

FRANJO HANAMAN

IZUMITELJ ELEKTRIČNE ŽARULJE S VOLFRAMOVOM NITI
DER ERFINDER DER WOLFRAMGLUEHLAMPE
1878.-1941.



TEHNIČKI MUZEJ
ZAGREB, HRVATSKA
2001.

FRANJO HANAMAN
IZUMITELJ ELEKTRIČNE ŽARULJE S VOLFRAMOVOM NITI
1878-1941.

FRANJO HANAMAN
DER ERFINDER DER WOLFRAMGLÜHLAMPE
1878-1941

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna i sveučilišna knjižnica - Zagreb

UDK 621.3-05 Hanaman, P.

FILIPIN, Renato

Franjo Hanaman - izumitelj električne
žarulje s volframovom niti - Franjo
Hanaman - der Erfinder der
Wolframgluehlampe : 1878.-1941. / Renato
Filipin. - Zagreb : Tehnički muzej, 2001.

Tekst usporedno na hrv. i njem. jeziku. -
Zusammenfassung; Summary

ISBN 953-6568-08-X

I. Hanaman, Franjo - - Život i djelo

411211071

RENATO FILIPIN

FRANJO HANAMAN
IZUMITELJ ELEKTRIČNE ŽARULJE
S VOLFRAMOVOM NITI
1878-1941.



TEHNIČKI MUZEJ
ZAGREB, HRVATSKA
2001.

RENATO FILIPIN

FRANJO HANAMAN

DER ERFINDER DER
WOLFRAMGLÜHLAMPE
1878-1941



TECHNISCHES MUSEUM
ZAGREB, KROATIEN
2001

***P**ublikacija je tiskana u povodu otkrivanja spomenika Franje Hanamana u Parku skulptura velikana hrvatskoga prirodoslovlja i tehnike.*

***Z**ahvaljujemo Uredu za kulturu grada Zagreba i Ministarstvu kulture Republike Hrvatske, koji su osigurali novac za podizanje spomenika.*

***D**iese Gedenkschrift wurde anlässlich der Enthüllung der Büste Franjo Hanamans im Park der Skulpturen berühmter Persönlichkeiten der kroatischen Naturwissenschaften und Technik gedruckt.*

***U**nser Dank gilt dem Kulturamt der Stadt Zagreb und dem Kulturministerium der Republik Kroatien, welche die finanziellen Mittel für die Errichtung des Denkmals bereitgestellt haben.*

NAKLADNIK

Tehnički muzej, Zagreb, Hrvatska

ZA NAKLADNIKA

Božica Škulj

AUTOR TEKSTA

Renato Filipin

RECENZIJ

Marija Kaštelan-Macan

Vladimir Muljević

UREDNIK

Davor Fulanović

LEKTURA I KOREKTURA**HRVATSKOG TEKSTA**

Aleksandra Vagner Perić

PRIJEVOD NA NJEMAČKI I KOREKTURA

Silvia Hadžić

PRIJEVOD NA ENGLISKI I KOREKTURA

Anthony J. Dawe

Volga Vukelja-Dawe

FOTOGRAFIJE

Zvonimir Ambruš

Arhiv Tehničkog muzeja

Obiteljski album Borisa Švela

PROMIDŽBA

Miljenko Paunović

GRAFIČKO OBLIKOVANJE

Pinxit/Bauer

TISAK

inArt

NAKLADA

1000

HERAUSGEBER

Technisches Museum, Zagreb, Kroatien

VERANTWORTLICH

Božica Škulj

TEXTAUTOR

Renato Filipin

REZENSION

Marija Kaštelan-Macan

Vladimir Muljević

REDAKTION

Davor Fulanović

LEKTORAT UND KORREKTUR DES**KROATISCHEN TEXTES**

Aleksandra Vagner Perić

ÜBERSETZUNG INS DEUTSCHE UND**KORREKTUR**

Silvia Hadžić

ÜBERSETZUNG INS ENGLISCHE UND**KORREKTUR**

Anthony J. Dawe

Volga Vukelja Dowe

PHOTOGRAPHIEN

Zvonimir Ambruš

Archiv des Technischen Museums

Photoalbum der Familie Boris Švel

ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Miljenko Paunović

GRAPHISCHE GESTALTUNG

Pinxit/Bauer

DRUCK

inArt

AUFLAGE

1000

NA NASLOVNOJ STRANICI

Bista Franje Hanamana

(Autor Stanko Jančić)

AUF DER TITELSEITE

Die Büste Franjo Hanamans

(Autor Stanko Jančić)

KAZALO

RIJEČ UREDNIKA	9
UVOD	11
OD ŽARULJE S UGLJENOM NITI DO VOLFRAMOVE ŽARULJE	13
ŽIVOTNI PUT FRANJE HANAMANA DO IZUMA VOLFRAMOVE ŽARULJE	19
IZUM ŽARULJE S VOLFRAMOVOM NITI	27
ODLAZAK IZ BEČA I ZNANSTVENI RAD DO DOLASKA U ZAGREB	31
DOLAZAK U ZAGREB I RAD NA SVEUČILIŠTU	43
BIBLIOGRAFIJA	54
LITERATURA	54
ŽIVOTOPIS AUTORA BISTE	55
SAŽETAK	57
SUMMARY	61

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT DES REDAKTEURS	10
EINFÜHRUNG	12
VON DER KOHLEFADEN- ZUR WOLFRAMFADENGLÜHLAMPE	14
DER LEBENSWEG FRANJO HANAMANS BIS ZUR ERFINDUNG DER WOLFRAMGLÜHLAMPE	20
DIE ERFINDUNG DER WOLFRAMGLÜHLAMPE	26
FORTGANG AUS WIEN UND WISSENSCHAFTLICHE ARBEIT BIS ZUM EINTREFFEN IN ZAGREB	30
ANKUNFT IN ZAGREB UND TÄTIGKEIT AN DER UNIVERSITÄT	42
BIBLIOGRAPHIE	54
LITERATURNACHWEIS	54
BIOGRAPHIE DES AUTORS DER BÜSTE	56
ZUSAMMENFASSUNG	58

RIJEČ UREDNIKA

Osmišljavajući 1993. idejni postav skulptura u Parku velikana hrvatskoga prirodnoslovlja i tehnike u dvorištu Tehničkoga muzeja u Zagrebu činilo se kako je riječ o dugoročnu i teško ostvarljivu projektu, ponajviše iz razloga skupoće. Bista Fausta Vrančića, prva od planiranih, ipak je zahvaljujući pozitivnu ozračju unutar Muzeja, a posebno izvan njega, otvorila put podizanju ostalih. Do sada je u izboru prof. dr. Vladimira Muljevića podignuto ukupno šest spomenika znanstvenika i velikana hrvatskoga prirodnoslovlja i tehnike.

Dvije godine nakon biste znamenitoga konstruktora i jezikoslovca Fausta Vrančića (1551-1617) otkrivena je 1995. bista ljevača bronce i metalurga Ivana Krstitelja Rabljanina (?-1540). Obje biste izradio je kipar Kosta Angeli Radovani. Dvogodišnji ritam nastavljen je 1997. bistom velikoga hrvatskog znanstvenika Ruđera Boškovića (1711-1787), koju je izradio kipar Stjepan Divković. Godine 1998. otkrivena je bista svestranoga znanstvenika, popularizatora prirodnoslovlja i tehnike Otona Kučere (1856-1931), kiparice Marije Ujević Galetović. Kipar Stanko Jančić izradio je bistu pionira hrvatske telegrafije Ferdinanda Kovačevića (1838-1913), podignutu 1999. godine. Kao šesta u nizu, 2001. otkrivena je bista Davida Schwarza (1850-1897), izumitelja upravljivog aluminijskog zračnoga broda. Bistu je izradio kipar Stjepan Gračan.

Nakon otkrivanja biste Franje Hanamana (1878-1941), o kojem je riječ u ovoj knjižici, slijedi podizanje biste svestranom izumitelju Slavoljubu Penkali (1871-1922), čime bi u cijelosti bio zaokružen i završen projekt parka skulptura.

Pored oplemenjivanja vanjskog prostora Muzeja vrijednim umjetničkim djelima, sadržaj projekta uključivao je i izdavanje pripadajućeg tiskanog materijala. Isprva skromna opsega deplijana, tiskani materijal s drugom bistom prerasta u opsežniju knjižicu s opisom života i djela samog velikana. Tradicija s izdavanjem takvih naslova nastavljena je do danas.

Osnovna namjera i želja Muzeja bila je da ovakvim knjižicama pomogne posjetiteljima i široj javnosti u stjecanju znanja o poznatim i nepoznatim velikanima hrvatskoga prirodnoslovlja i tehnike. Ukoliko smo u nakani uspjeli, napor uložen u izdavanje serijala u cijelosti je opravdan.

Zahvaljujemo svim pojedincima i ustanovama koji su pridonijeli realizaciji ove knjižice, a posebno prof. dr. Mariji Kaštelan-Macan s Fakulteta kemijskog inženjerstva u Zagrebu, kao i dr. Sándoru Jeszenszkom i dr. Lászlu Kissu iz Mađarskog elektrotehničkog muzeja u Budimpešti na pomoći u prikupljanju građe vezane uz Franju Hanamana.

VORWORT DES REDAKTEURS

Als man im Jahr 1993 die Idee erwog, im Gedenkpark berühmter Persönlichkeiten der kroatischen Naturwissenschaften und Technik im Hof des Technischen Museums in Zagreb Skulpturen aufzustellen, schien es sich um ein langfristiges und schwer ausführbares Projekt, besonders aus finanziellen Gründen, zu handeln. Doch Dank der positiven Atmosphäre, die nicht nur im Museum selbst, sondern auch im äußeren Umfeld herrschte, konnte die Büste Faust Vrančićs, die erste der geplanten Skulpturen, aufgestellt werden und ebnete somit den Weg für weitere Projekte dieser Art. Bisher wurden in der Auswahl Prof. Dr. Vladimir Muljevićs insgesamt sechs Denkmäler von Wissenschaftlern und berühmten Persönlichkeiten der kroatischen Naturwissenschaften und Technik eingeweiht.

Zwei Jahre nach der Büste des namhaften Konstrukteurs und Philologen Faust Vrančić (1551-1617) wurde 1995 die Büste des Bronzegießers und Metallurgen Ivan Krstitelj Rabljanin (?-1540) enthüllt. Beide Büsten sind das Werk des Bildhauers Kosta Angeli Radovani. Der zweijährliche Rhythmus wurde 1997 mit der Büste des großen kroatischen Wissenschaftlers Ruđer Bošković (1711-1787), einem Werk des Skulpteurs Stjepan Divković, fortgesetzt. Im Jahr 1998 wurde die Büste des vielseitigen Wissenschaftlers Oton Kučera (1856-1931), der einen großen Beitrag zur Popularisierung der Naturwissenschaften und Technik geleistet hatte, eingeweiht. Dieses Denkmal entstand in der Bildhauerwerkstatt von Marija Ujević Galetović. Der Skulpteur Stanko Jančić schuf die Büste des Pioniers der kroatischen Telegrafie Ferdinand Kovačević (1838-1913), die 1999 aufgestellt wurde. Als sechste in der Denkmalreihe wurde im Jahr 2001 die Büste von David Schwarz (1850-1897), dem Erfinder des steuerbaren Aluminiumluftschiffes, enthüllt, ein Werk des Bildhauers Stjepan Gračan.

Nach der Einweihung der Büste Franjo Hanamans (1878-1941), dem diese Publikation gewidmet ist, steht noch die Errichtung der Skulptur des universellen Erfinders Slavoljub Penkala (1871-1922) bevor, womit das Projekt des Skulpturenarks abgerundet und beendet wäre.

Neben der Verschönerung des äußeren Museumskomplexes mit wertvollen Kunstwerken umfaßt das genannte Projekt auch die Herausgabe von gedruckten Gedenkschriften. Zu Beginn nur vom bescheidenen Umfang eines Faltblatts, wuchs beim zweiten Projekt auch die gedruckte Publikation zu einer umfassenderen Ausgabe heran, die sowohl die Biographie als auch die Werke der betreffenden Persönlichkeit enthielt. Diese Tradition wurde bis heute beibehalten.

Das Grundanliegen und der Wunsch des Museums sind, mit solchen Veröffentlichungen unseren Besuchern und einer breiteren Öffentlichkeit mehr Wissen über die bekannten und die weniger bekannten namhaften Persönlichkeiten der kroatischen Naturwissenschaften und Technik zu vermitteln. Wenn uns dies gelungen ist, hat sich der Aufwand, den die Herausgabe der Publikationsserie erforderte, völlig gelohnt.

Wir möchten an dieser Stelle allen Einzelpersonen und Institutionen, die zur Entstehung dieser Gedenkschrift beigetragen haben, vor allem aber Frau Prof. Dr. Marija Kaštelan-Macan von der Zagreber Fakultät für Chemieingenieurwesen sowie Dr. Sándor Jeszenski und Dr. László Kiss vom Ungarischen Elektrotechnischen Museum in Budapest, unseren Dank sagen für die Hilfe, die sie uns bei der Zusammentragung des Materials über Franjo Hanaman geleistet haben.

UVOD

Ljudska civilizacija od početaka je usko povezana sa svjetlošću. Dan je za ljude oduvijek bio doba biološke aktivnosti, a noć je služila za odmor. Zalazak sunca i tama koja je zatim nastupala često je ljude podsjećala i na smrt.

Ljudi su tijekom povijesti nastojali pronaći razne načine da produlje dan i skrate trajanje noćne tame. Za razliku od živih bića koja su se u borbi za opstanak uspjela prilagoditi životu u tami, čovjek je stvorio umjetne izvore svjetlosti koji su mu zamijenili sunčevu svjetlost. Noćnu tamu pobijedio je znatiželjom i domišljatošću.

Vatra je bila prvi izvor svjetlosti, ali i topline. Ona je omogućila preživljavanje naše vrste u teškim uvjetima i razvitak civilizacije. Različiti oblici sagorijevanja organskih krutih, tekućih i plinovitih tvari bili su jedini način dobivanja svjetlosti sve do 19. stoljeća, kada je električna struja upotrijebljena za dobivanje umjetnog svjetla. Ona je stvarala električni luk u lučnim svjetilkama i potrebnu temperaturu za isijavanje svjetlosti ugljenih i metalnih niti u žaruljama.

Od različitih vrsta električne rasvjete danas se najviše primjenjuje električna žarulja s usijanom metalnom niti. Malo je poznata činjenica da je u samim začetima razvoja električnih žarulja s metalnim nitima sudjelovao i jedan naš zemljak - prof. dr. Franjo Hanaman. On je zajedno s dr. Alexanderom Justom (1872-1937) izumio nekoliko postupaka za dobivanje volframove niti i tako utro put razvoju industrije električnih žarulja.

Ulazeći u mračnu prostoriju i automatski paleći električnu rasvjetu, teško da se itko upita kakve su sve poteškoće imali istraživači i izumitelji koji su nam podarili svjetlost sličnu onoj koju nam svakodnevno daje sunce. Vizija i upornost tih ljudi, kojima pripada i prof. dr. Franjo Hanaman, bila je jača od svih zapreka koje su im se našle na putu, a njihovi izumi omogućili su zamah u razvoju industrije i gospodarstva u 20. stoljeću.

EINFÜHRUNG

Die Menschheit ist schon seit Anbeginn ihrer Zivilisation eng an das Licht gebunden. Der Tag war seit jeher für den Menschen die Zeit der biologischen Aktivität, und die Nacht diente der Ruhe. Der Sonnenuntergang und die daraufhin eintretende Dunkelheit haben die Menschen oft auch an den Tod erinnert.

Im Laufe der Geschichte versuchten die Menschen, verschiedene Wege ausfindig zu machen, um den Tag zu verlängern und die Dauer der Dunkelheit zu verkürzen. Im Unterschied zu anderen Lebewesen, die sich im Überlebenskampf einer Existenz in der Dunkelheit angepaßt haben, schuf der Mensch künstliche Lichtquellen, die das Sonnenlicht ersetzen konnten. So besiegte der Mensch dank seiner Wißbegierde und seines Einfallsreichtums die Dunkelheit der Nacht.

Die erste Licht-, aber auch Wärmequelle war das Feuer. Es ermöglichte das Überleben der menschlichen Spezies unter schweren Bedingungen sowie die Entwicklung der Zivilisation. Vor der Verwendung des elektrischen Stroms wurden bis zum 19. Jahrhundert künstliche Lichtquellen ausschließlich durch verschiedene Brennverfahren fester, flüssiger und gasförmiger organischer Stoffe erzeugt. Durch den später eingeführten elektrischen Strom gewann man künstliche Lichtquellen auf die Art, daß der Strom einen elektrischen Bogen in Bogenlampen bildete und Kohle- und Metallfäden auf genügend hohe Temperatur erwärmte, wodurch es zur Ausstrahlung von Licht kam.

Heutzutage wird von den verschiedenen Arten der elektrischen Beleuchtung die Glühbirne mit glühendem Metallfaden am meisten verwendet. Eine jedoch ziemlich unbekannte Tatsache ist, daß bereits bei den ersten Anfängen in der Entwicklung von Glühlampen mit Metallfäden ein kroatischer Landsmann - Prof. Dr. Franjo Hanaman mitwirkte. Zusammen mit Dr. Alexander Just (1872-1937) hatte er mehrere Verfahrensweisen zur Gewinnung von Wolframfäden erfunden und damit den Weg für die Entfaltung der Glühlampenindustrie geebnet.

Wenn wir einen dunklen Raum betreten und ganz automatisch das elektrische Licht anschalten, stellen wir uns wohl kaum die Frage, mit wievielen Schwierigkeiten die Forscher und Erfinder, die uns eine der Sonne ähnliche Lichtquelle geschenkt haben, zu kämpfen hatten. Aber die Vision, die diese Menschen, zu denen auch Prof. Dr. Franjo Hanaman zu zählen ist, vor ihren Augen hatten, und die Beharrlichkeit, mit welcher sie diese verfolgten, waren stärker als sämtliche Hindernisse, die sie auf ihrem Wege überwinden mußten, und ihre Erfindungen ermöglichten den Aufschwung der Industrie und Wirtschaft im 20. Jahrhundert.

OD ŽARULJE S UGLJENOM NITI DO VOLFRAMOVE ŽARULJE

Danas se za električnu rasvjetu najčešće upotrebljava tzv. temperaturno zračenje tijela, odnosno zračenje tijela u obliku svjetlosti zbog njegova zagrijavanja na visoku temperaturu. Pri tom zračenju učinak ovisi o prirodi zagrijanog tijela i o visini temperature. Učinak je zračenja to veći što je temperatura tijela viša, odnosno što tijelo više zrači u vidljivom dijelu spektra.

