

Współpraca naukowo-badawcza i aplikacyjno wdrożeniowa z jednostkami zagranicznymi

Na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat współpracowałem i nadal współpracuję naukowo z czołowymi europejskimi jednostkami naukowo-badawczymi z obszaru metrologii współrzędnościowej takimi jak Physikalisch Technische Bundesanstalt w Braunschweig (Federalny Instytut Fizyko -Techniczny Niemiec) - Prof. Dr Frank Haertig; Lehrstuhl, Qualitätsmanagement und Fertigungsmesstechnik der Universität Erlangen - Nuernberg - Prof. A.Weckenmann: Institut für Messtechnik, Automatisierung und Qualitätswissenschaft (BIMAQ) Technische Universität Bremen – Niemcy – Prof. Gerd Goch; CMI - Czech Metrology Institute Praha – Prof. A.Zeleny, Ecole Centrale de Lyon - Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDE) – Prof. Thomas Mathia,, - Università Degli Studi di Padova,- Prof. Enrico Savio, NTB Buchs Schweiz,- Prof. Michael Marxer , ETH - Zurich – Dr. W.Knapp; Technische Universität Braunschweig - Prof. Reiner Tutsch, University of Belgrade - Prof. Vidosav D. Majstrovic.

W zakresie zagranicznej współpracy naukowej naukowy należy wymienić:

- Staż naukowy w **1987** w Lehrstuhl fuer Fertigungsmesstechnik der Technische Universität Dresden - Prof Dr Habil Ing Werner Lotze - w efekcie opracowanie pracy doktorskiej.
- Staż naukowy *Nadzór i kontrola współrzędnościowych maszyn pomiarowych Physikalisch Technische Bundesanstalt - Braunschweig (PTB)*.
- Staż naukowy oraz badawczy w **1992** w zakresie badań dokładności głowic współrzędnościowych maszyn pomiarowych finansowany przez firmę Leitz Messtechnik Wetzlar, w wyniku którego opracowano rozwiązanie techniczne i je wdrożono do produkcji. Wdrożono również metodę badań głowic stykowych, a w efekcie pozyskano dla Politechniki Krakowskiej referencyjną maszynę pomiarową PMM12106 Leitz.
- Współpraca z Prof. W. Rumpfem z Fachhochschule Frankfurt am Main, rozpoczęta w 1993 roku. Współpraca ta opiera się o wymianę naukową oraz wspólne projekty. Opracowanie i realizacja projektu **JEP nr 07685** w programie TEMPUS nt. „World Class Manufacturing Implementation by Restructuring Engineering Courses: Culture-change by University/Industry Cooperation”, realizowanego wspólnie z Filią Politechniki Łódzkiej w Bielsku-Białej, Fachhochschule Frankfurt am Main oraz University of Central England w Birmingham.
- **Zrealizowany** w latach 2002-2007 - **projekt EVIGEM** - European virtual institute for geometry measurements (EVIGeM), grupujący najlepsze jednostki badawcze z zakresu metrologii geometrycznej, gdzie jedynym reprezentantem naszego kraju jest Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej. Zadaniem jest opracowanie i stałe dostarczanie wiedzy w zakresie pomiarów geometrycznych, usług kalibracyjnych oraz podejmowanie problemów technicznych i naukowych w krajach EU. Projekt koordynowany przez BIBA – Technische Universität Bremen, a realizowany przez Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej wspólnie z najlepszymi laboratoriami europejskimi takimi jak PTB Braunschweig, IBS Eindhoven, TU Kopenhaga, CMI Praha, QFZ TU Erlangen, Unimetrik Victoria Hiszpania, INRIM – Włochy, ETALON AG Niemcy, Leitz Messtechnik Wetzlar, IMT Zeiss Oberkochen, Hexagon Metrology, ETH Zurich. **Współpraca naukowa była kontynuowana jako bilateralna, nie ujęta w postaci umów.**
- **Zrealizowany** w latach 2005-2007 **projekt TRACES** – Transnational Calibration Expert Service C517456 2005-2007 - europejski projekt badawczy – rozwojowy realizowany w ramach e-Ten mający na celu opracowanie nowego rodzaju usługi kierowanej do przemysłu wykorzystującego najbardziej zaawansowane technologie pomiarów w produkcji maszyn i urządzeń. Jego uczestnikami, oprócz

Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej byli: czołowy niemiecki instytut badawczy Physikalisch Technischen Bundesanstalt, w Braunschweig - (Urząd Miar Niemiec) będący koordynatorem projektu, Duński Uniwersytet Techniczny w Kopenhadze, CMI - Czeski Urząd Miar, hiszpański ośrodek badawczy UNIMETRIK, włoski CERMET, niemiecki ośrodek wzorcujący DKD-1 - FEINMESS, czeski VUOS oraz Etalon AG -Niemcy. **Współpraca naukowa była kontynuowana jako bilateralna, nie ujęta w postaci umów.**

1. Współpraca międzynarodowa nie ujęta w umowach

W ramach prac nad opracowaniem systemu wzorcowań mikro i nano maszyn współrzędnościowych, systemów pomiaru błędów kształtu, pomiaru kół zębatych, topografii powierzchni oraz badaniami biometrologicznymi, jakie realizowane były pod moim kierownictwem zorganizowałem i prowadziłem współpracę naukową i badawczą z następującymi jednostkami naukowymi i czołowymi firmami metrologicznymi oraz krajowymi instytutami metrologicznymi (NMI).

