfolgern sie:

*Auf diese Weise entsteht ein in allen Teilen physikochemisch klarer Zusammenhang, und die Lücke, welche zwischen chemischen Ursachen und*

*mechanischen Wirkungen bei physiologischen Erscheinungen besteht - eine Lücke, die wir durch die Angabe, dass die chemische Veränderung einen 'Reiz' übt, nicht schliessen, sondern höchstens verdecken - wird wenigstens in einem Falle beseitigt." [6, S. 391]*

Ihre Untersuchungen konzentrierten HABER und KLEMENSIEWICZ dann auf das Wasserstoffpotential an Grenzflächen wie Glas, Eis, Benzol gegenüber dem wäßrigen Lösungsmittel: *"Eine solche zweite Phase könnte z.B. aus Eis bestehen, sie kann aber auch eine flüssige oder feste Lösung von Wasser in einem Fremdstoff, z.B. Glas, Benzol usw. darstellen." [6, S. 394]*

Ihre Überlegungen führen sie dazu, daß die Phasengrenzflächen ebenfalls bezüglich der Wasserstoff-Ionen-Konzentrationen der Nernstschen Gleichung genügen müssen:  $E_C = - R \cdot T \ln c(H^+) + \text{konst}_C$  .

Sie schreiben: *"Die Grenze verhält sich, als ob sie aus Wasserstoff von abweichendem Lösungsdruck bestände." [6, S. 395]* - abweichend gegenüber dem Lösungsdruck (Potential) der 1901 von NERNST als Nullpunkt der Potentialskala eingeführten Normalwasserstoffelektrode.

Die theoretischen Überlegungen münden in einen Versuchsaufbau von verblüffender Einfachheit:

*Das nähere Studium des Gegenstandes hat diese Vermutung bestätigt. In der Tat sind die an der Grenze des gewöhnlichen leicht schmelzbaren Thüringer Glases, welches man für Reagensgläser und Biegeröhren allgemein in Verwendung findet, auftretenden Kräfte in so gutem Einklange mit der Theorie..., dass man darauf ein acidimetrisches Titrationsverfahren gründen kann. ...*

*Das benutzte gewöhnliche leicht schmelzbare Thüringer Glas kam in Form von Röhren zur Verwendung, welche bei 7 - 8 mm lichter Weite ca. 8 cm lang waren und an einem Ende zu einer dünnwandigen Kugel von 0,06-0,1 mm Wandstärke und etwa 2,5 cm Durchmesser ausgeblasen wurden. Das obere glatte Ende wurde mit einer isolierenden Hartgummifassung umgeben, an welcher das Kugelröhrchen bei den spätern Versuchen gehalten wurde. Unmittelbar nach dem Ausblasen der Kugel wurde dieselbe im allgemeinen von der Innen- und der Aussenseite her etwa eine Stunde lang in einem Wasserdampfstrom behandelt und dann*

bei gewöhnlicher Temperatur in reinem Wasser sich selbst bis zur Benutzung überlassen. Auch zwischen einem und dem nächsten Versuche wurde die Kugel in reinem Wasser aufbewahrt. Bei solcher Vorbereitung benetzen sich die Glaswände sicher vollkommen, während beim Stehen an der Luft die Benetzbarkeit leidet, und dann manchmal zu Anfang unregelmässige Kräfte beobachtet werden. Auch frisch geblasenes, nicht ausgedämpftes Glas pflegt gewöhnlich solche Unregelmässigkeiten zu zeigen. Schliesslich sei bemerkt, dass häufig benutzte Glaskugeln etwas kleinere Kräfte ergeben, wenn man ihnen nicht erlaubt, sich durch Verweilen in reinem Wasser bei gewöhnlicher Temperatur einige Tage lang zu erholen. Die Kugelrohre wurden mit einer willkürlichen Salz- oder Säurelösung (meist verdünnte Salzsäure oder verdünnte Chlorkaliumlösung) innen beschickt. In die Flüssigkeit tauchte ein Platindraht, der zum Elektrometer führte. Die innere Füllung und der Draht dienten lediglich dazu, die an der allein massgeblichen Aussenseite der Kugel bei dem Versuche auftretenden Änderungen der Phasengrenzkraft zum Elektrometer weiter zu leiten." (Abb. 1) [6, S. 410/411] (Abb.1)

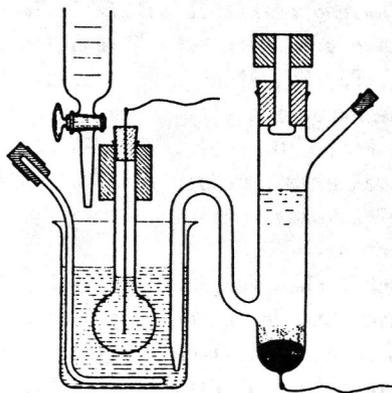


Abb. 1: Originalabb. des Versuchsaufbaus von HABER und KLEMENSIEWICZ

Als Bezugselektrode mit konstantem Potential verwendeten HABER und KLEMENSIEWICZ die Kalomelektrode. Sie erhielten Titrationskurven wie in Abb. 2 dargestellt.