U povijesti ljudskoga roda, sve do pojave metalnih niti u žaruljama, rabio se ugljik kao tvar koja isijava svjetlost zbog nepotpuna sagorijevanja organskih tijela. Ugljik je bio tvar koja isijava svjetlost i u slučaju plinske rasvjete s otvorenim plamenom kao i u Edisonove električne žarulje. Ugljik zadovoljava prvi uvjet dobra rasvjetnog tijela, koji zahtijeva visoku temperaturu tališta, ali nije dobar što se tiče drugog uvjeta jer zrači energiju svih valnih duljina s manjim iskorištenjem od crnog tijela. Crno tijelo za određeno područje spektra valnih duljina tijelo je koje potpuno apsorbira određene valne duljine iz tog dijela spektra. Takvo je tijelo crne boje ako apsorbira vidljivu upadnu svjetlost. Idealno crno tijelo potpuno apsorbira sve upadno zračenje i u prirodi ne postoji.

Izum električne žarulje u obliku kakav je danas opće poznat svagdje u svijetu pripisuje se Amerikancu Thomasu Alvi Edisonu (1847-1931). Proučavanje problema vezanih uz električnu rasvjetu navelo ga je da 15. listopada 1878. osnuje vlastitu tvrtku i nazove je Electric Light Company. Prvo se za žarne niti koristio platinom, iridijem i nekim drugim meta-lima i legurama, ali ti materijali nisu pokazali zadovoljavajuća svojstva. Zato je napustio pokuse s metalnim nitima i okrenuo se proučavanju karboniziranih materijala kao što su papir, pamuk, svila i dr. Edison je 1. listopada 1879. dobio patent za električnu žarulju s ugljenom niti od karboniziranoga kartona koja je gorjela 170 sati. Nastavljajući pokuse ustanovio je da najbolja svojstva imaju žarulje s nitima od karboniziranih bambusovih vlakana. Takve su niti užarene električnom strujom svijetlile bijelom svjetlošću u vakuumu unutar staklenog balona žarulje. Edison je najzaslužniji za praktičnu primjenu izuma električne žarulje s ugljenom niti. On je naime pronašao način kako da se više žarulja priključi u zajednički strujni krug, a da svaka od njih može svijetliti posve neovisno o ostalima. Tako je Edison 1881. na međunarodnoj elektrotehničkoj izložbi u Parizu osvijetlio s više žarulja dio izložbenog prostora. Ipak, neekonomičnost žarulja s ugljenom niti, proizašla iz nemogućnosti da dulje vremena izdrže visoke temperature, uzrokovala je da su se počeli tražiti drukčiji oblici elek-

VON DER KOHLEFADEN- ZUR WOLFRAMFADENGLÜHLAMPE

Heutzutage werden in der elektrischen Beleuchtungstechnik am häufigsten sogenannte Temperaturstrahlungskörper verwendet, das heißt, Körper, die durch Erwärmung auf hohe Temperaturen Licht ausstrahlen. Bei dieser Strahlung hängt die Wirkung einerseits von der Natur des zu erwärmenden Körpers und andererseits von der Höhe der Temperatur ab. Die Strahlung ist umso größer je höher die Temperatur des Glühkörpers ist, bzw. je mehr der Körper im sichtbaren Teil des Spektrums ausstrahlt. In der Menschheitsgeschichte wurde bis zum Aufkommen von Metallfäden in Glühlampen Kohlenstoff als Substanz verwendet, die durch ihre nicht vollständige Verbrennung organischer Stoffe Licht emittiert. Auch bei der Gasbeleuchtung mit offener Flamme war Kohlenstoff jene Materie, die Licht ausstrahlte, genauso wie bei Edisons elektrischer Glühlampe. Kohlenstoff erfüllt die erste Bedingung eines guten Beleuchtungskörpers, das heißt, einen hohen Schmelzpunkt, für die zweite Bedingung dagegen erweist er sich als ungeeignet, weil er Energie aller Wellenlängen mit geringerer Nutzung als schwarze Körper ausstrahlt. Der schwarze Körper ist für einen bestimmten Spektrumsbereich der Wellenlängen ein Körper, der gewisse Wellenlängen aus diesem Teil des Spektrums völlig absorbiert. Ein solcher Körper ist schwarz, wenn er sichtbares einfallendes Licht absorbiert. Der ideale schwarze Körper absorbiert jegliche einfallende Strahlung, existiert aber nicht in der Natur.

Die Erfindung der elektrischen Glühlampe in der Form, wie sie heutzutage überall in der Welt allgemein bekannt ist, wird dem Amerikaner Thomas Alva Edison (1847-1931) zugeschrieben. Seine Untersuchungen der Probleme mit der elektrischen Beleuchtung veranlaßten ihn, am 15. Oktober 1878 seine eigene Firma zu gründen, die er Electric Light Company nannte. Anfänglich hatte man als Glühfaden Platin, Iridium und andere Metalle und Legierungen verwendet; diese Materialien wiesen jedoch keine zufriedenstellenden Eigenschaften auf. Daher gab Edison seine Experimente mit Metallfäden auf und wendete sich der Erprobung verkohlter Stoffe wie Papier, Baumwolle, Seide u.ä. zu. Am 1. Oktober 1879 erhielt er das Patent auf die elektrische Glühlampe mit Kohlefaden aus verkohltem Karton, die eine Brenndauer von 170 Stunden hatte. Indem er seine Versuche fortsetzte, kam er zu der Erkenntnis, daß Glühlampen mit Fäden aus verkohlten Bambusfasern die besten Eigenschaften aufwiesen. Solche durch elektrischen Strom zum Glühen gebrachte Fäden strahlten weißes Licht im Vakuum innerhalb des

trične rasvjete, odnosno drukčije vrste niti.

Tako su se počele izrađivati žarulje s metaliziranom ugljenom niti, gdje je ugljena nit podvrgnuta procesu žarenja pod visokim tlakom da bi poprimila svojstva slična kovinama. Metalizirane ugljene niti mogle su podnijeti više temperature od običnih ugljenih niti, tako da su davale uz isti potrošak struje veću količinu svjetlosti. Nedostaci tih žarulja bili su kratko vrijeme trajanja i veća cijena.

Rus Pavel Jabloškov (1847-1894) izumio je 1879. električnu žarulju u kojoj je svjetlost davala malena pločica od kaolina, materijala koji ima veoma velik električni otpor. Za usijavanje kaolina Jabloškov je uporabio struju iz snažnog induktora, koji je inducirao veoma visok napon opasan po život. Taj visoki napon bio je glavna zapreka za praktičnu uporabu žarulja. Osim kaolina Jabloškov je radio pokuse i s cirkonijevim oksidom.

Tek je 1899. nastala prva važna promjena u izradbi električnih žarulja, kada je njemački fizičar Walther Hermann Nernst (1864-1941) upotrijebio nit od magnezijeva oksida. Pri nižim temperaturama ta nit ima veliki električni otpor, tako da je struja nije mogla usijati. Tek pri visokoj temperaturi (600 - 800 °C) magnezijev oksid postaje dobar vodič struje. Da bi se postigla takva temperatura, nit se morala grijati toplinom koja nastaje prolaskom struje kroz dobar električni vodič spiralno ovijen oko nje. Tek kad se nit usijala do crvenila, počela je voditi struju i davati bijelu svjetlost. Osim toga žarulja je zahtijevala i električni otpor u strujnom krugu kojim se stabilizira struja zbog kolebanja napona u mreži. Prednosti Nernstove žarulje bile su što je trošila za istu jakost svjetla upola manje struje nego žarulja s ugljenom niti i što nije zahtijevala razrijeđeni zrak u staklenom balonu. Nedostatak te žarulje bila je viša cijena zbog složenosti mehanizma njezina rada i elemenata koji su se u nju ugrađivali.

Nakon te žarulje uslijedio je izum Auerove žarulje. Bečki kemičar dr. Carl Auer von Welsbach (1858-1929) već je 1898. počeo raditi pokuse s osmijem, metalom veoma velike specifične gustoće koji se dobiva redukcijom osmijeva tetroksida. Električna vodljivost osmija mnogo je veća od ugljena, pa se moraju upotrijebiti mnogo dulje niti, odnosno niži napon napajanja. Zato se Auerove žarulje nisu mogle priključivati u paralelnom spoju na tadašnju mrežu, čiji je napon iznosio 110 ili 220 V. Umjesto toga na mrežu se spajalo po nekoliko takvih žarulja serijski ili su se spajale na manje napone akumulatorskih baterija. Osim toga te žarulje imale su još jednu slabost, osjetljivost na mehaničke udarce, jer im je nit krhka i može svijetliti samo u okomitom položaju. Prednosti su Auerove žarulje ekonomičnost i jednostavnost izvedbe. Potrošnja električne energije Auerove žarulje iznosila je 1,3 - 1,6 W za jednu Hefnerovu svijeću, dok je potrošnja žarulje s ugljenom niti iznosila 3 - 4 W za jednu Hefnerovu svijeću. Godine 1902. napravljene su prve uporabljive žarulje s osmijevom niti.

Glasballons der Lampe aus. Edison ist vor allem zu verdanken, daß die Erfindung der elektrischen Kohlefadenlampe eine praktische Anwendung fand. Er entdeckte nämlich, wie mehrere Glühlampen an einen gemeinsamen Stromkreis angeschlossen sein können, wobei jede einzelne Lampe trotzdem völlig unabhängig von den anderen leuchten kann. So illuminierte Edison auf der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung in Paris im Jahr 1881 einen Teil der Ausstellungshalle mit mehreren Glühlampen. Die Unwirtschaftlichkeit der Kohlefadenglühlampen lag jedoch darin, daß sie nicht über einen längeren Zeitraum hohen Temperaturen standhielten, was dazu führte, daß man anfang, nach anderen Formen der elektrischen Beleuchtung, beziehungsweise nach anderen Fadenarten zu suchen.

So begann man, Glühkörper mit metallisiertem Kohlefaden herzustellen, wobei der Kohlefaden einem Glühprozeß unter Hochdruck ausgesetzt wurde, um ähnliche Eigenschaften zu gewinnen, wie sie Metalle haben. Metallisierte Kohlefäden hielten höheren Temperaturen als gewöhnliche Kohlefäden stand, so daß sie bei gleichem Stromverbrauch eine größere Lichtmenge abgaben. Die Nachteile dieser Glühlampen bestanden in ihrer kurzen Lebensdauer und im höheren Preis.

Der Russe Pavel Jablochkow (1847-1894) erfand 1879 eine elektrische Glühlampe, in welcher eine kleine Kaolinplatte, ein Material, mit sehr hohem elektrischen Widerstand, Licht abgab. Um Kaolin zum Glühen zu bringen, verwendete Jablochkow Strom aus einem starken Induktor, der eine lebensgefährlich hohe Spannung induzierte. Diese Hochspannung stellte auch das Haupthindernis für den praktischen Gebrauch des Glühkörpers dar. Neben Kaolin experimentierte Jablochkow auch mit Zirkoniumoxid.

Zu einem ersten Durchbruch in der Herstellung von elektrischen Glühlampen kam es erst 1899, als der deutsche Physiker Walther Hermann Nernst (1864-1941) einen Glühfaden aus Magnesiumoxid verwendete. Dieser Faden leistete bei niederen Temperaturen großen elektrischen Widerstand, so daß er durch den Strom nicht zum Glühen gebracht werden konnte. Magnesiumoxid wird erst bei hohen Temperaturen (600 - 800 °C) zu einem guten Stromleiter. Um derartige Temperaturen zu erreichen, muß der Faden auf die Wärmestufe erhitzt werden, die entsteht, wenn Strom einen guten Stromleiter durchläuft, der um diesen Faden spiralförmig gewunden ist. Erst wenn der Faden zur Rotglut erglüht, beginnt er Strom zu leiten und weißes Licht abzugeben. Außerdem benötigte diese Glühlampe auch elektrischen Widerstand im Stromkreis, um den Strom wegen Spannungsschwankungen im Netz zu stabilisieren. Die Vorzüge der Nernstlampe bestanden darin, daß sie bei gleicher Leuchtkraft den halben Stromverbrauch gegenüber der

Zatim su izumljene žarulje s nitima od cirkonija i tantala. Specifični potrošak struje žarulja s cirkonijevom niti još je manji nego Auerove žarulje, a rabile su se za napone 1,5 - 2,2 V. Mogle su svijetliti i do tisuću sati. Da bi se dobila nit od tantala, taj se metal mora dovesti u čisto stanje. Čisti tantal može se mehaničkim putem izvući u najtanje niti. Tvrd je kao čelik, ima boju platine i, što je najvažnije, veoma visoku temperaturu tališta (oko 3000 °C). Visoka temperatura tališta omogućuje da se fina tantalova nit u prostoru s razrijeđenim zrakom usije pomoću električne struje do bijele boje, a da se ne prekine. Niti koje su se ugrađivale u tantalove žarulje bile su mnogo dulje i mnogo tanje (oko 0,05 mm) od ugljenih niti iz Edisonovih žarulja. Potrošnja električne energije za tantalove žarulje iznosila je 1,5 W za 1 Hefnerovu svijeću. Te žarulje izrađivale su se za jakosti 5, 10, 16, 25, 32 i 40 Hefnerovih svijeća i napone od 20 - 240 V. U normalnim uvjetima tantalove žarulje prosječno su trajale oko tisuću sati, a trajnost im je dosta ovisila i o stabilnosti napona mreže.

Kohlefadenlampe hatte und keine verdünnte Luft im Glasballon benötigte. Ihre Nachteile zeigten sich dagegen im höheren Kostenaufwand wegen des komplizierten Funktionsmechanismus und wegen der eingebauten Elemente.

Dieser Glühlampe folgte die Erfindung der Auer'schen Lampe. Der Wiener Chemiker Dr. Carl Auer von Welsbach (1858-1929) führte bereits 1898 Versuche mit Osmium durch, einem Metall von sehr hoher spezifischer Dichte, das durch Reduktion von Osmiumtetroxid gewonnen wird. Die elektrische Leitfähigkeit von Osmium ist viel höher als die von Kohle, so daß viel längere Fäden, bzw. eine niedrigere Speisungsspannung verwendet werden mußten. Aus diesem Grund konnten die Auer'schen Lampen nicht parallel an das damalige Netz geschaltet werden, dessen Betriebsspannung 110 oder 220 V betrug. Vielmehr wurden jeweils mehrere dieser Lampen in Reihe zum Stromnetz oder zu Akkumulatoren, die eine niedrigere Spannung hatten, geschaltet. Ein weiterer Nachteil dieser Lampen war ihre Empfindlichkeit gegen mechanische Schläge, weil der Faden spröde war und nur in vertikaler Position leuchten konnte. Die Vorteile der Auer'schen Lampen hingegen lagen in der Wirtschaftlichkeit und Einfachheit ihrer Ausführung. Der Energieverbrauch betrug 1,3 - 1,6 Watt pro HK, während er bei der Kohlefadenlampe bei 3 - 4 Watt pro HK lag. 1902 wurden die ersten betriebsstauglichen Osmium-Metallfadenlampen hergestellt.

Danach wurden Lampen mit Zirkonium- und Tantalglühfäden erfunden. Der spezifische Stromverbrauch der Zirkoniumfadenlampe war noch niedriger als jener der Auer'schen Lampe; sie wurde für Betriebsspannungen von 1,5 - 2,2 V verwendet und erreichte eine Brenndauer bis zu 1000 Stunden. Um einen Tantalfaden zu erhalten, muß dieses Metall in seinen Reinzustand gebracht werden. Reines Tantal kann mechanisch in äußerst dünne Fäden gezogen werden. Es ist hart wie Stahl, hat die Farbe von Platin und, was am wichtigsten ist, einen hohen Schmelzpunkt von ca. 3000 °C. Dieser hohe Schmelzpunkt ermöglicht es, daß der feine Tantalfaden in einem Raum mit verdünnter Luft durch elektrischen Strom bis zur Weißglut erhitzt werden kann und dabei nicht reißt. Die Glühfäden, die in die Tantallampe eingebaut wurden, waren viel länger und dünner (ca. 0,05 mm) als die Kohlefäden der Edison-Lampe. Die Tantallampen hatten einen Stromverbrauch von 1,5 Watt pro HK. Sie wurden in den Stärken 5, 10, 16, 25, 32 und 40 HK und für Spannungen von 20 - 240 V hergestellt. Unter normalen Bedingungen brannten sie etwa 1000 Stunden, ihre Lebensdauer hing aber auch ziemlich stark von der Spannungsstabilität des Stromnetzes ab.

ŽIVOTNI PUT FRANJE HANAMANA DO IZUMA VOLFRAMOVE ŽARULJE

Franjo Hanaman rođen je 30. lipnja 1878. u Drenovcima, mjestu koje je u ono doba pripadalo kotaru Županja, od oca Gjura (1847-1921) i majke Emilije rođene Mandušić (1854-1939). Od najbliže rodbine imao je još brata Aleksandra (1875-1950). Oba roditelja potjecala su iz trgovačkih obitelji.

Ubrzo nakon austrougarske okupacije Bosne i Hercegovine obitelj Hanaman odselila se u Brčko. Tamo se otac Franje Hanamana bavio izvozom šljiva i trgovinom soli na veliko. Sina je upisao u rujnu 1883. u pučku školu, koju je Franjo završio 1887. Iz svjedodžbe se može zaključiti da su učitelji bili razmjerno zadovoljni pokazanim znanjem i zanimanjem malog Franje za prirodopis, zemljopis i crtanje, dok iz predmeta *Slovnica bosanskog jezika i pismenog izraza misli* nije bio posebno dobar. Nakon pučke škole polazio je, također u Brčkom, i trgovačku školu, gdje je iz svih trgovačkih predmeta dobivao dosta slabe ocjene. Budućnost će pokazati da njegovi pokušaji djelovanja na privrednom polju nisu bili osobito uspješni. Njega su privlačile prirodne i tehničke znanosti, pa zato nije nastavio školovanje u najbližoj klasičnoj gimnaziji u Vinkovcima, nego je 1890. upisao realnu gimnaziju u Zemunu. Tamo je bila jedna od rijetkih čistih realki Hrvatske i Slavonije. Na realci u Zemunu bio je stalno odličan učenik. Profesor iz kemije bio mu je Ivan Marek (1863-1936). On je pobudio Hanamanovo zanimanje za tu znanost i tako odredio smjernice njegove budućnosti. Poslije se Hanaman često susretao sa svojim bivšim profesorom jer su bili kolege na Tehničkoj visokoj školi u Zagrebu, gdje je od 1920. prof. Ivan Marek predavao organsku kemiju. Tada su razmjenjivali iskustva i sjećali se anegdota iz školskih dana Franje Hanamana. Profesor fizike i matematike bio mu je dr. Stanko Plivelić (1868-1925), autor popularnih članaka s područja elektrotehnike, koji je do smrti ostao povezan sa svojim bivšim učenikom i pratio njegov razvoj i uspjehe. Dr. Stanko Plivelić zajedno s dr. Otonom Kučerom (1856-1931) napisao je djelo *Novovjekni izumi*, knjiga IV, koju je objavila Matica hrvatska u Zagrebu 1913. U knjizi je pisao o električnim akumulatorima i rasvjeti, pa se tako dotaknuo i rada svoga bivšeg učenika iz realne gimnazije na području uporabe volframa za izradu niti u žaruljama. Franjo Hanaman maturirao je 1895. u Zemunu.