- **Lehrstuhl Qualitätsmanagement und Fertigungsmesstechnik (QFM) der Universität Erlangen-Nürnberg** – współpraca naukowa z prof. A.Weckenmannem w zakresie wzorcowań części przyrządowych datuje się od roku 2004. Przy katedrze działa QMF Messzentrum - laboratorium akredytowane przez DKD. W ostatnich latach realizowane były wzajemne pobyty studialne i wykłady zapraszane. W 2011 jako uznanie i dowód przyjaźni naukowej Rektor TU Erlangen i osobiście prof. A.Weckenmann zaprosił mnie na swój ostatni wykład w dniu 30 września 2011. Współpraca jest kontynuowana z nowym kierownikiem katedry prof. Tino Hausotte.
- **Werth Messtechnik GmbH** - zagadnienie dokładności pomiarów tomograficznych oraz pomiarów optycznych i stykowych mikro-części maszyn. W Krakowie odbyły się 2 seminaria. Aktualnie jest przygotowywana aktualnie umowa o współpracy naukowo-technicznej.
- **Mahr GmbH Goettingen** – zagadnienia dokładności błędów kształtu w tym pomiarów okrągłości oraz mikro i nano topografii powierzchni. Odbyły się 2 seminaria: jedno w Krakowie, drugie w Goettingen. Firma Mahr przekazała bezpłatnie sprzęt pomiarowy do działalności dydaktycznej; współpraca jest realizowana od 2009 roku.
- **PTB – Physikalisch Technische Bundesanstalt Braunschweig** – Urząd Miar Niemiec. Współpraca - zainicjowana przez PTB (prof F. Waeldele, dr E. Trapetem H.Schwenke) jest realizowana od 1992, w latach 1993-1997 Member of Scientific Council PTB 5.3 Coordinate Measuring Technique. Efektem współpracy były m.in. wielokrotne pobyty studialne w PTB, staże naukowe oraz długoterminowe staże naukowe w tym również moich doktorantów: dr inż. M. Krawczyk - 1 rok , dr inż. R. Kupiec – 8 mies.
- **Eumetron GmbH Aalen** Laboratorium Akredytowane; współpraca w zakresie wzorcowań, realizowana od 2008 roku.
- **Messtechnik Wetzlar GmbH** – współpraca realizowana od 1998 w zakresie oprogramowań maszyn pomiarowych (system QUINDOS) i wspólnego wdrażania systemów pomiarów współrzędnościowych (VW- Poznań w latach 1998-2001) oraz w zakresie wdrożenia Simulatora I++ i w budowie maszyny wirtualnej (efekt- praca doktorska dr inż. Adama Gąski). Innym efektem było wdrożenie symulatora do zadań dydaktycznych, w specjalnie przygotowanej sali multimedialnej, zrealizowanej w ramach MRPO. Jest to druga w Europie i pierwsza w kraju instalacja tego systemu.
- **Etalon AG - Braunschweig** – współpraca naukowo-techniczna w zakresie wzorcowań systemów współrzędnościowych z wykorzystaniem laser traserów jako kontynuacja wieloletniej współpracy z Dr Ing H. Schwenke z okresu jej pracy w PTB. W efekcie realizowany został grant rozwojowy, przyznany na lata 2010 -2013, związany z wdrożeniem tego systemu do prac wzorcujących.
- **BS Precision Engineering** – Eindhoven. Współpraca w zakresie wzorcowań nanomaszyn współrzędnościowych o błędach granicznych mniejszych od 100 nanometrów w zakresie 400x400x50mm. Realizowane było seminarium w Eindhoven oraz pobyt studialny w IBS w 2010, jako efekt współpracy z dr H. Spaanem.
- **CERN** – Laboratorium metrologiczne w ramach Engineering Departament (EN) Mechanical and

Materials Group (MME) z dr. Ahmedem Cherifem. Nawiązano współpracę w zakresie technologii pomiarów współrzędnościowych i procedur szacowania niepewności obiektów wielkogabarytowych z wykorzystaniem laser tracerów; odbyły się 2 seminaria naukowe.