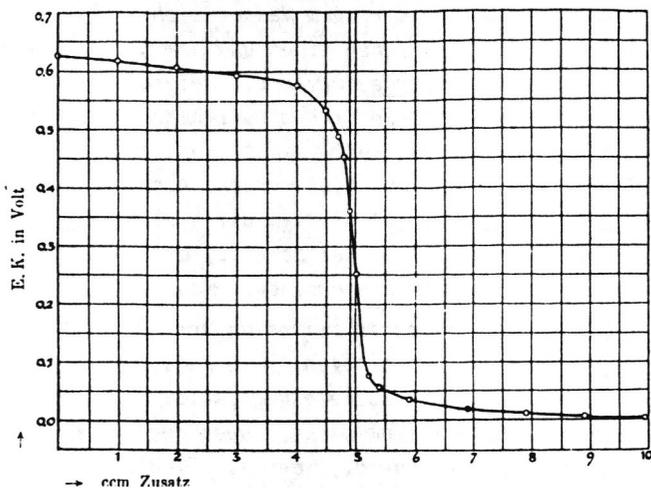


Abb. 2: Titrationskurve von Salzsäure gegen Natronlauge

HABER und KLEMENSIEWICZ waren von den viele Wissenschaftler völlig überraschenden Entdeckungen selber außerordentlich begeistert und haben die künftige Bedeutung ihrer Erfindung der Glaselektrode klar erkannt: *"Die Beobachtung der Phasengrenzkräfte ist im Falle des weichen Glases so bequem, dass man ein acidimetrisches Titrationsverfahren auf diese Kräfte begründen kann"*. [6, S. 431] HABER traute KLEMENSIEWICZ daraufhin fast übernatürliche experimentelle Fähigkeiten zu. Darüber schrieb KLEMENSIEWICZ 1949 an Prof. M. Dole: *"HABER war so begeistert von meinem ersten Erfolg, daß er mir wunderliche Vorschläge machte, mit der Überzeugung, daß ich alles machen kann."*

Doch trotz der offensichtlichen Vorzüge, wie z.B. chemische Resistenz, setzte sich die Glaselektrode in den ersten Jahrzehnten nach ihrer Erfindung nur langsam durch. Das lag im wesentlichen daran, daß ihr Gebrauch Kompensationsschaltungen, Elektrometer bzw. später Röhrenvoltmeter mit sehr hohem Innenwiderstand erforderlich machten.

Im Prinzip sind die heutigen Glaselektroden, die Einstabmeßketten, mit der von HABER und KLEMENSIEWICZ 1909 entwickelten Anordnung identisch. Die Bezugslektrode, eine Kalomelektrode oder, heute meist verwendet, eine Silber/Silberchlorid-Elektrode, ist in einem Stab in der Glaselektrode integriert.

Wir haben die Glaselektrode von HABER und KLEMENSIEWICZ aus einfachem Gerätegias, das es heute noch in Polen gibt, nachgebaut. Bereits die ersten Versuche waren erfolgreich, obwohl die Potentiale der selbstgebauten Elektroden im alkalischen Bereich deutlich von den käuflichen abweichen. Über den Nachbau der Glaselektrode und Titrationsen mit diesen Nachbauten sowie über die Reaktionen an den Grenzflächen berichten wir in Kürze in [7].