DER LEBENSWEG FRANJO HANAMANS BIS ZUR ERFINDUNG DER WOLFRAMGLÜHLAMPE

Franjo Hanaman wurde am 30. Juni 1878 in Drenovci geboren, das damals zum Bezirk Županja gehörte. Seine Eltern waren Gjuro (1847-1921) und Emilija, geb. Mandušić (1854-1939). Er hatte auch einen Bruder, Aleksandar (1875-1950). Beide Elternteile entstammten Kaufmannsfamilien.

Kurz nach der Besetzung Bosniens und der Herzegowina durch Österreich-Ungarn zogen die Hanamans nach Brčko um. Dort betrieb der Vater Salzgroßhandel und Pflaumenexport. Im September 1883 wurde Franjo von seinem Vater in die Volksschule eingeschrieben, die er im Jahr 1887 auch beendete. Aus seinen Zeugnissen ging hervor, daß seine Lehrer mit den Kenntnissen und dem Interesse, das der junge Franjo für Naturkunde, Erdkunde und Zeichenunterricht zeigte, relativ zufrieden waren. In dem Fach *Grammatik der bosnischen Sprache und schriftlicher Ausdruck* erzielte er jedoch keine besonderen Leistungen. Nach Beendung der Volksschule besuchte er, ebenfalls in Brčko, die Handelsschule, doch waren seine Noten in sämtlichen kaufmännischen Fächern verhältnismäßig schlecht. Die Zukunft sollte zeigen, daß seine Versuche im wirtschaftlichen Bereich nicht besonders erfolgreich waren. Sein Interesse galt den Naturwissenschaften und der Technik, so daß er seine Schulbildung nicht in dem am nächsten gelegenen klassischen Gymnasium in Vinkovci fortsetzte, sondern sich im Jahr 1890 in das Realgymnasium in Zemun einschrieb. Dort befand sich eines der wenigen reinen Realgymnasien in Kroatien und Slawonien. Während seiner Gymnasialzeit waren seine Noten stets ausgezeichnet. Sein Chemielehrer war Prof. Ivan Marek (1863-1936). Er weckte in Hanaman das Interesse für diese Wissenschaft und legte somit die Richtung fest, in der sich dann seine Zukunft entwickeln sollte. Später traf Hanaman oft mit seinem ehemaligen Professor zusammen, da sie zu Kollegen an der Technischen Hochschule in Zagreb wurden, wo Prof. Ivan Marek seit 1920 *Organische Chemie* lehrte. Bei ihren Begegnungen tauschten sie Erfahrungen aus und erinnerten sich an Anekdoten aus der Schulzeit Franjo Hanamans. Sein Physik- und Mathematiklehrer war Dr. Stanko Plivelić (1868-1925), Autor populärer Artikel auf dem Gebiet der Elektrotechnik, der bis zu seinem Tode in engem Kontakt mit seinem ehemaligen Schüler stand und seine Entwicklung und Erfolge stets im Auge behielt. Dr. Stanko Plivelić



Emilija Hanaman (lijevo)
Emilija Hanaman (links)

hat zusammen mit Dr. Oton Kučera (1856-1931) das Werk *Novovjeki izumi* (*Neuzeitliche Erfindungen*), Band IV, geschrieben, das 1913 im Verlag von Matica hrvatska in Zagreb erschien. Dieses Buch behandelt elektrische Akkumulatoren sowie elektrische Beleuchtung, so daß Plivelić auch Arbeiten über die Verwendung von Wolfram bei der Herstellung von Glühlampendrähten erwähnt, die von seinem ehemaligen Gymnasialschüler stammen. Franjo Hanaman machte sein Abitur 1895 in Zemun.

Nach dem Abitur ging er nach Wien, um dort an der Technischen Hochschule Chemie zu studieren. Zu Beginn des Studiums hatte er einige Schwierigkeiten wegen mangelnder Deutschkenntnisse, aber dank seiner unermüdlichen Arbeit machte er 1899 mit Auszeichnung sein Diplom an der Abteilung für Chemie der Technischen Hochschule in Wien. Während seines Studiums nahm er aktiv am gesellschaftlichen Leben der kroatischen Studenten in Wien teil. Er war Mitglied des Akademischen Vereins Zvonimir, und mit einer Gruppe gleichaltriger Studenten gründete er einen Verein der Spaßvögel, "Der Pate" genannt, dessen Mitglieder auch nach Beendigung des Studiums ihre freundschaftlichen Beziehungen aufrecht erhielten. Die offizielle Sprache dieses Vereins war kajkawisch, ein Dialekt den Hanaman wegen seines mangelnden Sprachtalents nie richtig beherrschte, aber dafür hatte er Sinn für Humor, Gesang und konnte die Tamburizza spielen, weshalb er bei den anderen Vereinsmitgliedern sehr beliebt war. Als er noch in Wien studierte, reiste er mit einer Gruppe von Landsleuten nach Rußland, wo er sich seinen Unterhalt mit Tamburizzaspielen verdiente. Dort traf er zum ersten Mal einen der bedeutendsten kroatischen Politiker, Stjepan Radić (1871-1928), und machte dessen Bekanntschaft.

Nach Beendigung des Studiums arbeitete er als Betriebsassistent in der Zuckerfabrik in Usora, wo er nur einige Monate blieb. Zu Beginn des Jahres 1900 ging Franjo Hanaman zurück an die Technische Hochschule in Wien, wo er eine Anstellung als Assistent seines ehemaligen Professors Dr. Georg Vortmannn (1854-1932) am Lehrstuhl für Analytische Chemie erhielt. Er war im Praktikum für Qualitative Analyse tätig und leitete außerdem das elektroanalytische Laboratorium. Dies gab ihm den Anstoß, sich umfassender mit der Elektrotechnik zu beschäftigen, weshalb er Vorlesungen von Prof. Dr. Karl Hohenegger (1860-1947), einem Experten auf diesem Gebiet, besuchte. Auf diese Weise gewann Hanaman das nötige Wissen, das ihm später beim Lösen von Schwierigkeiten, auf die er bei der Entwicklung von Glühlampen traf, sehr zugute kam. Seine erste Arbeit auf dem Gebiet der Elektroanalyse veröffentlichte er 1902 unter dem Titel *Ein Apparat für elektroanalytische Zwecke*, die in der *Zeitschrift für Elektrochemie* erschien. Als Hanaman Vortmannns Assistent wurde,



*Franjo (desno) sa
starijim bratom
Aleksandrom*

*Franjo (rechts)
mit seinem älteren
Bruder Aleksandar*

Nakon mature odlazi u Beč studirati kemiju na Tehničkoj visokoj školi (*Technische Hochschule*). Na početku studija imao je manjih poteškoća zbog nedovoljna poznavanja njemačkog jezika, ali je ustrajnim radom 1899. uspio diplomirati s odličnim uspjehom na Kemijskom odjelu Tehničke visoke škole u Beču. Tijekom studija aktivno je sudjelovao u društvenom životu hrvatskih studenata u Beču. Bio je član Akademskog društva Zvonimir, a sa skupinom vršnjaka osnovao je šaljivo društvo Kum, čiji su članovi i nakon završetka studija održavali prijateljske veze. Službeni jezik toga društva bio je kajkavski, koji Hanaman nikada nije svladao zbog nedarovitosti za učenje jezika, ali je zato imao smisla za šalu, pjesmu i tamburu, pa su ga ostali članovi veoma dobro prihvatili. Za vrijeme studija u Beču otputovao je s grupom zemljaka u Rusiju, gdje se izdržavao sviranjem tambure. Tamo se prvi put susreo i upoznao s jednim

lernte er Dr. Alexander Just kennen, einen jungen Wissenschaftler, der schon zwei Jahre lang dort als Assistent tätig war, und Hanamans Interesse für Verbesserungsverfahren für Glühlampen weckte. Dr. Just arbeitete mit dem Wiener Unternehmen Schneider & Cons an der Vervollkommnung der Kohlefadenglühlampe zusammen, die als Vorläufer der Metallfadenglühlampe gilt. Dr. Just hatte einen sehr starken Einfluß auf den damaligen Entschluß des jungen Hanaman, sich gänzlich Forschungen auf dem Gebiet der elektrischen Beleuchtung, bzw. der Erfindung von Verfahren zur Gewinnung von Glühfäden zu widmen. 1902 begann die gemeinsame Arbeit Franjo Hanamans und Dr. Alexander Justs in dem Wiener Unternehmen. Anfangs experimentierten sie mit Bornitrid und später mit verschiedenen Metallen, von denen Wolfram die besten Eigenschaften aufwies.



od najvažnijih hrvatskih političara Stjepanom Radićem (1871-1928). Nakon završetka studija zaposlio se kao pogonski asistent šećerane u Usori, gdje je radio tek nekoliko mjeseci. Početkom 1900. Franjo Hanaman vraća se u Beč na Tehničku visoku školu i počinje raditi kao asistent svoga bivšeg profesora dr. Georga Vortmanna (1854-1932) na katedri analitičke kemije. Radio je u praktikumu iz kvalitativne analize, a uz to je vodio i elektroanalitički laboratorij. To ga je potaknulo da se temeljiti-je počne baviti elektrotehnikom, pa je odlazio na predavanja prof. dr. Karla Hocheneggera (1860-1947), koji je bio stručnjak na tom području. Tako je stekao nužno znanje, koje mu je poslije dobro poslužilo pri rješavanju problema vezanih uz električnu žarulju. Prvi rad na području elektroanalize publicirao je 1902. pod naslovom *Ein Apparat für elektroanalytische Zwecke (Aparat za elektroanalitičke namjene)* u časopisu *Zeitschrift für Elektrochemie*. Kada se Franjo Hanaman zaposlio kao Vortmannov asistent, tamo je već dvije godine istu dužnost obavljao i dr. Alexander Just, mladi znanstvenik koji ga je uspio zainteresirati za rad na poboljšavanju električne žarulje. Dr. Just surađivao je s bečkom tvrtkom Schneider & Cons na usavršavanju žarulje s ugljenom niti, koja je bila preteča žarulja s metalnom niti. Dr. Just snažno je utjecao na odluku mladoga Hanamana da se tada potpuno posveti istraživanjima na području električne rasvjete, odnosno pronalaženju postupaka za dobivanje žarnih niti. Godine 1902. započinje zajednički rad Franje Hanamana i dr. Alexandera Justa u toj tvrtki. Ispočetka su radili pokuse s borovim nitridom, a zatim s različitim kovinama, od kojih je volfram pokazao najbolja svojstva.



Franjo Hanaman (desno) s Alexanderom Justom
Franjo Hanaman (rechts) mit Alexander Just

DIE ERFINDUNG DER WOLFRAMGLÜHLAMPE

Dr. Alexander Just und Franjo Hanaman wurden durch die Auer'schen Experimente mit Osmium dazu angeregt, auch selbst Metalle mit hohem Schmelzpunkt, die als Fäden in Glühlampen verwendet werden könnten, zu erforschen. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war der Schmelzpunkt von Metallen wie Molybdän, Wolfram, Titan, Uran und Thor noch unbekannt. Von all diesen Metallen konnte lediglich Wolfram relativ einfach hergestellt werden, und zwar durch Reduktion des Wasserstoffs aus seinem Oxid (WO_3) bei einer Temperatur von 700 - 800 °C. Diese Tatsache bewog Dr. Just und Franjo Hanaman dazu, eben dieses Metall als Glühfaden zu verwenden.

Die erste Herstellungsart von Wolframfäden, das sogenannte Substitutionsverfahren, ließen Dr. Just und F. Hanaman durch das Patent D. R. P. Nr. 154262 vom April 1903 in Wien schützen. Das Patent trug die Bezeichnung *Verfahren zur Herstellung von Glühkörpern aus Wolfram oder Molybdän für elektrische Glühlampen*. Das Verfahren bestand darin, zunächst auf chemischem Wege eine rasch verdunstende Verbindung von Wolframoxidchlorid aus Chlor und einer WO_3 -Mischung mit Kohle zu gewinnen und danach in den durch diese Verbindung entstandenen Dämpfen den Kohlefaden unter Vorhandensein von Wasserstoff zu erhitzen. Dabei reagiert der Kohlenstoff mit dem Sauerstoff aus dem Oxidchlorid unter Entstehung von Kohlenmonoxid, und der Wasserstoff mit dem Chlor unter Entstehung von Chlorwasserstoff. Wolfram, das durch diese Reduktion entsteht, nimmt den Platz des Kohlenstoffs am Glühfaden ein, bzw. substituiert ihn. Durch die Anpassung der Fadentemperatur und der Konzentration der Gase, die an der Reaktion beteiligt sind, kann ein gleichmäßiger Querschnitt des Fadens erreicht werden. Beim Stromdurchlauf durch die dünneren Stellen des Fadens werden diese stärker erhitzt als die anderen Teile, was eine größere Ausscheidung von Wolfram aus Wolframoxidchlorid an diesen Stellen bewirkt und somit die Fadendicke ausgleicht. Glühlampen, deren Fäden durch dieses Verfahren erzeugt wurden, hatten einen Stromverbrauch von 1,5 Watt pro HK. Ihr Hauptmangel bestand in der spröden Beschaffenheit der Fäden.

Später meldeten Dr. Just und Franjo Hanaman noch weitere Patente an, die Herstellungsverfahren von Wolframfäden nach anderen Methoden beschreiben, wie zum Beispiel das sogenannte Pasten-Verfahren, bei dem ihnen Auer von Welsbach behilflich war.

IZUM ŽARULJE S VOLFRAMOVOM NITI

Dr. Alexandera Justa i Franju Hanamana potaknuli su Auerovi pokusi s osmijem da i sami počnu proučavati metale s visokim talištem koji bi se primijenili za niti u žaruljama. Početkom 20. stoljeća bila su nepoznata tališta kovina kao što su molibden, volfram, titan, uran i torij. Od svih tih metala jedino je volfram bilo relativno lako proizvesti, i to redukcijom njegova oksida WO_3 s vodikom na temperaturi od 700 - 800 °C. Ta činjenica navela je dr. Justa i Hanamana da upravo tu kovinu upotrijebe za nit žarulje.

Prvi način proizvodnje volframovih niti tzv. postupkom supstitucije dr. Just i Hanaman zaštili su patentom D. R. P. No. 154262 u travnju 1903. u Beču. Patent je nosio naslov *Verfahren zur Herstellung von Glühkörpern aus Wolfram oder Molybdän für elektrische Glühlampen*, što u prijevodu znači *Postupak izrade žarnih tijela od volframa i molibdena za električne žarulje*. Postupak se sastojao u tome da se prvo kemijskim putem dobije lako ispariv spoj volframova oksiklorida iz klora i smjese WO_3 s ugljenom, a zatim da se u parama tog spoja grije ugljena nit u prisutnosti vodika. Ugljik pri tome reagira s kisikom iz oksiklorida uz nastanak ugljikova monoksida, a vodik s njegovim klorom uz nastanak klorovodika. Volfram koji nastaje tom redukcijom zauzima mjesto ugljika na niti, odnosno supstituira ga. Prilagođivanjem temperature niti i koncentracije plinova koji sudjeluju u reakciji može se postići da nit poprimi jednoličan presjek. Prolaskom struje mjestima na kojima je nit tanja ona će se više zagrijati od ostalih dijelova niti, što će uzrokovati jače izlučivanje volframa iz volframova oksiklorida na tim mjestima i izjednačavanje debljine niti. Žarulje s nitima dobivenim tim postupkom trošile su 1,5 W po jednoj Hefnerovoj svijeći. Njihov je glavni nedostatak bila krhkost niti.

Poslije su dr. Just i Hanaman prijavili još nekoliko patenata koji opisuju načine izrade volframovih niti drugim postupcima, kao što je i tzv. postupak s pastom, gdje im je pomagao i Auer von Welsbach.

U postupku s pastom volframov se prah razmiješa s organskim tvarima u pastu, propusti kroz rupice i zatim karbonizira u električnoj peći. Na kraju se niti dekarboniziraju grijanjem u reduktivnoj atmosferi. Promjer tako dobivenih niti iznosio je 0,02 mm, specifični utrošak električne energije iznosio je 1 W po jednoj Hefnerovoj svijeći, a mogle su svijetliti više od 400 sati.

Dvojica istraživača sve su navedene patente poslije dopunili patentima

Bei der Methode mit der Paste wurde Wolframpulver mit organischen Stoffen zu einer Paste vermischt, durchgeseibt und dann im elektrischen Ofen verkohlt. Schließlich werden die Fäden durch Erwärmung in reduktiver Atmosphäre dekarbonisiert. Der Durchmesser der auf diese Weise gewonnenen Fäden betrug 0,02 mm, der spezifische Stromverbrauch 1 Watt pro HK, die Brenndauer über 400 Stunden.

Die beiden Erfinder ergänzten später alle angeführten Patente durch neue Patente, welche auch die Apparatur für die Fertigung der Wolframglühlampe beschreiben, denn von der Erfindung des Verfahrens zur Fadengewinnung bis zur Herstellung gebrauchsfähiger Glühlampen vergingen drei Jahre anstrengender Forschungs- und experimenteller Arbeiten, die häufig auch von Enttäuschungen begleitet waren.

Die letzten Schritte in der Entwicklung der Wolframlampe wurden in den Vereinigten Staaten unternommen, wo 1910 die Firma General Electric Co. das sogenannte *Coolidge-Verfahren* zur Gewinnung von Wolframfäden einführte, das darauf beruht, den Wolframdraht direkt zu ziehen. Durch dieses Verfahren war ein Wolframfaden hergestellt worden, der durch seine Elastizität und Festigkeit überzeugte.



***Naslovna stranica Hanamanova i Justova patentnoga spisa upisana 1904. u
Budimpešti***

Titelseite von Hanamans und Justs Patentschrift, 1904 in Budapest eingetragen

Megjelent 1904. évi december hó 13-án.

MAGY. KIR.
SZABADALMI HIVATAL

SZABADALMI LEIRÁS

34541. szám.

VII. OSZTÁLY.

Eljárás wolfram- vagy molybdänből elektromos izzólámpákhoz való izzótestek előállítására.

Dⁿ JUST ALEXANDER VEGYÉSZ ÉS HANAMAN FERENCZ MÉRNÖK
ELŐBB BÉCSI, JELENLEG BUDAPESTI LAKOSOK.