- **NTB – Interstate Switzerland University of Applied Sciences - Buchs Szwajcaria** – współpraca z zespołem prof. Michaela Marxera w zakresie pomiarów optycznych i topografii powierzchni oraz modelowanie maszyn optycznych i weryfikacji badawczej modelu opracowywanego w ramach pracy doktorskiej mgr inż. Wiktora Harmatysa. Odbywają się regularnie wspólne seminaria naukowe, a prof. Marxer jest profesorem wizytującym na WM w Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej.
- **TU Braunschweig** - współpraca z zespołem prof. Reiner Tutscha w zakresie pomiarów optycznych i pomiaru mezo obiektów przestrzennych; weryfikacja badawcza modelu maszyny optycznej, opracowywanego w ramach pracy doktorskiej mgr inż. Wiktora Harmatysa. Odbywają się regularnie wspólne seminaria naukowe, a prof. Tutsch jest profesorem wizytującym na WM w Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej.
- **Universita Degli Studi di Padova** - współpraca z zespołem Prof. Enrico Savio w zakresie automatyzacji pomiarów in-line metrologii oraz pomiarów tomograficznych. Odbywają się regularnie wspólne seminaria naukowe; prof. Enrico Savio jest profesorem wizytującym na WM w Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej

2. Współpraca oparta o podpisane umowy

Umowy o współpracy naukowej, technicznej i dydaktycznej podpisane z mojej inicjatywy:

- **Leitz Messtechnik GmbH Wetzlar – Hexagon Metrology** - współpraca od 1992 roku, której efektem były wspólne prace badawcze i wdrożeniowe, a także staże naukowe jakie odbyłem w tej firmie, która jest producentem najdokładniejszych maszyn pomiarowych na świecie. Jednym z efektów była umowa i przekazanie Politechnice Krakowskiej maszyny PMM Leitz 12106 w 1993 o wartości wówczas kilku mln DM, z udziałem firmy Metronom GmbH. W latach 2008-2011 odbyły się 3 seminaria: 2 w Wetzlar i jedno w Krakowie. Efektem było opracowanie wspólnej koncepcji nowych maszyn o dużych zakresach pomiarowych 1000x1200x600mm i błędach granicznych $MPE = 0.1 + L/1000$ oraz nowa umowa o współpracy naukowo-technicznej, a także doktorat Ingo Lindnera, kierującego ośrodkiem badawczym koncernu i vice prezesa Hexagon Metrology – największego obecnie koncernu metrologicznego na świecie.
- **IMT Zeiss Oberkochen** - druga czołowa firma metrologiczna na świecie. W zakresie umowy o współpracy odbyły się 2 seminaria: jedno w Oberkochen i jedno w Krakowie, zaś efektem była analiza możliwości pomiarów i opracowanie koncepcji systemu współrzędnościowego z zastosowaniem do wzorcowania mikroczęści maszyn o zakresach pomiarowych 100x100x50mm i błędach granicznych $MPE = 0.5 + L/1000$. Wypracowano wspólny projekt nt. modelowanie pomiarów optycznych – wirtualna maszyna optyczna do szacowania niepewności pomiarów on line, przygotowanie pracy doktorskiej mgr inż. Wiktora Harmatysa, jak również przekazanie przez IMT Zeiss Politechnice Krakowskiej jednej z najdokładniejszych maszyn optycznych: O-Inspect.
- **University of Heidelberg** Faculty of Clinical Medicine Mannheim- Laboratory for Biomechanics and Experimental Orthopaedics, Orthopaedic and Trauma Surgery Centre, University medical Centre Mannheim wraz z Politechniką Krakowską - Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej Wydziału Mechanicznego. Współpraca naukowa w zakresie biometrologii, w wyniku której **podpisano w maju 2010** umowę o współpracy naukowej nt: Erforschung des Gesamtverhaltens einer neuen Hybridkinematik in einem robotischen Werkzeug für knochenchirurgische Anwendungen. CYCLOBOT „Badania właściwości nowoczesnej kinematyki hybrydowej robota do chirurgii kości - CYCLOBOT”. Za realizację odpowiedzialni byli ze strony LMW prof. J. Sładek i dr hab. inż. A. Ryniewicz, prof. PK, natomiast strony Uniwersytetu w Heidelbergu Dyrektor Medyczny: prof. dr. med. H.-P. Scharf

i Kierownik laboratorium PD dr. med. M. Schwarz

- **NIKON Metrology** – umowa o współpracy i wyposażenie Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej, we współpracy z Smartsolution, w maszynę pomiarową LK wraz z systemem multisensorycznym głowic stykowych i laserowych i oprogramowaniem FOCUS.
- **École Centrale de Lyon a Politechniką Krakowską** - umowa **podpisana w listopadzie 2010** Współpraca dotyczy - oprócz wymiany studentów i wykładowców - współpracy naukowej pomiędzy LMW PK a Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDE) i Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej. W ramach tej umowy zatrudniono w 2011 prof. Thomasa Mathia jako visitng profesora, który prowadził wykłady dla doktorantów i studentów na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej. Zrealizowano wizyty studialne oraz opracowano kilka wspólnych publikacji dotyczących metrologii powierzchni i tribologii.
- **Firma Smarttech** – umowa o współpracy i wyposażenie Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej w system skanerów optycznych, a także wspólny projekt nt. „Opracowanie i wdrożenie do produkcji kompleksowego bezdotykowego systemu pomiaru obiektów przestrzennych przystosowanego do realizacji precyzyjnych pomiarów metrologicznych w warunkach wysokiego nastonecznienia” POIR.01.01.01-00-0376/15. W latach 2016-2018 wartość 3 mln PLN.