## ZYGMUNT KLEMENSIEWICZ

Wie FRITZ HABER an seinem Lebensende das Heraufziehen des NAZI-Terrors erlebte, so erfuhr der Pole ZYGMUNT KLEMENSIEWICZ (1886-1963) leidvoll die Auswirkungen des Hitler-Stalin-Paktes und des Zweiten Weltkrieges. Er wurde am 24.04.1885 in Krakau geboren. Sein Vater, ROBERT KLEMENSIEWICZ, war Professor am Gymnasium und seine Mutter, MARIE JOSEFINE REICHMAN, war Literatin und Dolmetscherin der skandinavischen Sprachen. Im Jahre 1892 zogen die Eltern von Z. KLEMENSIEWICZ nach Lemberg (Lwów). Dort hat Z. KLEMENSIEWICZ im Jahre 1904 das Gymnasium beendet. Im Lemberger Gymnasium war er als Primus bekannt, besonders in der Mathematik war er ausgezeichnet. Nach der Beendigung des Gymnasiums studierte er Chemie, Physik und Mathematik an der philosophischen Fakultät der 'Jan Kazimierz'-Universität in Lwów (Lemberg). Besonderen Einfluß und wissenschaftliche Wirkung hatte auf ihn Prof. MARIAN SMOUCHOWSKI, der selbst Schüler von W. THOMSON war. Im Juli 1908 erhielt er den Grad "Doktor der Philosophie mit der Note summa cum laude" aufgrund der Arbeit "Antimonchlorid(III) als Ionisierungs- und Lösungsmittel", die er als Student im 7. Studiensemester begonnen hatte.

Nach dem Empfang eines Stipendiums der Landesfakultät begab er sich nach Karlsruhe, wo er im Institut von Prof. FRITZ HABER in den Jahren 1908 und 1909 zusammen mit ihm die berühmte Glaselektrode gebaut hat. Inzwischen hatte er auch eine Arbeit zur Entstehung von positiven Ionen durch heiße Metalle ausgeführt. Diese Arbeit wurde dann später durch die Akademie für Wissenschaften in Krakau mit dem K.-Simon-Preis ausgezeichnet. Aufgrund dieser Arbeit hat sich Z. KLEMENSIEWICZ im Jahre 1912 an der philosophischen Fakultät der Universität Lemberg habilitiert. Einen Einfluß auf seine Habilitationsarbeit hatte das Buch von J. J. THOMSON zur elektrischen Leitfähigkeit in Gasen. Im Jahre 1913 bekam er eines der wenigen Stipendien von der Carnegie-Curie Foundation

und fuhr nach Frankreich zum Radium-Institut an der Sorbonne in Paris. Dort arbeitete er bis zum Ausbruch des Ersten Weltkrieges unter der Leitung von MARIE SKLODOWSKA-CURIE. An der Sorbonne hat Z. KLEMENSIEWICZ eine Arbeit mit dem Thema "Sur les propriétés électrochimiques du Radium et du Thorium B" ausgeführt. Er untersuchte die Unterschiede elektrochemischer Potentiale der Isotope von Pb (RaB und ThB) und hat dabei eine originelle Methode zur Verteilung von radioaktiven Isotopen gefunden. Im Ersten Weltkrieg war er als Assistent bei Prof. DANYSZ im Pasteur-Institut in Paris beschäftigt. Im Jahre 1919 kam er zurück nach Lwów und wurde mit der Vertretung einer Professur im Fach Physik an der Wald- und Landwirtschaftlichen Fakultät der Lemberger Technischen Universität beauftragt. Im Jahre 1923 wurde er zum ordentlichen Professor für Physik an die dortige Technische Universität (Polytechnica) berufen und übernahm den Lehrstuhl der Physik an der Chemischen-Mechanischen Fakultät. Außerdem hielt er Vorlesungen zur Physikalischen Chemie und fakultative Vorträge zur Radioaktivität an der Universität und an der Technischen Universität.

Neben der wissenschaftlichen Tätigkeit betrieb er aktiv Sport, und zwar Bergsteigen und Skifahren. Er konnte die sportlichen und wissenschaftlichen Tätigkeiten harmonisch miteinander verbinden. Er war Pionier des polnischen Hochgebirgsskisports. Er war Gründer und langjähriger Vorsitzender der Karpaten-Ski-Gesellschaft, des Lemberger "Himalaya-Clubs" und später Vorsitzender der Touristik-Sektion der Tatra-Gesellschaft. Er war einer der besten Kenner des Tatra-Gebirges und orientierte sich sehr gut im Gebirge im Sommer wie im Winter. Sein Interesse galt auch anderen Gebirgen, besonders den Alpen. Er hat dort manche Bergspitze erobert, z. B. das Matterhorn und auch vier andere Bergspitzen in den Berner Alpen, z.B. das Finsteraarhorn und die Fünffingerspitze. Z. KLEMENSIEWICZ war auch Autor von Bergführern und anderen theoretischen Arbeiten über Gebirgssport und war Mitautor einer Gebirgszeitschrift "Taternik". Prof. Z. KLEMENSIEWICZ war Vorsitzender der Internationalen Skiwettkämpfe in Polen.