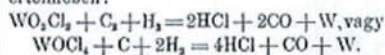
Bejelentésnek napja 1905 június hó 6-ika. Elsőbbsége 1904 október 7-től kezdődik.

Azon fémek közé, melyek ama tulajdonságuk folytán, hogy nehezen olvadnak és nehezen illannak, főleg izzótestek gyanánt való használatra alkalmasak, egyebek közt a wolfram és molybdän is tartozik. A wolframnak és molybdännek izzótestek gyanánt való alkalmazásának gondolata egyáltalában nem új, ellenkezőleg a legkülönbözőbb eljárások ismeretesek már főleg platina- vagy szénszállakon az említett fémekből álló bevonatok előállítására. A jelen találmány ezekkel szemben tiszta wolfram- vagy molybdänfém-ből álló izzószálak előállítását célozza. E fémek oxyhalogénvegyületei pl. oxychloridjai, mint ismeretes, vörös izzásnál, fém, halogénhydrogén és víz képződése közben a hydrogén által redukáltatnak. Ha tehát izzó fém- vagy szénszálat wolfram-oxychlorid-gőz és fölösleges mennyiségű hydrogén atmoszférájába hozunk, a redukált wolframfém alakjában lecsapódik a fém- vagy szénszárra és így olyan izzótest jön létre, mely fém- vagy szénmagból és wolfram-, illetőleg molybdänbevonatból áll.

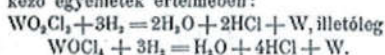
Gondos kísérletezések arra az eredményre vezettek, hogy a reakció bizonyos körülmények közt ettől teljesen eltérő módon

megy végbe. Ha ugyanis szénszálat wolfram-oxychloridok gőzében, csak igen kis mennyiségű hydrogén jelenlétében elektromos áram keresztül bocsátásával magas hőfoknak teszünk ki, rendkívül csodálatos változás megy a szénszállban végbe. A szénszál ugyanis lassan-lassan teljesen átalakul tiszta wolframszállá; e művelet analog módon fölhasználtatott már oszmiumszálak előállítására, szénszállaknak oszmiumtetroxyd-atmoszférában eszközölt izzítása útján.

A jelen esetben a szén az oxychlorid oxygénjével szénoxyddá vagy szénsavvá egyesül, a chlort a hydrogén chlórhydrogén-né redukálja és a wolfram a szén helyébe lecsapódik a következő egyenletek értelmében:



Ha a szén egyszer teljesen helyettesítve van wolframmal, a hydrogénáramot észlelő szerűen erősítjük, mikor is a wolfram a képződött wolframszárra lecsapódik, ez által ezt erősíti és egyenletessé teszi a következő egyenletek értelmében:



koji opisuju i aparaturu za izrađivanje volframovih žarulja jer od izuma postupka za izradu niti do proizvodnje upotrebljivih žarulja protekle su tri godine u napornim istraživanjima i pokusima, a često su ih pratila i razočaranja.

Završni koraci u razvoju volframove žarulje učinjeni su u Sjedinjenim Državama, gdje je tvrtka General Electric Co. 1910. uvela tzv. *Coolidgeov postupak* za dobivanje volframovih niti, koji se zasniva na izravnom izvlačenju žice od volframa. Tim postupkom dobivena je volframova nit zadovoljavajuće elastičnosti i čvrstoće.

FORTGANG AUS WIEN UND WISSENSCHAFTLICHE ARBEIT BIS ZUM EINTREFFEN IN ZAGREB

Das Unternehmen Schneider & Cons, für das Dr. Just und Hanaman tätig waren, zeigte kein Verständnis für ihren Enthusiasmus und ihre Entdeckungen verschiedener Verfahrensweisen zur Gewinnung von Wolframfäden, denn zu jener Zeit hatte niemand daran geglaubt, daß man Glühlampen mit so geringem Verbrauch an elektrischer Energie herstellen könnte. Enttäuscht von diesem mangelnden Verständnis, verließen sie das Unternehmen und wandten sich an den Professor für Elektrotechnik am Elektrotechnischen Institut in Wien, Dr. Karl Hochenegger, den sie um Unterstützung ersuchten. Dank seiner Vermittlung schickte die Firma Siemens & Halske aus Berlin ihren Direktor nach Wien, der einen Einblick in diese Entdeckungen gewinnen sollte. Es zeigte sich jedoch, daß das große Unternehmen die beiden Wissenschaftler nur ausnutzen wollte, ohne entsprechende Vergütung. Die beiden boten ihre Erfindungen verschiedenen Fabriken in Österreich-Ungarn und Deutschland an, doch keine der Firmen wollte Geld in die notwendigen Experimente und Testversuche, die der Herstellung des Endprodukts vorausgehen mußten, investieren.

Von den Mißerfolgen enttäuscht, beschloß Hanaman Ende des Jahres 1904, Wien zu verlassen und eine Stelle in der Zementfabrik in Ledecz anzunehmen. Dort blieb er jedoch nicht lange, sondern ging 1905 nach Újpest, bei Budapest gelegen, zu dem Unternehmen Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. (dt. Vereinigte Aktiengesellschaft für Glühlampen und Elektrotechnik), das Kohlefadenglühlampen herstellte. Dort schlossen er und Dr. Just einen Vertrag ab, dem zufolge die Firma das Patent der beiden abkaufte, und sie mit Experimenten zur Förderung der industriellen Herstellung von Wolframfadenglühlampen beginnen konnten. Wies das Endprodukt eine zufriedenstellende Qualität auf, sollte Hanaman vertragsgemäß zum technischen Berater ernannt werden und die Produktion leiten. Die Hälfte des Profits vom Verkauf des Patents sollte in diesem Fall der Fabrik zukommen. Obwohl die beiden Wissenschaftler voll im Einsatz waren, konnten sie die Zeit, die seit ihrem Fortgang aus Wien verlorengegangen war, nicht mehr aufholen, da große deutsche Unternehmen von ihrer Erfindung erfahren hatten und durch ihre finanzielle und technische Überlegenheit bessere Resultate erzielen konnten. Die ersten Wolframglühfäden waren sehr spröde, so daß die Testproduktion nur

ODLAZAK IZ BEČA I ZNANSTVENI RAD DO DOLASKA U ZAGREB

Tvrtka Schneider & Cons za koju su dr. Just i Hanaman radili nije imala razumijevanja za njihov entuzijazam i otkrića različitih postupka za dobivanje volframovih niti, jer nitko u ono vrijeme nije vjerovao da bi se mogle napraviti žarulje s tako malim potroškom električne energije. Razočarani nerazumijevanjem, napustili su tvrtku i obratili se profesoru elektrotehnike



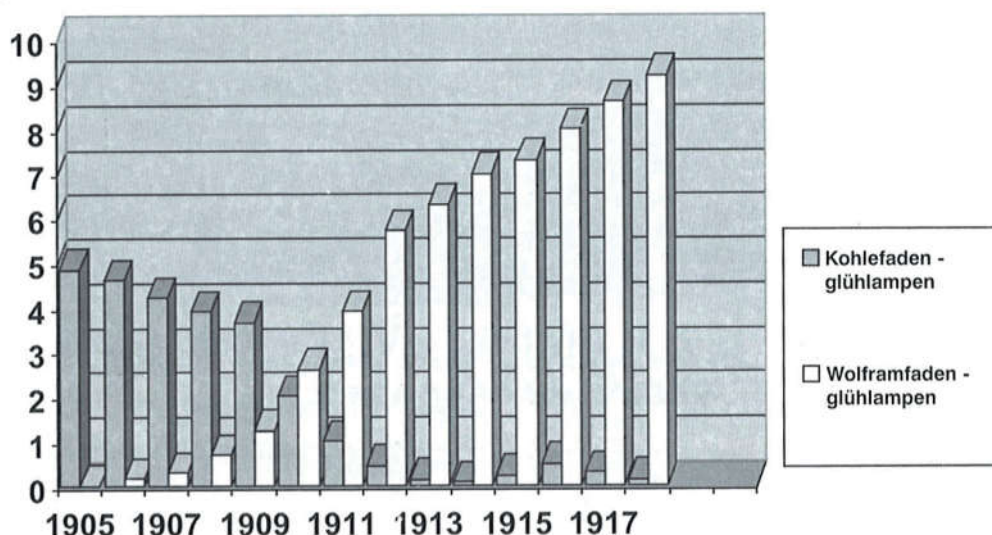
52

Crtež tvornice Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt.
Eine Zeichnung der Fabrik Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt.

langsam voranschritt. 1906 erschienen auf dem Markt die ersten von der Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. Fabrik hergestellten Wolframglühlampen. Im selben Jahr wurde in Budapest eine eigene Aktiengesellschaft unter dem Namen Nemzetközi Wolframlámpa Rt. (dt. Internationale Aktiengesellschaft für Wolframlampen) gegründet, mit dem Ziel Hanamans und Dr. Justs Patente auf die Herstellung von Wolframglühfäden kommerziell zu verwerten und die rechtliche Grundlage zu regeln. Das Patent war in dreizehn Ländern der Welt angemeldet. Hanaman war Vizepräsident der Aktiengesellschaft von ihrer Gründung bis zum Jahr 1911.

Die Nachfrage nach Wolframglühlampen wuchs beständig von Jahr zu Jahr, während die Nachfrage nach Kohleglühlampen rapide sank, wie die graphische Darstellung zeigt.

Die Schwierigkeiten in der Entwicklung der neuen Produktion haben jedoch die Marktlage des Unternehmens sehr geschwächt.



Glühlampenproduktion (Stückzahl in Millionen angegeben) der Fabrik Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. und ihrer Nachfolger von 1905 bis 1918.

Seit 1909 ist die Fabrik unter dem Namen Tungsram registriert und wird in der ganzen Welt bekannt. Die Firmenbesitzer wollten 1918 ein Forschungslabor unter der Leitung von Franjo Hanaman gründen, doch gelang es ihnen nicht, ihn von der Ableistung des Militärdienstes freistellen zu lassen.

Auf dem Glühlampenmarkt herrschte eine große Konkurrenz. Die Wolframfadenglühlampen wurden unter verschiedenen Namen wie zum Beispiel *Monowatt*, *Sirius*, *Tungsram* u.a. auf dem Markt plazierte. Interessant dabei ist, daß eine Art dieser Glühlampen unter dem Namen

na elektrotehničkom institutu u Beču dr. Karlu Hocheneggeru za pomoć. Na njegovu intervenciju tvrtka Siemens & Halske iz Berlina poslala je svoga direktora u Beč da vidi o kakvim je izumima riječ. No, ta velika tvrtka samo ih je htjela iskoristiti bez odgovarajuće naknade. Izume su nudili raznim tvornicama u Austro-Ugarskoj i Njemačkoj, ali ni jedna tvornica nije htjela uložiti novac za pokuse i testiranja koja su morala prethoditi izradi gotova proizvoda.

Razočaran neuspjehom, Hanaman je potkraj 1904. odlučio otići iz Beča i zaposliti se u tvornici cementa u Ledeczu. Tamo je boravio kraće vrijeme, a zatim je 1905. otišao u Újpest kod Budimpešte u tvornicu Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. (u prijevodu Ujedinjeno dioničarsko društvo za žarulje i elektrotehniku), koja se bavila proizvodnjom žarulja s ugljenom niti. Tamo je zajedno s dr. Justom sklopio ugovor prema kojemu je tvornica otkupila njihov patent, a oni su počeli izvoditi pokuse sa svrhom razvoja industrijske proizvodnje žarulja s volframovim nitima. Prema tom ugovoru, u slučaju da gotov proizvod zadovolji kvalitetom, Hanaman bi postao tehnički savjetnik i vodio bi proizvodnju, a od prodaje patenta pola zarade pripalo bi tvornici. Iako su tamo radili punom parom, nisu više mogli nadoknaditi izgubljeno vrijeme od odlaska iz Beča jer su velike njemačke tvrtke saznale za njihov izum i sa svojom velikom novčanom i tehničkom premoći došle do boljih rezultata na tom području. Prve volframove žarne niti bile su veoma krhke, tako da je razvoj pokusne proizvodnje tekao sporo. Godine 1906. na tržištu su se pojavile prve žarulje s volframovom niti koje je proizvela tvornica Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. Iste godine osnovano je u Budimpešti posebno dioničko društvo pod imenom Nemzetközi Wolframlámpa Rt (u prijevodu Međunarodno dioničko društvo za volframove svjetiljke) s ciljem unovčavanja Hanamanovih i Justovih patenata za proizvodnju volframovih žarnih niti i zbog pravnih razloga. Patent je bio registriran u trinaest zemalja širom svijeta. Hanaman je bio potpredsjednik dioničkog društva od njegova osnutka do 1911. godine.

Potražnja za žaruljama s volframovom niti iz godine u godinu neprestano je rasla, a potražnja za žaruljama s ugljenom niti naglo je opadala, što se vidi na grafikonu.

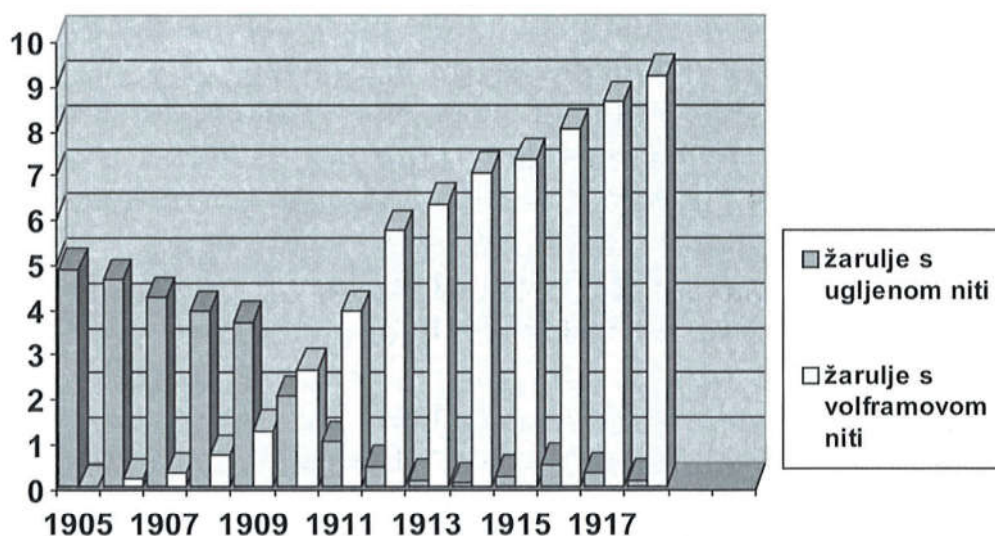
Dr. Just-Wolframlampe verkauft wurde, wobei ungerechterweise Hanamans Name ausgelassen war.

Der Mangel an finanziellen Mitteln brachte Dr. Justs und Hanamans Forschungen zum Stocken, so daß das amerikanische Unternehmen General Electric Co. das Primat auf dem Gebiet der Wolframlampen übernahm, denn es gelang ihm 1910 einen elastischen Wolframfaden von überzeugender Festigkeit herzustellen. Hanaman sah ein, daß er mit dem Unternehmen nicht Schritt halten konnte und reiste 1909 sowie 1910 in die Vereinigten Staaten wegen Verhandlungen über den Verkauf aller Rechte auf die Patente der Internationalen Aktiengesellschaft für Wolframlampen. Darüber schrieb er seinem ehemaligen Lehrer am Realgymnasium in Zemun, Dr. Stanko Plivelić: "Als ich im Jahr 1910 in Amerika weilte, führten sie mir die Resultate vor, die sie erzielt hatten, und von diesem Tag an war unser Schicksal besiegelt. Der Wolframdraht erwies sich als das Ideal der Herstellung, und alle anderen Methoden müssen der Vergangenheit angehören, denn mit einem Draht, der zugleich preiswert und elastisch ist, kann keinerlei Verfahren konkurrieren." (Zitat aus Dr. Stanko Plivelićs Text *Novovjeki izumi (Neuzeitliche Erfindungen)*, Buch IV, Matica hrvatska, Zagreb, 1913.) Die Verhandlungen endeten mit dem Abkauf sämtlicher Patentrechte der Internationalen Aktiengesellschaft für Wolframlampen in Höhe von 250.000 Dollar seitens der General Electric Co. Die Erfinder Dr. Just und Hanaman erhielten zusammen ein Drittel der Gesamtsumme. Mit dem Vertrag, den sie unterzeichnet hatten, verpflichteten sie sich dazu, jede neue Entdeckung auf dem Gebiet der elektrischen Beleuchtung zuerst dem Unternehmen General Electric Co. anzubieten. Der Konzern verlängerte den Vertrag immer wieder bis zum Jahr 1934, was von der Wichtigkeit der Erfindungen Dr. Justs und Hanamans zeugt. Im Jahr 1912 wurden ihre Erfindungen auch in den USA zum Patent angemeldet. Die Bedeutung ihrer Erfindungen bestätigte auch William David Coolidge (1873-1975), ab 1932 Direktor des wissenschaftlichen Laboratoriums der General Electric Co. und Erfinder des Verfahrens zum Ziehen von Wolframfäden, in einem Teil seines Briefes an den Redakteur der Zeitschrift *Arhiv za kemiju i farmaciju (Archiv für Chemie und Pharmazie)*, in dem er folgendes anführte:

"Allow me, however, to take this opportunity to express my keen appreciation of the pioneer work of Professor Hanaman in the tungsten lamp field. To him and to Dr. Just belongs the honor of being the path finders who led the world to a wonderful new light.

Let me also pay my tribute to Professor Hanaman's sterling character and lovable nature. I feel fortunate indeed in being able to count him as one of my very good friends."

("Gestatten Sie mir, bei dieser Gelegenheit meine große Anerkennung für



Proizvodnja žarulja u milijunima komada tvornice Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. i njezinih sljednica od 1905. do 1918. godine

Poteškoće s razvojem nove proizvodnje poprilično su oslabile položaj tvornice na tržištu.

Od 1909. tvornica je registrirana pod imenom Tungsram i postaje poznata u svijetu. Vlasnici tvrtke željeli su 1918. pokrenuti istraživački laboratorij koji bi vodio Franjo Hanaman, ali ga nisu uspjeli osloboditi služenja vojne obveze.

Na tržištu električnih žarulja vladala je velika konkurencija. Žarulje s volframovim nitima pojavljivale su se pod raznim nazivima kao što su *monowatt*, *sirius*, *tungsram* i dr., a zanimljivo je da je jedna vrsta takvih žarulja prodavana pod nazivom *Dr. Just - Wolframlampe*, pri čemu je nepravedno izostavljeno prezime Hanaman.