Im Jahre 1939 teilte er das Schicksal vieler Polen in den polnischen Ostgebieten. Die Biographie von M. KONOPACKI und J. SZPILECKI [10] aus dem Jahre 1964 führt dazu nur aus, daß er 1939 tief in die Sowjetunion wandern mußte, um schließlich 1943 über den Iran, Syrien und Ägypten nach London zu gelangen. Wir hatten immer vermutet, daß KLEMENSIEWICZ

ein ähnliches Schicksal von Verschleppung und Todesgefahr in der Sowjetunion zuteil wurde wie Millionen von Polen aus den polnischen Ostgebieten. Nach der Wende in Polen und auch in der Sowjetunion sowie den Eingeständnissen der Sowjetunion sowohl was das Geheime Zusatzprotokoll zum Hitler-Stalin-Pakt angeht als auch was das Massaker an den polnischen Offizieren in Katyn betrifft, sollte es möglich sein, auch hier die Wahrheit zu erfahren. KONOPACKI und SZPILECKI, ehemalige KLEMENSIEWICZ-Schüler, waren bereits tot, Familienangehörige, die wir in Krakau vermuteten, waren nicht mehr ausfindig zu machen, da half uns der Zufall in Danzig weiter und führte uns zu Prof. R. SZEWALSKI, der inzwischen 87jährig der letzte Überlebende der Lemberger Professorenschaft von 1939 ist. Er war - ein weiterer Glücksfall - mit KLEMENSIEWICZ eng befreundet. Prof. SZEWALSKI war Dozent für Maschinen- und Turbinenbau an der Technischen Universität in Lemberg und ab 1945 an der Technischen Universität in Danzig. Er war nie Mitglied der Polnischen Kommunistischen Partei, wurde aber 1945 in Lemberg nicht von den Russen schikaniert, weil er die Elektrizitätswerke in Lemberg wieder in Gang brachte, ehe er im September 1945 nach Danzig kam.

Aus den Mitteilungen von Prof. Szewalski [9] und den weiteren uns zur Verfügung stehenden Quellen [8, 10] ergibt sich das folgende Bild:

Tatsächlich wurde Lemberg am 17.09.1939 durch Truppen der Sowjetunion besetzt. KLEMENSIEWICZ versuchte noch zu entkommen, um nach London zu gelangen. Es gab aber keine Fluchtmöglichkeit. Im Dezember 1939 versuchte er dann über die Karpaten und die Hohe Tatra nach Rumänien und Ungarn zu kommen. Alles ging zu Anfang sehr gut, da er diese Gebirge bestens kannte. Er übernachtete bei Leuten, die er auf seinen Gebirgstouren kennengelernt hatte. Eine Frau hat ihn aber dann aus Angst vor dem berüchtigten sowjetischen NKWD-Sicherheitsdienst verraten. Er wurde verhaftet, ins Gefängnis geworfen und anschließend in eines der berüchtigten Gulags tief im Innern der Sowjetunion gebracht. Um welches Lager es sich handelte, ist nicht bekannt. In Lemberg ließ KLEMENSIEWICZ Frau und Tochter zurück. Der Kriegsausbruch zwischen der Sowjetunion und Deutschland im Juli 1941 war für viele der überlebenden Polen in den Gulags und Bergwerken Sibiriens die Rettung. Am 30.07.1941 schloß General SIKORSKI, Ministerpräsident der Polnischen Exilregierung in London, einen Pakt mit STALIN. Daraufhin wurden viele Polen aus den Lagern entlassen. General ANDERS, der von 1939 bis 1941 ebenfalls in

einem Lager einsaß, stellte eine polnische Armee auf. Da die meisten polnischen Offiziere in Katyn und anderen, noch unbekanntem Orten 1940 ermordet worden waren, wurde KLEMENSIEWICZ mit 56 Jahren Offizier der neuen Armee. Da er aber nun doch zu alt für den Fronteinsatz war, wurde er entsprechend der Vereinbarung zwischen SIKORSKI und STALIN mit anderen, die für den Fronteinsatz nicht mehr taugten, als Teil der polnischen Armee im Juni 1942 über Iran, Irak, Syrien und Ägypten nach London geführt, wo er 1943 anlangte.

In London wurde er dann beauftragt, eine polnische Technische Hochschule zu organisieren, an der er dann als ordentlicher Professor angestellt wurde. Nach der Reorganisation entstand aus dieser Hochschule das 'Polish University College', wo Z. KLEMENSIEWICZ bis zum Jahre 1951 gearbeitet hat. In diesem Jahre wurde die Hochschule auch aufgelöst.

KLEMENSIEWICZ wollte wieder nach Polen zurückkehren, hatte aber Angst, das während der STALIN-Ära unter dem berüchtigten stalinistischen BIERUT-Regime zu tun. Am 05.03.1953 starb STALIN, die Hoffnung auf Lockerung und Menschlichkeit im Osten Europas wuchs. 1954 konnte Prof. SZEWALSKI erstmals nach London fahren, und er traf 1955 nach 16 Jahren wieder mit KLEMENSIEWICZ zusammen. SZEWALSKI stellte die Kontakte zum damaligen polnischen Außenminister RAPACKI her.