Nestašica novca usporava Justova i Hanamanova istraživanja, tako da američka tvrtka General Electric Co. preuzima primat na području volframovih žarulja jer je 1910. uspjela proizvesti elastičnu volframovu nit zadovoljavajuće čvrstoće. Uvidjevši da ne može držati korak s navedenom tvrtkom, Hanaman u dva navrata, 1909. i 1910, odlazi u SAD na pregovore o prodaji svih patentnih prava Međunarodnog dioničkog društva za volframe svjetiljke. O tome je pisao nekadašnjem profesoru u zemunskoj realci dr. Stanku Pliveliću: "Kad sam god. 1910. bio u Americi, pokazali su mi tamo njihove rezultate i od toga dana bila je naša sudbina zapečaćena. Wolframova žica bila je ideal za fabrikaciju i sve ostale metode moraju u Had, jer sa žicom, koja je jeftina i elastična, ne može nijedna metoda konkurirati." (Citat iz teksta dr. Stanka Plivelića, *Novovjekni izumi*, knjiga IV, Matica hrvatska, Zagreb, 1913.) Pregovori su završili tako da je 1910. tvrt-

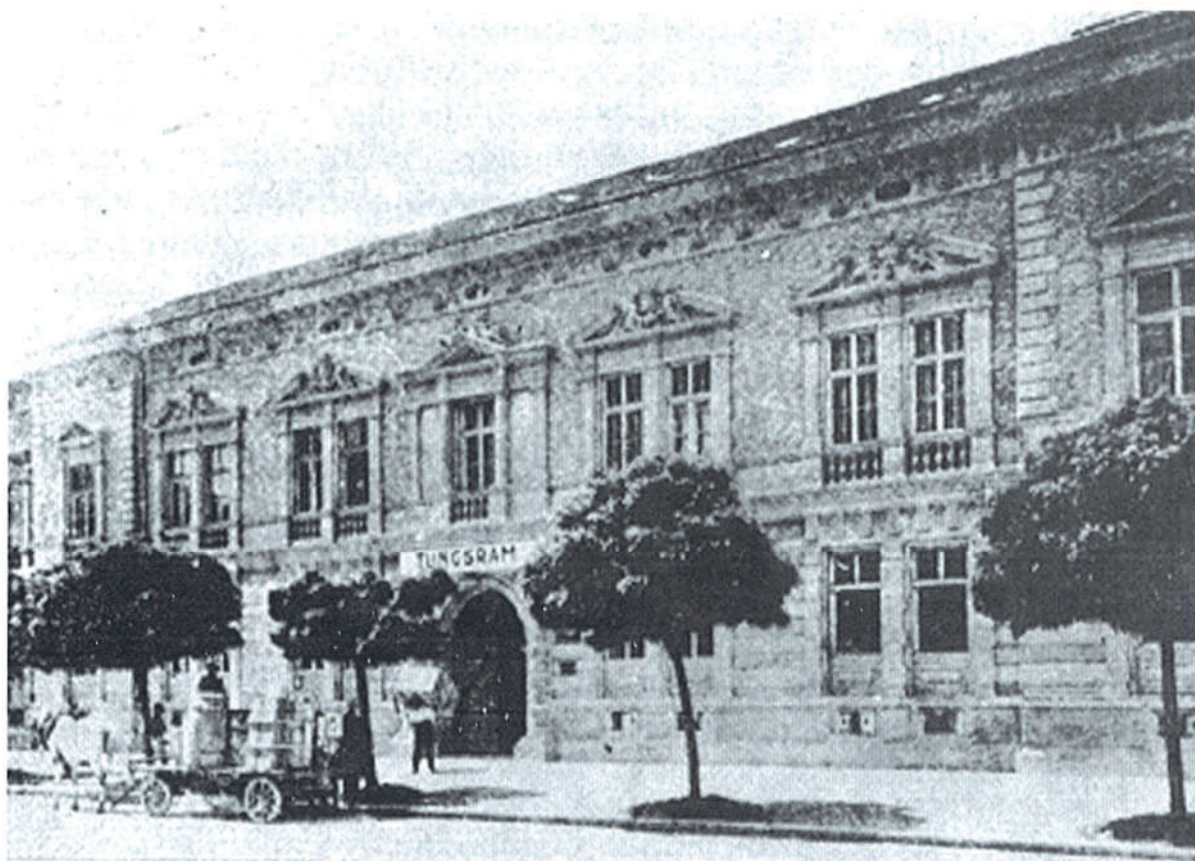
die Pionierarbeit Professor Hanamans auf dem Gebiet der Wolframlampen auszusprechen. Ihm und Dr. Just gebührt die Ehre, daß sie der Welt den Weg zu einem wundervollen neuen Licht gezeigt haben.

An dieser Stelle möchte ich auch meiner Hochachtung für Professor Hanamans redlichen Charakter und sein freundliches Wesen Ausdruck verleihen. Ich kann mich glücklich schätzen, ihn zu einem meiner besonders guten Freunde zählen zu dürfen.")

Während seines Aufenthalts in den Vereinigten Staaten traf Hanaman den großen Erfinder Nikola Tesla (1856-1943) und machte dessen Bekanntschaft.

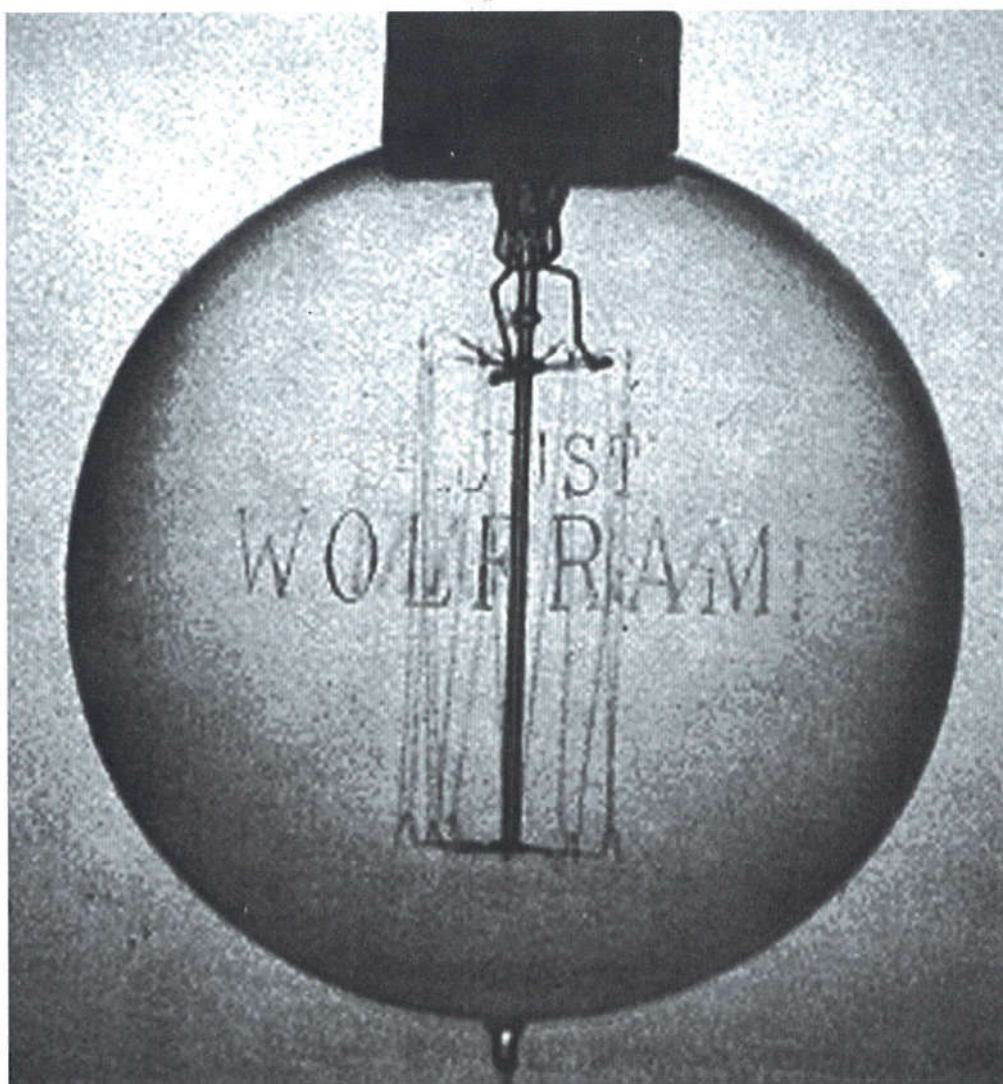
Nachdem er seine Patentrechte verkauft hatte, war Hanaman finanziell gesichert, so daß er Ende des Jahres 1911 Budapest verließ und nach Deutschland ging. Dort arbeitete er einige Zeit lang als technischer Berater in der Firma Wolframlampen A.G. in Augsburg und später in der Julius Pintsch A.G. in Berlin. Während seines Berlinaufenthalts von 1912 bis 1915 war er am Institut für Eisenmetallurgie an der Technischen Hochschule in Charlottenburg bei Berlin tätig, wo er bei Prof. Dr. H. Hanemann einige Patente entwickelte und seine Doktorarbeit unter dem Titel *Über Rostversuche mit nitriertem Eisen* schrieb. Mit dieser Dissertation promovierte er im Mai 1913 zum Doktor der technischen Wissenschaften. In dieser Schrift wurde zum ersten Mal auf den Rostschutz hingewiesen, der bei Eisen durch das Nitrieren seiner Oberfläche mit gasförmigem Ammoniak erreicht werden kann. Dieses Rostschutzverfahren für Eisen ließ Hanaman zusammen mit seinem Professor Dr. Hanemann im Jahr 1912 durch das deutsche Patent D. R. P. Nr. 271568 schützen. Die Experimente, mit welchen die praktische technische Anwendung des Nitrierens von Eisen für industrielle Zwecke getestet wurde, führten Hanaman und Prof. Dr. Hanemann in den Laboratorien der bereits erwähnten Fabrik Julius Pintsch A.G. durch. Wegen des Ausbruchs des Ersten Weltkriegs mußten die Arbeiten auf diesem Gebiet eingestellt werden. In seiner Freizeit arbeitete Hanaman am Institut für Materialprüfung. Nach seiner Dissertation verfaßte er auch seine Habilitationsschrift zum Erwerb der Venia Legendi als Dozent unter dem Titel *Über Cer-Legierungen. Die Cer-Kupfer-Legierung und ihre Konstitution*, die 1915 in Leipzig veröffentlicht wurde. Das Habilitationsverfahren mußte jedoch wegen seiner Mobilisierung im Ersten Weltkrieg eingestellt werden.

Hanaman trat seinen Kriegsdienst im Jahr 1915 an als Leiter des Instituts für Materialprüfung, das für die Luftwaffe arbeitete und sich in Fischamend bei Wien befand. Dort hatte er ein Labor für Metallographie gegründet, wo er auch bis zum Ende des Krieges blieb. Während des Krieges hatte er außerdem die Aufsicht über die Metallwerkstatt F. Zimmermanns Söhne in



Zgrada predstavnštva tvornice Tungsram dvadesetih godina u Zagrebu
Repräsentanzgebäude der Fabrik Tungsram in den zwanziger Jahren des 20. Jhs. in
Zagreb

Wien, die requiriert worden war. In Fischamend befaßte sich Hanaman auch mit Forschungsarbeiten und schrieb zwei Werke, die aber wegen ihres vertraulichen Charakters nicht veröffentlicht wurden. Es handelte sich dabei um Arbeiten über Aluminium-Flugzeugmotorkolben sowie um Ersatzlegierungen für Flugzeugtriebwerklager. Zudem hatte er auch ein Patent auf die Anfertigung von Patronen aus Eisenblech angemeldet, das jedoch ebenfalls wegen der Kriegsvorschriften nicht veröffentlicht wurde.



***Žarulja s volframovom niti naziva Dr. Just - Wolframlampe
Wolframglühlampe, Dr. Just - Wolframlampe genannt***

ka General Electric Co. otkupila sva patentna prava Međunarodnog dioničkog društva za volframove svjetiljke po cijeni od 250.000 dolara, od kojeg su iznosa izumitelji Just i Hanaman zajedno dobili trećinu. Ugovorom su se izumitelji obvezali da će svaki sljedeći izum na području električne rasvjete prvo ponuditi tvrtki General Electric Co. Tvrtka je taj ugovor produljivala sve do 1934, što govori o važnosti Justovih i Hanamanovih izuma. Njihovi su izumi 1912. dobili patentna prava i u SAD. Važnost tih izuma potvrdio je i William David Coolidge (1873-1975), od 1932. direktor znanstvenoga laboratorija General Electric Co. i izumitelj postupka izvlačenja volframovih žica, u dijelu pisma upućena uredniku Arhiva za kemiju i farmaciju, gdje navodi:

"Allow me, however, to take this opportunity to express my keen appreciation of the pioneer work of Professor Hanaman in the tungsten lamp field. To him and to Dr. Just belong the honor of being the path finders who led the world to a wonderful new light.

Let me also pay my tribute to Professor Hanaman's sterling character and lovable nature. I feel fortunate indeed in being able to count him as one of my very good friends."

("Dopustite mi da ovom prigodom izrazim priznanje pionirskom radu profesora Hanamana na području volframovih svjetiljki. Njemu i dr. Justu pripada čast da su svijetu pokazali put do divna novoga svjetla.

Dopustite mi da odam poštovanje čestitom karakteru i ljubaznoj naravi profesora Hanamana. Sretan sam da ga mogu ubrojiti među svoje osobito dobre prijatelje.")

Za vrijeme boravka u Sjedinjenim Državama Hanaman se susreo i upoznao s velikim izumiteljem Nikolom Teslom (1856-1943).

Hanaman je nakon prodaje patentnih prava bio materijalno osiguran, tako da potkraj 1911. napušta Budimpeštu i odlazi u Njemačku. Tamo je neko vrijeme radio kao tehnički savjetnik u tvornici Wolframlampen A. G. u Augsburgu, a zatim u tvornici Julius Pintsch A.G. u Berlinu. Za boravka u Berlinu od 1912. do 1915. radio je na institutu za metalurgiju željeza na Tehničkoj visokoj školi u Charlottenburgu kod Berlina. Tamo je kod prof. dr. H. Hanemanna uz nekoliko patenata izradio i doktorsku disertaciju pod naslovom *Über Rostversuche mit nitriertem Eisen*, što u prijevodu znači *O pokusima korozije s nitriranim željezom*, s kojom je u svibnju 1913. promoviran za doktora tehničkih znanosti. U tom radu on je prvi ukazao na zaštitu od korozije, koja se za željezo može postići nitriranjem njegove površine plinovitim amonijakom. Takav način zaštite željeza od korozije Hanaman je zajedno sa svojim profesorom dr. Hanemannom 1912. zaštitio njemačkim patentom D. R. P. No. 271568. Pokuse radi praktične tehničke primjene nitriranja željeza u industriji Hanaman i Hanemann izvodili su u laboratorijima već spomenute tvornice Julius Pintsch A.G. Prvi

Die
Königliche Technische Hochschule zu Berlin
unter dem Rektorate des Geheimen Regierungsrats Professors Joffe
verleiht durch diese Urkunde

dem Ingenieur

Herrn Franz Hanaman

aus Drenouce (Slavonien)

die Würde eines Doktor-Ingenieurs

nachdem derselbe in der

Abteilung für Chemie und Hüttenkunde

in ordnungsmäßigem Promotionsverfahren

unter Vorsitz des

Geheimen Regierungsrats Professors Dr. Miethe

und unter Mitwirkung der beiden Referenten:

Dozenten Dr.-Ing. Hanemann

und Professors Dr. Dolezalek

durch seine Dissertation:

„Über die Rostung und das Gleichgewichtspotential von nitrierten Schweiß- und Flußeisen“

sowie durch die vorgenommene mündliche Prüfung seine wissenschaftliche

Befähigung erwiesen und hierbei das Prädikat

„gut bestanden“

erworben hat.

Charlottenburg, den 6. Mai 1913.

Rektor und Senat
der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin

Joffe

svjetski rat prekinuo je rad na tom području. U slobodno vrijeme Hanaman je radio na institutu za ispitivanje materijala. Nakon doktorske disertacije Hanaman je napravio i habilitacijski rad za docenta pod naslovom *Über Cer-Legierungen. Die Cer-Kupfer-Legierung und ihre Konstitution (O legiranju s cerom. Legure cera i bakra i njihova struktura)*, koji je 1915. objavljen u Leipzigu, ali je postupak njegove habilitacije obustavljen zbog mobilizacije u Prvom svjetskom ratu.

Hanaman je stupio u vojsku 1915. na dužnost šefa zavoda za ispitivanje materijala za avijaciju koji se nalazio u Fischamendu pokraj Beča. Tamo je organizirao metalografski laboratorij i ostao do kraja rata. Za vrijeme rata imao je nadzor i nad metalnom radionicom F. Zimmermans und Söhne u Beču, koja je bila rekvirirana u vojne svrhe. U Fischamendu bavio se i istraživačkim radom te napisao dva rada koja zbog povjerljivosti nisu objavljena. To su radovi o aluminijskim stapovima u avionskim motorima i zamjenskim legurama za ležajeve avionskih motora. Osim toga prijavio je i patent za izradu fišeka od željeznog lima, koji također zbog ratnih propisa nije objavljen.

ANKUNFT IN ZAGREB UND TÄTIGKEIT AN DER UNIVERSITÄT

Nach dem Zerfall der österreichisch-ungarischen Monarchie kehrte Hanaman in seine Heimat zurück. Er zog nach Zagreb, wo er mehrere Monate lang als Oberstleutnant im Heer des damaligen Königreichs der Serben, Kroaten und Slowenen diente. Nachdem er das Militär verlassen hatte, wurden ihm im Ausland zahlreiche herausragende und lukrative Stellungen in der Glühlampenindustrie angeboten, doch Hanaman lehnte diese Angebote ab, denn er wollte sich der Entwicklung und dem Fortschritt seines Heimatlandes widmen. Die einzigen Angebote, die er annahm, waren solche, bei denen er eine beratende Rolle bei der Gründung und Entwicklung der einheimischen elektrischen Beleuchtungsindustrie innehatte, doch betätigte er sich nicht aktiv auf diesem Gebiet, sondern gründete das Unternehmen *Jugoslavenska industrija motora d.d.* (dt. Jugoslawische Motorenindustrie A.G.), das sich mit der Herstellung und Reparatur von Motoren befaßte, und dessen Generaldirektor er wurde. Das Unternehmen war jedoch nicht besonders erfolgreich, da eine adäquate staatliche Unterstützung ausblieb. Die Firma wurde, bald nachdem Hanaman von seinem Posten als Direktor zurückgetreten war, aufgelöst. Nach diesem Fehlschlag unternahm er noch einige Versuche im Bereich der Wirtschaft. So wurde er zum Verwaltungsmitglied bei *Jugoslavenska industrija ulja i boja* (dt. Jugoslawische Öl- und Farbenindustrie) in Zagreb sowie zum Kommissar für die Werft in Kraljevica ernannt. 1921 wurde er Sektionschef im Handels- und Industrieministerium in Zagreb, doch nahm er dieses Amt nur für einige Monate ein.

All die genannten Posten und Anstellungen hatten Hanaman nicht zufriedenstellen können, denn er wollte seine wissenschaftliche Arbeit fortsetzen und sein Wissen an künftige Generationen weitergeben.

Ein besonderer Ausschuß der Gesellschaft der Ingenieure und Architekten in Kroatien und Slawonien, dem auch Franjo Hanaman angehörte, erhielt den Auftrag die wissenschaftlichen Grundlagen und Richtlinien für die Entwicklung der 1919 in Zagreb gegründeten Technischen Hochschule auszuarbeiten.

Franjo Hanaman wurde 1919 aufgrund seiner bereits erwähnten Habilitationsschrift zum Dozenten an der Technischen Hochschule in Zagreb ernannt. Zum Privat- und Honorardozenten für *Mechanische Technologie* wurde er am 23. März 1920 gewählt, woraufhin er Studenten der Maschinentechnik Metallurgie lehrte. Die Übungen wurden in den

DOLAZAK U ZAGREB I RAD NA SVEUČILIŠTU

Nakon sloma Austro-Ugarske Monarhije Hanaman se vraća u domovinu. Doselio se u Zagreb, gdje je nekoliko mjeseci službovao u vojsci tadašnje države SHS kao natporučnik. Nakon napuštanja vojne službe ponuđena su mu u inozemstvu brojna istaknuta i dobro plaćena radna mjesta u industriji električnih žarulja, ali ih je odbio jer se želio posvetiti razvoju i napretku vlastite zemlje. Prihvaćao je jedino ponude da savjetima pomogne osnivanju i razvoju domaće industrije električne rasvjetе. No, nije se okušao na tom području, nego je osnovao tvrtku Jugoslavenska industrija motora d.d., koja se bavila izgradnjom i popravkom motora, te postao njezin glavni ravnatelj. Tvrtka nije bila osobito uspješna jer nije dobila odgovarajuću državnu potporu, a ubrzo nakon njegova odlaska s položaja ravnatelja likvidirana je. Nakon te neuspješne epizode u životu Hanaman se još okušao u gospodarstvu kao član uprave Jugoslavenske industrije ulja i boja u Zagrebu i kao državni komesar za brodogradilište u Kraljevici. Godine 1921. postao je načelnik odjela Ministarstva trgovine i industrije u Zagrebu, ali je na tom položaju ostao samo nekoliko mjeseci.

Na svim nabrojenim položajima i radnim mjestima Hanaman nije bio zadovoljan jer je želio nastaviti znanstveni rad i prenijeti svoje znanje na buduće generacije.

Posebni odbor Društva inženjera i arhitekata u Hrvatskoj i Slavoniji, u kojemu je bio i Franjo Hanaman, dobio je zadaću da izradi znanstvene temelje i smjernice razvoja Tehničke visoke škole osnovane 1919. u Zagrebu. Titula docenta podijeljena mu je 1919. u Zagrebu na Tehničkoj visokoj školi na temelju već spomenutoga habilitacijskog rada. Za privatnoga i honorarnog docenta mehaničke tehnologije izabran je 23. ožujka 1920, kada je počeo predavati metalurgiju studentima strojne tehnike. U radionici tvrtke Jugoslavenske industrije motora odvijale su se vježbe jer na Tehničkoj visokoj školi još nije bio opremljen laboratorij za praktičnu nastavu. Predavanja iz novog kolegija *Anorganska kemijska tehnologija* ponuđena su mu 1921. odlukom Proforskog vijeća Tehničke visoke škole. Na sjednici Proforskog vijeća održanoj 12. listopada 1921. prof. Ivan Marek predlaže da se prof. dr. Franjo Hanaman imenuje javnim redovitim profesorom *Anorganske kemijske tehnologije i metalurgije*. Sljedeće godine izabran je u to zvanje, kada osniva i Zavod za anorgansku kemijsku tehnologiju i metalurgiju, prvi inženjerski zavod na tadašnjem Kemičko-inženjerskom odjelu. Za uređenje Zavoda dao je dio vlasti-

Werkstätten der Jugoslawischen Motorenindustrie abgehalten, da die Technische Hochschule noch nicht über ein Laboratorium für den praktischen Unterrichtsteil verfügte. Hanaman wurde außerdem, aufgrund des Beschlusses des Professorenrats der Technischen Hochschule, 1921 das neue Kolleg *Anorganische chemische Technologie* angeboten. Auf der Sitzung des Professorenrats vom 12. Oktober 1921 empfahl Prof. Ivan Marek, Prof. Dr. Franjo Hanaman zum ordentlichen öffentlichen Professor für *Anorganische chemische Technologie und Metallurgie* zu ernennen. Im darauffolgenden Jahr erhielt er dann auch die Professur und gründete das Institut für anorganische chemische Technologie und Metallurgie, welches das erste Institut für Ingenieurwesen der damaligen Abteilung für chemisches Ingenieurwesen war. In die Einrichtung des Instituts investierte er sogar einen Teil seines eigenen Geldes, das er durch den Verkauf der Patentrechte auf den Wolframfaden erhalten hatte, womit er bezeugte, wie sehr es ihm an Arbeitsqualität und -bedingungen gelegen war. Auf der Sitzung des Professorenrats vom 28. Juli 1922 wurde auf seinen Vorschlag hin das Statut des Institut gebilligt und verabschiedet. In demselben Jahr wurde Franjo Hanaman zum Dekan der Abteilung für chemisches Ingenieurwesen der Technischen Hochschule gewählt. Dieses Amt bekleidete er bis 1924, als er zum Rektor der Technischen Hochschule ernannt wurde. Während des Studienjahres 1925/26 war er Prorektor und erwies sich als ein guter Unterrichtsorganisator. Nach dem 31. August 1926, als die Technische Hochschule zur Technischen Fakultät wurde, erhielt er den Posten des Prodekans.

Obwohl er seine wissenschaftliche Laufbahn als Erfinder und Praktiker begonnen hatte, fand sich Hanaman auch sehr schnell im pädagogischen Bereich zurecht, so daß er sowohl bei seinen Kollegen als auch bei den Studenten beliebt war. Sie erkannten in ihm einen Mitarbeiter und Lehrer mit großer Erfahrung, der es verstand, die Theorie in die Praxis umzusetzen und ernsthafte Arbeit oft mit einer Dosis Humor zu würzen. Die beste Beschreibung von Franjo Hanamans Arbeitsweise und seinem Umgang mit den Mitmenschen gab Prof. Dr. Rikard Podhorsky (1902-1994), Hanamans Assistent und Nachfolger an seinem Lehrstuhl, im Nekrolog, der im *Arhiv za kemiju i tehnologiju* (*Archiv für Chemie und Technologie*), 14, 81 (1940) veröffentlicht wurde:

"Die Wirkung, die der verstorbene Professor Hanaman auf seine Schüler ausübte, lag vielleicht nicht so sehr in der formalen Perfektion seiner Vorlesungen, sondern vielmehr in seinem jugendlichen Enthusiasmus für die Thematik, in seinem gesunden Menschenverstand und seinem einfachen logischen Urteilsvermögen, die von einem Mann von großer praktischer und Lebenserfahrung zeugten; in seinem direkten und freundlichen Umgang, der sein Auditorium zur Selbstkritik inspirierte, aber bei



*Simunović, Trichler, Vojko Solaja, Kukul, Polić, Mirović, Fajon, Ačkar, Babić,
Zagreb u decembru 1924.
Linić, Prof. Vojković, Prof. Hanaman, Prof. Petrović, Brčić,
Prof. Ljubić, Prof. Štehal, Vrdić, Majumović, Petrak, Prof. Ljubić, Prof. March.*

Franjo Hanaman s kolegama profesorima kao rektor Tehničke visoke škole u Zagrebu (prosinac 1924)

Franjo Hanaman mit Kollegen (Professoren) als Rektor der Technischen Hochschule in Zagreb (Dezember 1924)

ta novca od prodaje patentnih prava za volframovu nit, čime pokazuje da mu je stalo do kvalitete i uvjeta rada. Na sjednici Proforskog vijeća održanoj 28. srpnja 1922, na njegov prijedlog prihvaćen je i potvrđen Statut Zavoda. Iste godine Franjo Hanaman izabran je za dekana Kemičko-inženjerskog odjela Tehničke visoke škole. Tu je dužnost obavljao do 1924, kada postaje rektorom Tehničke visoke škole. Školske godine 1925/26. obnaša dužnost prorektora ističući se kao dobar organizator nastave, a nakon 31. kolovoza 1926, kada Tehnička visoka škola postaje Tehnički fakultet, postaje prodekan.



Franjo Hanaman u laboratoriju
Franjo Hanaman im Laboratorium

den Hörern auch gleichzeitig den Eindruck erweckte, daß er sie ganz und gar als Persönlichkeiten akzeptierte, die mit Eifer und gutem Willen sämtliche innere und äußere Hindernisse überwinden können ...

Wo immer er auch auftrat, schuf er mit seiner unverwüstlichen Heiterkeit, seinem gutmütigen Humor, seinem unwiderstehlichen gesunden Verstand eine Atmosphäre des guten Willens, die zur Überbrückung aller Gegensätze und zu einer freundschaftlichen Lösung selbst der schärfsten Auseinandersetzungen beitrug."

Da es für die Vorlesungen keine Literatur in kroatischer Sprache gab, ver-



Franjo Hanaman

Iako je znanstveni rad započeo kao izumitelj i praktičar, Hanaman se veoma brzo snašao i u zvanju pedagoga te su ga zavoljeli i kolege profesori i studenti. Vidjeli su da pred sobom imaju suradnika i učitelja s velikim iskustvom, koji zna teoriju pretočiti u praksu, a ozbiljan rad često bi začinio humorom. Najbolji opis rada i ophođenja Franje Hanamana dao je njegov asistent i nasljednik na katedri prof. dr. Rikard Podhorsky (1902-1994) u nekrologu objavljen u *Arhivu za kemiju*, 14, 81 (1940):

"Na svoje đake nije pok. prof. Hanaman možda toliko djelovao formalnom savršenosti svojih predavanja, koliko svojim mladenačkim oduševljenjem za predmet, svojim zdravim razumom i prostim logičkim rasuđivanjem, koje je odavalo čovjeka velikog praktičkog i životnog iskustva; svojim neposrednim i prijateljskim načinom ophođenja, u kojemu je slušače poticao na autokritiku, a istodobno u njima ostavljao dojam, da ih prizna-

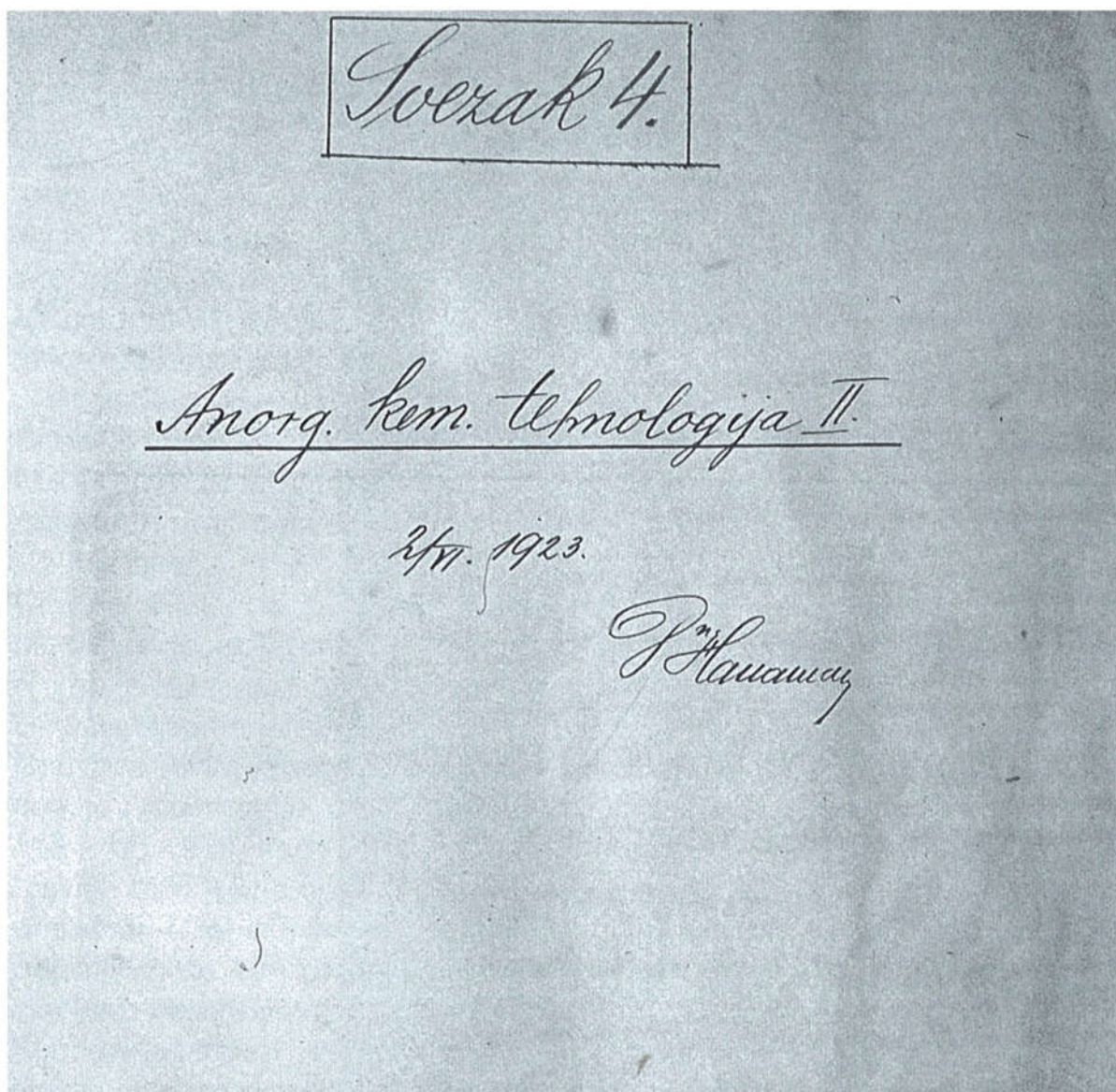
faßte sie Hanaman selbst und versah sie mit Skizzen von Anlagen, die in der anorganischen chemischen Technologie benutzt werden. Im Archiv des Instituts für anorganische chemische Technologie und Nichtmetalle der Fakultät für Chemieingenieurwesen und Technologie, das sich auf dem Marulić-Platz in Zagreb befindet, sind Hanamans Manuskripte für die folgenden Kollegs erhalten: *Kemijska tehnologija II* (Chemische Technologie II), 1922; *Kemijska tehnologija II, svezak 2* (Chemische Technologie II, Band 2); *Industrija dušikovih spojeva* (Die Industrie der Stickstoffverbindungen), 1923; *Anorganski pigmenti, zemljane boje ili kemijske boje* (Anorganische Pigmente, Erdfarben oder chemische Farben), *Anorganska tehnologija II, svezak 3* (Anorganische Technologie II, Band 3), 1923; *Anorganska kemijska tehnologija II, svezak 4* (Anorganische chemische Technologie II, Band 4), 1923 und *Anorganska kemijska tehnologija II, svezak 6* (Anorganische chemische Technologie II, Band 6), 1925 sowie Lehrprogramme für die Fächer *Metallurgie* (1925/26) und *Anorganische chemische Technologie* (1925/26), die er bis zu seinem Tode unterrichtete. Aus den Manuskripten und Skizzen ist ersichtlich, daß er moderne Ansichten und eine systematische Behandlung der Fächer, die er lehrte, vertrat.

Im Studienjahr 1935/36 führte Franjo Hanaman das Kolleg *Chemisch-technologische Berechnung* ein, was als Anregung für die weitere Einführung anderer moderner Lehrfächer, die den Unterricht im Chemieingenieurwesen modernisierten und förderten, diente.

Im Jahr 1939 wurde auf den Vorschlag von Franjo Hanaman und Ing. Nikola Belančić hin an der Technischen Fakultät die Abteilung für Bergbau und Metallurgie gegründet, deren Vorstand Hanaman bis zu seinem Tode war.

Neben all den erwähnten Aktivitäten ist auch noch Hanamans redaktionelle Tätigkeit für die Zeitschrift *Arhiv za hemiju i farmaciju* (Archiv für Chemie und Pharmazie) zu nennen, die 1938 ihren Namen in *Arhiv za hemiju i tehnologiju* (Archiv für Chemie und Technologie) änderte. Ab 1939 erschien die Zeitschrift unter dem Titel *Arhiv za kemiju i tehnologiju*, bzw. in kroatischer und nicht mehr in serbischer Fassung (Anm. d. Übers.). In den Jahren 1934 bis 1939, als Hanaman Chefredakteur der Zeitschrift war, behandelte sie vorwiegend Fragen aus dem Bereich der Technologie und stellte die erste Publikation dieser Art im hiesigen Raum dar. Sie ermöglichte Wissenschaftlern aus naturwissenschaftlichen und technischen Fachgebieten, Werke in kroatischer Sprache zu verfassen, doch wurden auch Übersetzungen ausländischer Fachpublikationen veröffentlicht. Die Zeitschrift brachte außerdem Artikel über die neuesten wissenschaftlichen und technischen Errungenschaften in der Industrie.