Aber erst nach der Abrechnung CHRUSCHTSCHEWs mit dem Stalinismus auf dem 20. Parteitag der KPDSU vom 14.-25.02.1956 in Moskau und dem überraschendem Tod BIERUT's am 12.03.1956, ebenfalls in Moskau, änderten sich die Verhältnisse in Polen. CHRUSCHTSCHEW selbst flog nach Warschau, um die Wahl des Nachfolgers von BIERUT im Parteivorsitz zu überwachen und die Wahl eines Stalinisten zu verhindern. Anfang April 1956 wurden dann über 30.000 Häftlinge aus den Lagern entlassen, zumeist politische Gefangene. Zahlreiche Minister, Funktionäre und Beamte stalinistischer Prägung verloren ihre Ämter, die Willkür der polnischen Geheimpolizei wurde eingeschränkt.

RAPACKI lud nun KLEMENSIEWICZ ein, wieder nach Polen zurückzukommen, und am 21.04.1956 erhielt Prof. SZEWALSKI einen Anruf seines Außenministers, daß KLEMENSIEWICZ am nächsten Tag in Gdingen bei Danzig eintreffen würde. KLEMENSIEWICZ wurde dann im bekannten Grand Hotel in

Sopot von SZEWALSKI und sechs weiteren ehemaligen Kollegen aus Lemberg empfangen, reiste am nächsten Tag nach Warschau zu RAPACKI und dann nach Krakau, wo er Frau und Tochter nach 16 Jahren wiedersah. In Krakau wurde KLEMENSIEWICZ von den Studenten und Professoren enthusiastisch begrüßt. Ihm wurden Professuren an sechs polnischen Universitäten angeboten. Prof. SZEWALSKI zum Beispiel wollte ihn an die TU in Danzig holen. KLEMENSIEWICZ entschloß sich aber, nach Gleiwitz an die Schlesische Technische Universität zu gehen, weil dort viele Professoren aus Lemberg arbeiteten.

In Gleiwitz begründete er ein neues Fach 'Kernenergetik' und übernahm selbst den Lehrstuhl für Kernphysik. Im Juni 1959 wurde ihm das Ehrendoktorat zum fünfzigjährigen Jubiläum der Doktorpromotion von der Schlesischen Technischen Universität verliehen. Im Jahre 1960 ging Z. KLEMENSIEWICZ in Ruhestand, interessierte sich aber immer noch für die weitere Entwicklung der Fakultät. Im März 1963 ist er gestorben und wurde am 29.03.1963 auf dem Rakowiecki-Friedhof in Krakau begraben.

- [1] P. GÜNTHER: Fritz Haber - ein Mann der Jahrhundertwende.- Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums, herausgegeben von H. AUER, München 37 (1969), Heft 2; Morris Goran, The Story of Fritz Haber (Norman, Oklahoma 1967).
- [2] W. NERNST: Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen.- Zeitschrift für Physikalische Chemie (1889) 129-181.
- [3] W. OSTWALD: Die Dissociation des Wassers.- Zeitschrift für Physikalische Chemie 11 (1893) 521-528.
- [4] W. BÖTTGER: Die Anwendung des Elektrometers als Indikator beim Titrieren von Säuren und Basen.- Zeitschrift für Physikalische Chemie 24 (1897) 253-301.

- [5] F. HABER: Über stufenweise Reduktion des Nitrobenzols mit begrenztem Kathodenpotential.- Zeitschrift für Elektrochemie 4 (1898) 506-515.
- [6] F. HABER, Z. KLEMENSIEWICZ: Über elektrische Phasengrenzkräfte.- Zeitschrift für Physikalische Chemie 67 (1909) 385-431
- [7] R. Piosik, W. Jansen, "Die Erfindung der Glaselektrode durch den Deutschen Fritz Haber und den Polen Zygmunt Klemensiewicz", *Chemie in Labor und Biotechnologie*, im Druck.
- [8] M. Konopacki, J. Szpilecki, "Prof. Dr. Zygmunt Aleksander Klemensiewicz (1868-1963)", *Wiadomosci Chemiczne*, XVIII, (1964), Heft 3, 137-145F.
- [9] Persönliche Mitteilung Prof. Dr. R. Szewalski, Danzig 1991.
- [10] J. K. Hoensch, *Geschichte Polens*, UTB (Stuttgart 1983).