Franjo Hanaman widmete sich gerne der experimentellen und praktischen



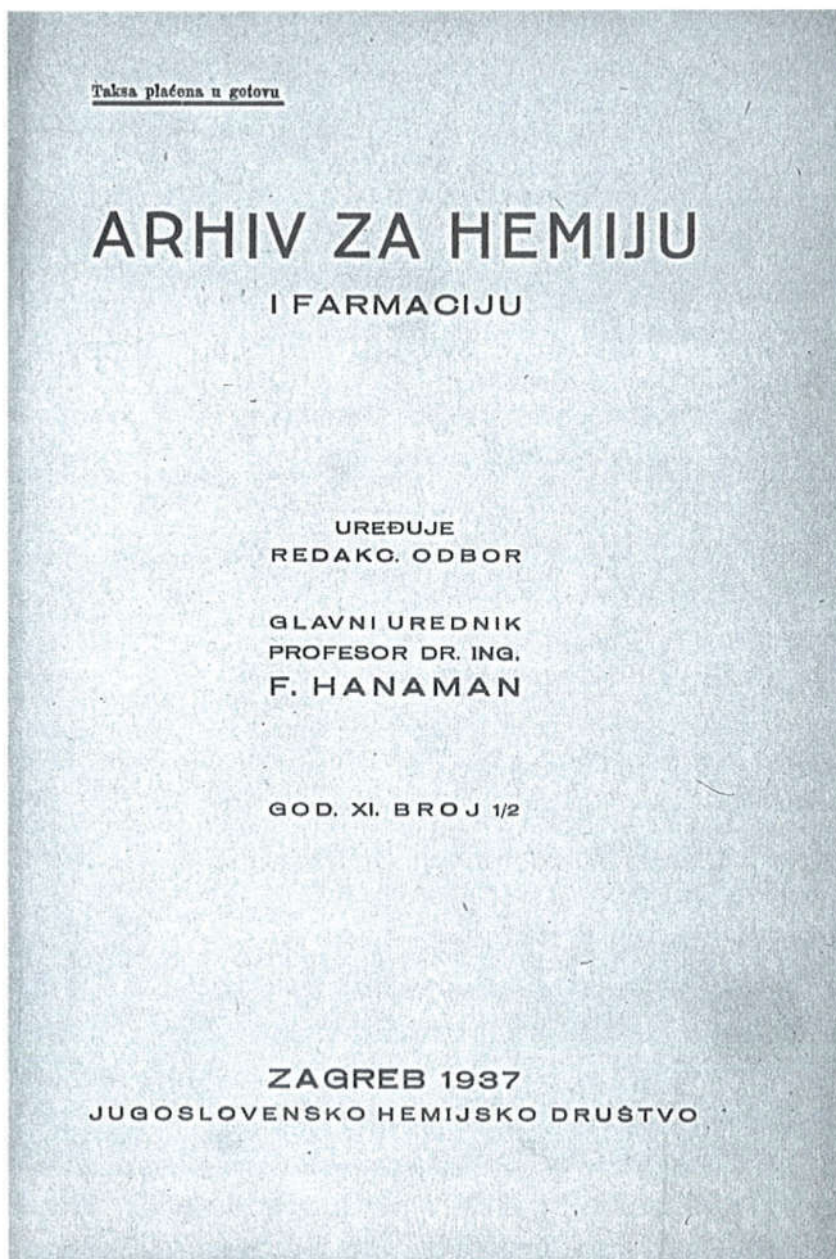
Stranica Hanamanova rukopisa kolegija Anorganska kemijska tehnologija II, svezak 4, iz 1923.

Titelseite von Hanamans Manuskript für das Kolleg Anorganische chemische Technologie II, Band 4, 1923

je kao potpune ljude, koji marom i dobrom voljom mogu da prebrode sve teškoće u sebi i izvan sebe.

Gdje se on pojavljivao, stvarao je svojom neuništivom vedrinom, svojim dobroćudnim humorom, svojim neodoljivim zdravim razumom atmosferu dobre volje, koja je bila pogodna za izgladivanje svih suprotnosti i za prijateljsko rješavanje i najjače zaoštrenih sporova."

Za predavanja nije postojala literatura na hrvatskom jeziku, pa ih je Hanaman sam pisao i ilustrirao skicama uređaja anorganske kemijske tehnologije. U arhivu Zavoda za anorgansku kemijsku tehnologiju i nemet-



Časopis Arhiv za hemiju i farmaciju, br. 1/2, iz 1937, kojemu je Hanaman bio glavni urednik.

Die Zeitschrift Archiv für Chemie und Pharmazie, Nr. 1/2, 1937, deren Chefredakteur Hanaman war.

Arbeit. Wegen seiner vielen anderweitigen Verpflichtungen blieb ihm leider nicht genügend Zeit, die Resultate seiner wissenschaftlichen Arbeiten zu publizieren. Daher umfaßt sein wissenschaftliches Opus lediglich einige veröffentlichte Arbeiten, die in den folgenden Zeitschriften erschienen sind: *Zeitschrift für Elektrochemie*, (Wien, 1902), *Tehnički list (Technisches Blatt)* (1925), *Arhiv za hemiju i farmaciju (Archiv für Chemie und Pharmazie)*

ale Fakulteta za kemijsko inženjerstvo i tehnologiju na Marulićevu trgu u Zagrebu sačuvani su Hanamanovi rukopisi kolegija *Kemijska tehnologija II.* (1922), *Kemijska tehnologija II, svezak 2, Industrija dušikovih spojeva* (1923), *Anorganski pigmenti, zemljane boje ili kemijske boje, Anorganska tehnologija II, svezak 3* (1923), *Anorganska kemijska tehnologija II, svezak 4* (1923) i *Anorganska kemijska tehnologija II, svezak 6* (1925) te nastavni programi predmeta *Metalurgije* (1925/26) i *Anorganske kemijske tehnologije* (1925/26), koje je predavao do svoje smrti. Iz tih rukopisa i skica može se zaključiti da je imao moderne nazore i sustavan pristup predmetima koje je predavao.

Školske godine 1935/36. Franjo Hanaman uvodi u nastavni program kolegij *Kemijsko-tehnološki račun*, što je dalo poticaj za uvođenje i drugih modernih predmeta koji su osuvremenili i unaprijedili nastavu kemijskog inženjerstva.

Godine 1939, na prijedlog Franje Hanamana i inž. Nikole Belančića, utemeljen je na Tehničkom fakultetu Odsjek za rudarstvo i metalurgiju. Na njemu je Hanaman bio pročelnik do kraja života.

Uza sve spomenute angažmane treba naglasiti i njegov rad na uređivanju časopisa *Arhiv za hemiju i farmaciju*, koji 1938. mijenja naziv u *Arhiv za hemiju i tehnologiju*, a od 1939. zove se *Arhiv za kemiju i tehnologiju*. Od 1934. do 1939, kada je Hanaman bio njegov glavni urednik, časopis se najviše bavi tehnologijom i prvi je takav u nas. U njemu su znanstvenici prirodnih i tehničkih struka mogli objavljivati na hrvatskom jeziku, a pojavljivali su se i prijevodi stranih stručnih radova. Časopis je donosio članke o najnovijim znanstvenim i tehničkim rješenjima u industriji.

Franjo Hanaman rado se bavio eksperimentalnim i praktičnim radom. Nažalost zbog ostalih dužnosti nije imao dovoljno vremena za objavljivanje rezultata svoga znanstvenog rada. Tako se njegov znanstveni opus sveo na tek nekoliko objavljenih radova u časopisima *Zeitschrift für Elektrochemie* (Beč 1902), *Tehnički list* (1925), *Arhiv za hemiju i farmaciju* (1927, 1934), *Novo narodno bogatstvo* (1928), *Građevinski vjesnik* (1932), *Rudarski i topioničarski vesnik* (Beograd 1936).

Hanaman je bio predsjednik Jugoslavenskoga hemijskog društva od 1933. do 1934. godine. Bio je član Slobodnozidarske (masonske) lože Ivan grof Drašković, osnovane u Zagrebu 1919, a 1938. postao je članom Vrhovnog savjeta slobodnih zidara Jugoslavije.

Osim što je obnašao različite dužnosti u zemlji, Hanaman je bio i istaknuti član različitih udruženja u inozemstvu, kao što su Institute of Metal iz Londona (od 1925), Verband deutscher Eisenhüttenleute iz Düsseldorfa i Deutschen Gesellschaft für Metallkunde iz Berlina.

U slobodno vrijeme bavio se planinarenjem, plivanjem, veslanjem, skijanjem i lovom. Nikada se nije oženio, a stanovao je na uglu Gundulićeve i

(1927, 1934), *Novo narodno bogatstvo (Der neue Volksreichtum)* (1928), *Grđevinski vjesnik (Der Baubote)* (1932), *Rudarski i topioničarski vesnik (Der Bergbau- und Hüttenbote)* (Belgrad, 1936).

Hanaman war von 1933 bis 1934 Vorsitzender der Jugoslawischen Gesellschaft für Chemie.

Er war auch Mitglied der 1919 in Zagreb gegründeten Freimaurerloge Ivan grof Drašković. 1938 wurde er Mitglied des Obersten Rates der Freimaurer Jugoslawiens.

Neben den verschiedenen Ämtern, die Hanaman in seiner Heimat innehatte, war er außerdem ein angesehenes Mitglied verschiedener Vereinigungen im Ausland, wie zum Beispiel des Institute of Metal in London (ab 1925) sowie des Verbands deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf und der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde in Berlin.

In seiner Freizeit beschäftigte er sich mit Bergsteigen, Schwimmen, Rudern, Skifahren und der Jagd. Geheiratet hat er nie. Er wohnte, an der Ecke der Gundulić- und Žerjavić-Straße, in einem Wohnhaus, das erst der Technischen Hochschule und später der Technischen Fakultät gehörte. Er starb unerwartet am 23. Januar 1941 in Zagreb an Komplikationen nach einer Gallenoperation.

Franjo Hanaman wurde auf dem Zagreber Friedhof Mirogoj, Feld 33, II. Klasse/1, Grabnummer 27, beigesetzt.

Prof. Dr. Rikard Podhorsky studierte das Leben und Werk Franjo Hanamans noch zu Zeiten, als er sein Assistent an der Fakultät war. Aufgrund seiner Aufzeichnungen veröffentlichte er zum Gedenken an den dreißigsten Todestag des großen Wissenschaftlers 1971 einen umfangreichen Artikel in der Zeitschrift *Hrvatsko sveučilište (Die kroatische Universität)*. Das persönliche Archiv Franjo Hanamans, das in seinem Arbeitszimmer an der Technischen Fakultät untergebracht war, ging für immer verloren, als das Fakultätsgebäude (am Marulić-Platz Nr. 20) im Zweiten Weltkrieg zur Kaserne der deutschen Wehrmacht umfunktioniert worden war.

Im Technischen Museum in Zagreb werden Gegenstände aufbewahrt, die nach Hanamans Tod noch vorhanden waren. Es handelt sich dabei um sein Originalstudienbuch der Technischen Hochschule in Wien, sein Doktordiplom, einige Photographien und Porträts, ein Namensschild und seine Todesanzeige.



Grob Franje Hanamana na Mirogoju u Zagrebu
Das Grab Franjo Hanamans auf dem Zagreber Friedhof Mirogoj

tadašnje Žerjavićeve ulice u stambenoj zgradi koja je bila u vlasništvu Tehničke visoke škole, a poslije Tehničkoga fakulteta. Umro je naglo 23. siječnja 1941. u Zagrebu, zbog komplikacija koje su nastale nakon operacije žuči.

Franjo Hanaman pokopan je na Mirogoju, Polje 33, II. razred/1, grob br. 27.

Prof. dr. Rikard Podhorsky proučavao je život i rad Franje Hanamana još dok je bio njegov asistent na fakultetu te je na osnovi zabilješki 1971, u povodu tridesete godišnjice smrti velikoga znanstvenika, objavio opširan članak u časopisu *Hrvatsko sveučilište*. Osobni arhiv Franje Hanamana, pohranjen u njegovu kabinetu na Tehničkom fakultetu, zauvijek je nestao kada je zgrada u kojoj se nalazio (Marulićev trg 20) u Drugom svjetskom ratu postala vojarnom njemačke vojske.

U Tehničkom muzeju u Zagrebu čuvaju se predmeti koji su ostali nakon smrti Franje Hanamana. Ostali su sačuvani njegov originalni indeks s Tehničke visoke škole u Beču, doktorska diploma, nekoliko fotografija i portreta, natpisna pločica s njegovim imenom i osmrtnica.

BIBLIOGRAFIJA / BIBLIOGRAPHIE

- * *Ein Apparat für elektroanalytische Zwecke*, Zeitschrift für Elektrochemie, Wien, 1902, Nr. 25
- * *Über Rostversuche mit nitriertem Eisen*, Berlin, 1913
- * *Über Cer-Legierungen. Die Cer-Kupfer-Legierung und ihre Konstitution*, Leipzig, 1915
- * *Katranisana krovna ljepenka i katranski proizvodi*, Tehnički list, Zagreb, 1925(7), br. 5, S. 72-75
- * *Prilog ispitivanju metalnog materijala s pomoću metalografskih metoda*, Arhiv za hemiju i farmaciju, Zagreb, 1927(1), br. 4, S. 236-242
- * *Elektrohemijska i elektrometalurška industrija Norveške*, Arhiv za hemiju i farmaciju, Zagreb, 1928(2), br. 2, S. 86-95
- * *Više inženjera u privredi. Uloga inženjera u privrednom životu države*, Novo narodno bogatstvo, Zagreb, 1928(1), br. 5, S. 6-7
- * *Ilovača i poroznost opeke*, Građevinski vjesnik, Zagreb, 1932(1), br. 1, S. 4-7
- * *Maziva ulja i korozija parnih kotlova*, Arhiv za hemiju i farmaciju, Zagreb, 1934(8), br. 1-4, S. 50-53
- * *Čelik dvostruke čvrstoće*, Arhiv za hemiju i farmaciju, Zagreb, 1935(9), br. 1-6, S. 18-19
- * *Maziva ulja i korozija parnih kotlova*, Rudarski i topioničarski vesnik, Beograd, 1936(8), br. 5, S. 4-6
- * *Svjetska nalazišta i proizvodnja manganske rude*, Arhiv za hemiju i farmaciju, Zagreb, 1936(10), br. 5-6, S. 100-106
- * *Zahvala dr. Franje Hanamana. Zagreb, 20. januara 1937.*, Šestar, Zagreb, 1937(16), br. 7, S. 113-117
- * *Dr. Fritz Wüst*, Arhiv za hemiju i tehnologiju, Zagreb, 1938(12), br. 3, S. 99-100
- * *Gustav Tamman*, Arhiv za kemiju i tehnologiju, Zagreb, 1939(13), br. 1, S. 27-29

LITERATURA / LITERATURNACHWEIS

- BAUMANN, F. *Bedeutung der Arbeiten Prof. Dr. F. Hanamans für die Entwicklung der elektrischen Glühlampe*, Arhiv za hemiju i farmaciju, Zagreb, 1928(2), br. 3, S. 109-112 (kroatische Übersetzung S. 113-115)
- ČOSIĆ-BUKVIN, I. *Ing. Franz Hanaman aus Drenovci in Slavonien*, Hrašće, Drenovci, 1996(1), S. 22-23
- HORVÁTH, T., JESZENSZKY, S. *A Magyar elektrotechnika története*, Budapest, 2000, S.127-132
- KAŠTELAN-MACAN, M. *Franjo Hanaman, začetnik kemijskog inženjerstva u Hrvatskoj*, Hrašće, Drenovci, 2000(5), br. 19, S. 51-57
- KAŠTELAN-MACAN, M. *Počeci kemijsko-tehnološkog studija u Hrvatskoj*, Zagreb, 1989, 10, S. 23-24
- KUČERA, O., PLIVELIĆ, S. *Novovjekni izumi*, knjiga IV, Zagreb, 1913, S. 93-111
- MULJEVIĆ, V. *Franjo Hanaman - život i djelo*, Hrašće, Drenovci, 2000(5), br. 19, S. 30-37
- MULJEVIĆ, V. *O stotoj obljetnici električne žarulje*, Elektrotehnika, Zagreb, 1980(23), br. 3, S. 172-174
- MULJEVIĆ, V. *Volfram kao srce žarulje*, Hrašće, Drenovci, 1996(1), S. 17-21
- MUŽIĆ, I. *Masonstvo u Hrvatskoj*, II izdanje, Split, 1983
- NJEGOVAN, V. *Franjo Hanaman. Prigodom 50-godišnjice života i 25-godišnjice volframove sijalice*, Arhiv za hemiju i farmaciju, Zagreb, 1928(2), br. 3, S. 106-109
- PODHORSKY, R. *Franjo Hanaman (1878-1941)*, Hrvatsko sveučilište, Zagreb, 1971(1), br. 20, S. 7
- PODHORSKY, R. *Prof. dr. ing. Franjo Hanaman*, nekrolog, Arhiv za kemiju i tehnologiju, Zagreb, 1940(14), br. 3/6, S. 81-92

ŽIVOTOPIS AUTORA BISTE

STANKO JANČIĆ rođen je 1932. u Zagrebu. Maturirao je na Klasičnoj gimnaziji u istom gradu, gdje je i diplomirao kiparstvo na Akademiji likovnih umjetnosti 1956. Bio je suradnik Antuna Augustinčića sve do 1970. godine. Prvi put izlagao je 1958. na revijalnoj izložbi HDLU-a.

Od 1962. do 1967. uz kraće prekide boravio je u Conakryju u Republici Gvineji, gdje je profesionalno radio kao kipar, a neformalno i kao pedagog.

Djela mu se nalaze u fundusima Moderne galerije u Zagrebu, Muzeja za suvremenu umjetnost u Zagrebu, Gradske galerije u Dubrovniku i Galerije suvremene umjetnosti u Budimpešti. Nekoliko ih se nalazi na otvorenim prostorima Zagreba i drugih gradova Hrvatske.

Od 1980. nastavnik je na Akademiji likovnih umjetnosti u Zagrebu, gdje radi i danas kao redovni profesor.

SAMOSTALNE IZLOŽBE

- 1977. Zagreb, Galerija Forum, Zagreb, Izložba u ZET-u
- 1978. Skopje, Galerija Centra kulture (s Daliborom Paraćem)
- 1981. Sisak, Galerija Željezare (s Đurđenom Zaluški - Haramija)
- 1982. Zagreb, Galerija Forum
- 1996. Klanjec, Galerija Antun Augustinčić

Izlagao je na više od stotinu skupnih izložbi.

NAGRADE

Nagrada Akademije likovnih umjetnosti, Zagreb, 1955.

Nagrada strukovnog udruženja ULUH-a, Zagreb, 1969.

Državna nagrada Vladimir Nazor, Zagreb, 1978.

Dobio je više otkupnih nagrada na skupnim izložbama i natječajima za spomenike.

BIOGRAPHIE DES AUTORS DER BÜSTE

STANKO JANČIĆ wurde 1932 in Zagreb geboren. Dort machte er auch sein Abitur am Klassischen Gymnasium und 1956 sein Diplom als Bildhauer an der Akademie der bildenden Künste. Er war Antun Augustinčićs Mitarbeiter bis 1970. Seine Werke präsentierte er zum ersten Mal 1958 auf einer Ausstellung von Mitgliedern des Kroatischen Vereins der bildenden Künstler (HDLU).

Von 1962 bis 1967 weilte er mit kürzeren Unterbrechungen in Conakry in der Republik Guinea, wo er berufsmäßig als Bildhauer arbeitete, sich aber auch informell als Pädagoge betätigte.

Seine Werke befinden sich im Bestand der Modernen Galerie sowie des Museums für zeitgenössische Kunst in Zagreb, außerdem in der Städtischen Galerie Dubrovnik und in der Galerie für zeitgenössische Kunst in Budapest. Einige seiner Arbeiten sind in Zagreb und anderen kroatischen Städten im Freien zu sehen.

Seit 1980 lehrt er an der Akademie der bildenden Künste in Zagreb, wo er heute noch als ordentlicher Professor tätig ist.

EINZELAUSSTELLUNGEN

1977 Zagreb, Galerie Forum Zagreb, Ausstellung in den Räumen der Zagreber städtischen Verkehrsbetriebe (ZET)

1978 Skopje, Galerie des Kulturzentrums (zusammen mit Dalibor Parać)

1981 Sisak, Galerie des Eisenwerks (mit Đurđena Zaluški-Haramija)

1982 Zagreb, Galerie Forum

1996 Klanjec, Galerie Antun Augustinčić

Jančić präsentierte seine Werke außerdem auch auf über hundert Gruppenausstellungen.

AUSZEICHNUNGEN

Preis der Akademie der bildenden Künste, Zagreb, 1955

Preis des Fachverbands des Vereins bildender Künstler Kroatiens (ULUH), Zagreb, 1969

Staatspreis Vladimir Nazor, Zagreb, 1978

Er wurde zudem mehrmals auf Gruppenausstellungen und Denkmalwettbewerben durch den Abkauf seiner Arbeiten ausgezeichnet.

SAŽETAK

Franjo Hanaman rođen je 30. lipnja 1878. u Drenovcima, mjestu u blizini Županje. U Brčkom je 1887. završio pučku školu, a 1895. maturirao je u Zemunu na Realnoj gimnaziji. Nakon mature otišao je studirati u Beč, gdje je 1899. diplomirao na Kemijskom odjelu Tehničke visoke škole. Sljedeće godine postaje asistentom dr. Georga Vortmanna na katedri analitičke kemije, gdje upoznaje dr. Alexandera Justa, znanstvenika koji ga je zainteresirao za rad na poboljšavanju električne žarulje s metalnom žarnom niti.

U Beču, u travnju 1903, dr. Just i Hanaman zaštili su svoj prvi postupak za dobivanje volframovih žarnih niti (postupak supstitucije) patentom D. R. P. No. 154262. Patent je nazvan *Verfahren zur Herstellung von Glühkörpern aus Wolfram oder Molybdän für elektrische Glühlampen*. Žarulje s nitima dobivenim tim postupkom trošile su samo oko 1,5 W po jednoj Hefnerovoj svijeći, za razliku od žarulja s ugljenom niti, koje su trošile 3 - 4 W. Glavni nedostatak žarulja s volframovim nitima dobivenih tim postupkom bila je krhkost niti.

Hanaman i Just 1905. zapošljavaju se u Újpestu (danas dio Budimpešte) u tvrtki Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. (Sjedinjeno dioničarsko društvo za žarulje i elektrotehniku), koja se u to doba bavila proizvodnjom žarulja s ugljenom niti. Tvrtka je otkupila njihov patent i 1906. započinje proizvoditi žarulje s volframovom niti. Iste godine Hanaman postaje potpredsjednik novoosnovana dioničkog društva pod nazivom Nemzetközi Wolframlámpa Rt (Međunarodno društvo za volfrmove svjetiljke) s ciljem unovčavanja patenta za proizvodnju volframovih žarnih niti i zbog pravnih razloga. Patent je bio registriran u trinaest zemalja širom svijeta.

Primat u proizvodnji žarulja s volframovom niti preuzima američka tvrtka General Electric Co., koja je 1910. uspjela proizvesti elastičnu volframovu nit zadovoljavajuće čvrstoće tzv. *Coolidgeovim postupkom*. Uvidjevši da ne može držati korak u istraživanjima s Amerikancima, Hanaman odlazi u SAD i 1910. prodaje svoja patentna prava tvrtki General Electric Co.

Hanaman je nakon prodaje patentnih prava bio materijalno osiguran, tako da je potkraj 1911. napustio Budimpeštu i otišao u Njemačku. Za boravka u Charlottenburgu kod Berlina od 1912. do 1915. radio je na Tehničkoj visokoj školi na institutu za metalurgiju željeza, gdje je napravio i doktorsku disertaciju *Über Rostversuche mit nitriertem Eisen (O pokusima korozije s nitriranim željezom)*, kojom je u svibnju 1913. promoviran za doktora tehničkih nauka. Potom je napravio i habilitacijski rad za docenta pod naslovom *Über Cer-Legierungen. Die Cer-Kupfer-Legierung und ihre Konstitution (O legiranju s cerom. Legure cera i bakra i njihova struktura)*,



Bista Franje Hanamana u Parku velikana hrvatskoga prirodoslovlja i tehnike u dvorištu Tehničkoga muzeja.

Franjo Hanamans Büste im Gedenkpark berühmter Persönlichkeiten der kroatischen Naturwissenschaften und Technik, Technisches Museum in Zagreb.

ZUSAMMENFASSUNG

Franjo Hanaman wurde am 30. Juni 1878 in Drenovci geboren, einem Ort in der Nähe von Županja. 1887 beendete er die Volksschule in Brčko und 1895 machte er sein Abitur am Realgymnasium in Zemun. Nach dem Abitur ging er zum Studium nach Wien, wo er 1899 sein Diplom an der Abteilung für Chemie der Technischen Hochschule erwarb. Im darauffolgenden Jahr wurde er Assistent von Dr. Georg Vortmann am Lehrstuhl für Analytische Chemie, wo er den Wissenschaftler Dr. Alexander Just kennenlernte, der ihn dazu anregte, an Verbesserungsmethoden für Glühlampen mit Metallfäden zu arbeiten.

Im April 1903 ließen Dr. Just und Hanaman die erste Herstellungsart von Wolframfäden (das sogenannte Substitutionsverfahren) durch das Patent D. R. P. Nr. 154262 in Wien schützen. Das Patent trug die Bezeichnung *Verfahren zur Herstellung von Glühkörpern aus Wolfram oder Molybdän für elektrische Glühlampen*. Glühlampen, deren Fäden durch dieses

koji je 1915. objavljen u Leipzigu, ali je postupak njegove habilitacije obustavljen zbog mobilizacije u Prvom svjetskom ratu.

Titula docenta podijeljena mu je 1919. u Zagrebu na Tehničkoj visokoj školi na temelju tog rada. Za docenta mehaničke tehnologije izabran je 1920. i iste godine počinje predavati metalurgiju studentima strojne tehnike. Godine 1922. izabran je za redovitog profesora anorganske kemijske tehnologije i metalurgije, kada osniva i Zavod za anorgansku kemijsku tehnologiju i metalurgiju na tadašnjem Kemičko-inženjerskom odjelu. Iste godine Franjo Hanaman postao je dekan Kemičko-inženjerskog odjela Tehničke visoke škole. Tu je dužnost obavljao do 1924, kada postaje rektorom Tehničke visoke škole. Školske godine 1925/26. obnaša dužnost prorektora, a nakon 31. kolovoza 1926, kada Tehnička visoka škola postaje Tehnički fakultet, postaje prodekan. Od 1939. pa do kraja života bio je pročelnik Odjela za rudarstvo i metalurgiju Tehničkog fakulteta.

Također je bio predsjednik Jugoslavenskoga hemijskog društva od 1933. do 1934.

Osim što je obnašao različite dužnosti u zemlji, Hanaman je bio i istaknuti član različitih udruženja u inozemstvu kao što su Institute of Metal iz Londona (od 1925), Verband deutscher Eisenhüttenleute iz Düsseldorfa i Deutschen Gesellschaft für Metallkunde iz Berlina.

Od 1934. do 1939. bio je glavni urednik časopisa *Arhiv za hemiju i farmaciju* (1938. časopis mijenja naziv u *Arhiv za hemiju i tehnologiju*, a od 1939. zove se *Arhiv za kemiju i tehnologiju*), gdje se najviše objavljuju članci s područja prirodnih i tehničkih znanosti.

Njegov se publicirani znanstveni opus syodi na tek nekoliko objavljenih radova u časopisima *Zeitschrift für Elektrochemie*, (Beč 1902), *Tehnički list* (1925), *Arhiv za hemiju i farmaciju* (1927, 1934), *Novo narodno bogatstvo* (1928), *Građevinski vjesnik* (1932), *Rudarski i topioničarski vesnik* (Beograd 1936).

Umro je naglo 23. siječnja 1941. u Zagrebu, a pokopan je na Mirogoju.

Hanamanovi izumi načina dobivanja volframovih žarnih niti bili su pionirski koraci prema modernoj i ekonomičnoj električnoj rasvjeti, a može se reći i da je bio jedan od začetnika kemijskog inženjerstva i tehnologije u Hrvatskoj.

Verfahren gewonnen wurden, hatten einen Stromverbrauch von etwa 1,5 Watt pro HK, im Unterschied zu Kohlefadenglühlampen, die 3 - 4 Watt verbrauchten. Der Hauptmangel der durch dieses Verfahren erzeugten Wolframfäden bestand in der spröden Beschaffenheit der Fäden.

Hanaman und Dr. Just nahmen 1905 eine Stelle in Újpest (heute ein Teil von Budapest) in dem Unternehmen Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. (Vereinigte Aktiengesellschaft für Glühlampen und Elektrotechnik) an, das damals Kohlefadenglühlampen herstellte. Die Firma kaufte das Patent der beiden Wissenschaftler ab und 1906 begann sie mit der Produktion von Wolframglühlampen. Im selben Jahr wurde Hanaman Vizepräsident der neugegründeten Aktiengesellschaft Nemzetközi Wolframlámpa Rt. (Internationale Aktiengesellschaft für Wolframlampen), deren Ziel es war, die Patente auf die Herstellung von Wolframglühfäden kommerziell zu verwerten und die rechtliche Grundlage zu regeln. Das Patent war in dreizehn Ländern angemeldet.

Das Primat in der Produktion von Wolframlampen übernahm das amerikanische Unternehmen General Electric Co., dem es 1910 gelungen war, durch das sogenannte *Coolidge-Verfahren* einen elastischen Wolframfaden von überzeugender Festigkeit herzustellen. Hanaman sah ein, daß seine Forschungen mit denen der Amerikaner nicht Schritt halten konnten, und reiste in die USA, wo er 1910 seine Patentrechte an das Unternehmen General Electric Co. verkaufte.

Nach dem Verkauf seiner Patentrechte war Hanaman finanziell gesichert, so daß er Ende des Jahres 1911 Budapest verließ und nach Deutschland ging. Während seines Aufenthalts in Charlottenburg bei Berlin von 1912 bis 1915 war er am Institut für Eisenmetallurgie der Technischen Hochschule tätig, wo er auch seine Dissertation *Über Rostversuche mit nitriertem Eisen* schrieb. Mit dieser Dissertation promovierte er im Mai 1913 zum Doktor der technischen Wissenschaften. Danach verfaßte er auch seine Habilitationsschrift zum Erwerb der Venia Legendi als Dozent unter dem Titel *Über Cer-Legierungen. Die Cer-Kupfer-Legierung und ihre Konstitution*, die 1915 in Leipzig veröffentlicht wurde. Das Habilitationsverfahren mußte jedoch wegen seiner Mobilisierung im Ersten Weltkrieg eingestellt werden.

Hanaman wurde aufgrund seiner Habilitationsschrift 1919 zum Dozenten an der Technischen Hochschule in Zagreb ernannt. Zum Dozenten für *Mechanische Technologie* wurde er 1920 gewählt und hielt schon im selben Jahr Vorlesungen in Metallurgie für Studenten der Maschinentechnik. 1922 wurde er ordentlicher Professor für *Anorganische chemische Technologie und Metallurgie* und gründete das Institut für anorganische chemische Technologie und Metallurgie im Rahmen der damaligen Abteilung für chemisches Ingenieurwesen. In demselben Jahr wurde

SUMMARY

Franjo Hanaman was born on 30 June 1878 in the village of Drenovci, near Županja. He attended Primary school in Brčko, and matriculated from the General-programme Gymnasium in Zemun. Following matriculation he departed for Vienna, where he studied at the Chemistry Department of the Technical High School, graduating in 1899. The following year he was employed as assistant to Dr. Georg Vortmann, working in the Analytical Chemistry Programme. There, he met Dr. Alexander Just, who encouraged him to work on improving the electric-light bulb with a metal filament. In April 1903, Dr. Just and Franjo Hanaman registered and protected their first process for obtaining wolfram filaments (a substitution procedure) through patent D.R.P. No. 154262. The title of the patent was *Verfahren zur Herstellung von Glühkörpern aus Wolfram oder Molybdän für Elektrische Glühlampen*. Filament bulbs produced through their new procedure used only about 1.5 W per Hefner candle, in contrast to a carbon-filament bulbs which consumed 3-4 W. The main shortcoming of bulbs with a wolfram filament was their brittle nature.

In 1905, Hanaman and Just began working in Újpest (today an integral part of Budapest) for Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt (United Shareholder Company for Bulbs and Electrical Engineering) which at that time was producing carbon-filament bulbs. The company bought their patent and in 1906 the production of bulbs with a wolfram filament began. In the same year Hanaman became president of a newly founded shareholder company - Nemzetközi Wolframlámpa Rt (International Company for Wolfram bulbs) - the company's aim being to capitalize on the patent for the production of wolfram filaments, as well to satisfy certain legal requirements. The patent was registered in 13 countries around the world. The leading position in the production of bulbs with wolfram filaments was taken by the American firm, General Electric, which in 1910 succeeded in producing a wolfram filament of sufficient strength using the Coolidge process. Realizing that it was unable keep pace with the Americans, in 1910 Hanaman went to the U.S.A., where he sold his patent rights to General Electric.

As a result of the relinquishment of his patent rights, Hanaman was materially secure and in 1911 he left Budapest for Germany. During his stay in Charlottenburg, near Berlin, from 1912 to 1915 he worked at a Technical High School of the Institute for Ferrous Metallurgy, where he produced his Doctor's dissertation, *Über Rostversuche mit nitriertem Eisen* (On corrosion tests with nitrated iron which in May 1913 earned him the title of Doctor of Technical Sciences. He then went on to produce his Assistant

Franjo Hanaman zum Dekan der Abteilung für chemisches Ingenieurwesen der Technischen Hochschule gewählt. Dieses Amt bekleidete er bis 1924, als er zum Rektor der Technischen Hochschule ernannt wurde. Während des Studienjahres 1925/26 nahm er die Stellung des Prorektors ein, und nach dem 31. August 1926, als die Technische Hochschule zur Technischen Fakultät wurde, erhielt er den Posten des Prodekans. Von 1939 bis zu seinem Tode war er Vorstand der Abteilung für Bergbau und Metallurgie der Technischen Fakultät.

Außerdem war er von 1933 bis 1934 Vorsitzender der Jugoslawischen Gesellschaft für Chemie.

Neben den verschiedenen Ämtern, die Hanaman in seiner Heimat innehatte, war er außerdem ein angesehenes Mitglied verschiedener Vereinigungen im Ausland, wie zum Beispiel des Institute of Metal in London (ab 1925) sowie des Verbands deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf und der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde in Berlin.

Von 1934 bis 1939 war er Chefredakteur der Zeitschrift *Arhiv za hemiju i farmaciju* (Archiv für Chemie und Pharmazie) (1938 wurde der Name in *Arhiv za hemiju i tehnologiju* (Archiv für Chemie und Technologie) geändert. Ab 1939 erschien sie dann unter dem Titel *Arhiv za kemiju i tehnologiju*, d.h. in kroatischer und nicht mehr in serbischer Fassung (Anm. d. Übers.)). In der Zeitschrift wurden vorwiegend Artikel aus dem Bereich der Naturwissenschaften und Technik publiziert.

Hanamans veröffentlichtes wissenschaftliches Opus umfaßt lediglich einige Arbeiten, die in Zeitschriften erschienen sind, zum Beispiel in: *Zeitschrift für Elektrochemie*, (Wien, 1902), *Tehnički list* (Technisches Blatt) (1925), *Arhiv za hemiju i farmaciju* (Archiv für Chemie und Pharmazie) (1927, 1934), *Novo narodno bogatstvo* (Der neue Volksreichtum) (1928), *Grđevinski vjesnik* (Der Baubote) (1932), *Rudarski i topioničarski vesnik* (Der Bergbau- und Hüttenbote) (Belgrad, 1936).

Er verschied plötzlich am 23. Januar 1941 in Zagreb und wurde auf dem Zagreber Friedhof Mirogoj beigesetzt.

Franjo Hanamans Erfindungen auf dem Gebiet der Herstellung von Wolframglühfäden stellen eine Pionierarbeit in Richtung moderner und ökonomischer elektrischer Beleuchtung dar. Zudem kann man ihn als einen der Gründer des Chemieingenieurwesens und der chemischen Technologie in Kroatien betrachten.

Professor habilitation paper entitled, *Über Cer-Legierung, Die Cer-Kupfer-Legierung und ihre Konstitution* (On cerium alloys. Cerium-copper alloys and their structure) which was published in Leipzig in 1915. However, the habilitation process was halted due to general mobilization during W.W.I. Finally, in 1919, he was awarded the title of Assistant Professor on the basis of that particular paper, at the Technical High School in Zagreb. In 1920 he was elected as Assistant Professor of Mechanical Technology, and in the same year he became a lecturer in machine technology. In 1922 he was elected Full Professor of Technology of Inorganic Chemistry and Metallurgy. Also in 1922 he founded the Institute for Technology of Inorganic Chemistry and Metallurgy at what was then the Chemical and Engineering Department within the Technical High School, of which he became Dean. He remained in that position until 1924, when he assumed the post of Chancellor of the Technical High School. In the academic year 1925/26 he performed the duties of Vice-chancellor, and after 31 August 1926, when the Technical High School was elevated to the level of a Faculty of Technical Sciences, he became its Deputy Dean. From 1939, until the end of his life in 1941, he was Head of the Department for Mining and Metallurgy at the Faculty.

He also held the post of President of the Jugoslovesnkos hemijsko društvo (Yugoslav Association of Chemists).

In addition to the various posts and positions he held at home, Hanaman was also a prominent member of a number of associations in foreign countries, such as the Institute of Metal, London (from 1925); Verband Deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf, and Deutschen Gesellschaft für Metallkunde, Berlin.

From 1934 to 1939 he was editor-in-chief of the journal *Arhiv za hemiju i farmaciju* (Archive for Chemistry and Pharmacy; in 1938 the name of the journal was changed to *Arhiv za hemiju i tehnologiju* (Archive for Chemistry and Technology), and which from 1939 was known as *Arhive za kemiju i tehnologiju*), which predominantly published articles from the fields of natural and technical sciences.

Hanaman's publicized scientific opus is restricted to only a small number of works published in the following journals: *Zeitschrift für Electrochemie* (Vienna, 1902); *Tehnički list* (1925); *Arhiv za hemiju i farmaciju* (1927, 1934); *Novo narodno bogatstvo* (1928); *Građevinski vjesnik* (1932), and *Rudarski i topioničarski vjesnik* (Belgrade, 1936).

Fanjo Hanaman died suddenly on 23 January 1941 in Zagreb and was interred at Zagreb's Mirogoj cemetery.

Hanaman's inventions regarding the wolfram filament were pioneering steps towards modern and economical electric lighting, and it can be said that he was one of the forefathers of chemical engineering and technology in Croatia.