

## Współpraca naukowo-badawcza i aplikacyjno -wdrożeniowa z jednostkami zagranicznymi

Na przestrzeni ostatnich kilkadziesiąt 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; obecnie Prof. Tino Huesenot, 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 – Prof. W.Knapp; Technische Universität Braunschweig - Prof. Reiner Tutsch, University of Belgrade - Prof. Vidosav D. Majstrovic,

**W zakresie współpracy naukowej ważnymi jednostkami zagranicznymi z jakimi udało mi się współpracować i które znacząco wpłynęły na rozwój 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** i potem cyklicznie pobyty i udział w badaniach w ramach projektów z Prof. F.Waeldele, E.Trapetem i H.Schwenke
- Staż w **1993** zakresie badań maszyn pomiarowych dokładności głowic współrzędnościowych maszyn pomiarowych finansowany przez firmę **Leitz Messtechnik Wetzlar** w efekcie opracowano rozwiązanie techniczne i je wdrożono do produkcji oraz wdrożono też metodę badań głowic stykowych co pozwoliło na pozyskanie dla Politechniki Krakowskiej referencyjnej maszyny pomiarowa PMM12106 Leitz
- Współpraca z Prof. W. Rumpfem z Fachhochschule Frankfurt am Main rozpoczęta w 1993 roku Współpraca ta opiera się o wymianę naukową i 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 stale 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. **Współprace naukowa realizowana była dalej jako bilateralna nie ujęta w postaci umów.**

- **zrealizowany w latach 2005-2007 projekt TRACES** – Transnational Calibration Expert Serve C517456 2005-2007 - europejski projekt badawczo – 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 **Współprace naukowa realizowana była dalej jako bilateralna nie ujęta w postaci umów.**

### 6.1. 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 pryzmatycznych 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 - odbyły się 2 seminaria w Krakowie. Przygotowywana jest 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 i realizowana jest współpraca od 2009
- **PTB – Physikalisch Technische Bundesanstalt Braunschweig** – Urząd Miar Niemiec, współpraca zainicjowana przez PTB - Prof F. Waeldele, dr E. Trapetem H.Schwenke i realizowana jest od 1992 w latach 1993-1997 Member of Scientific Council PTB 5.3 Coordinate Measuring Technique - Efektem były też wielokrotne pobyty studialne w PTB i staże naukowe, oraz długoterminowe staże naukowe w tym też moich doktorantów - dr inż. M. Krawczyk - 1 rok , dr inż. R.Kupiec - 8 mies.
- **Eumetron GmbH Aalen** Laboratorium Akredytowane współpraca w zakresie wzorcowań współpraca 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 wdrożenia symulatora i do zadań dydaktycznych w specjalnie przygotowanej sali multimedialne zrealizowanej w ramach MRPO. Jest to druga w Europie i pierwsza instalacja w kraju 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 jeszcze z czasu jak pracowała w PTB. W efekcie realizowany był 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 i pobyt studialny w IBS w 2010 jako efekt współpracy z Dr H. Spaanem.
- **CERN** – Laboratorium metrologiczne w ramach Engineering Department (EN) Mechanical and Materials Group (MME) z Dr Ahmedem Cherifem nawiązano współpracy w zakresie technologii pomiarów współrzędnościowych i procedur szacowania niepewności obiektów wielkogabarytowych z wykorzystaniem laser traserów - odbyły się 2 seminaria naukowe.
- **NTB – Buchs Szwajcaria** – współpraca z zespołem Prof. Michaela Marxera w zakresie pomiarów optycznych i topografii powierzchni oraz modelowanie maszyn optycznych i weryfikacji badawcza modelu opracowywanego w ramach pracy doktorskiej mgr inż. Wiktora Harmatysa. Odbywają się regularnie wspólne seminaria naukowe - Prof. Marxer jest profesorem wizytującym na WM w Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej.
- **TU Braunschweig** - współpraca z zespołem Prof. Reinera Tutscha w zakresie pomiarów optycznych i pomiaru mezo obiektów przestrzennych weryfikacji badawcza modelu maszyny optycznej opracowywanego w ramach pracy doktorskiej mgr inż. Wiktora Harmatysa. Odbywają się regularnie wspólne seminaria naukowe - 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

## 6.2. Współpraca międzynarodowa oparta o podpisane umowy

Umowy międzynarodowe o współpracy naukowej i dydaktycznej podpisana z mojej inicjatywy:

- **Leitz Messtechnik GmbH Wetzlar – Hexagon Metrology** współpraca od 1992 roku efektem były wspólne prace badawcze i wdrożeniowe, staże naukowe jakie odbyłem w tej firmie - producenta najdokładniejszych maszyn pomiarowych na świecie. Jednym z efektów była umowa i przekazanie Politechnice Krakowskiej maszyny PMM Leitz 12106 w 1993 o wartości wtedy 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 i doktorat **Ingo Lindnera** szefa ośrodka badawczego maszyn pomiarowych koncernu i vice prezesa Hexagon Metrology – największego obecnie koncernu metrologicznego na świecie.
- **IMT Zeiss Oberkochen** - druga czołowa firma metrologiczna na świecie umowa o współpracy - odbyły się 2 seminaria jedno w Oberkochen i jedno w Krakowie efektem była analiza możliwości pomiarów i opracowanie koncepcji systemu współrzędnościowego z zastosowaniem do wzorcowania mikroczołki maszyn o zakresach pomiarowych 100x100x50mm i błędach granicznych  $MPE = 0.5 + L/1000$  efektem był wspólny projekt nt. modelowanie pomiarów optycznych – wirtualna maszyna optyczna do szacowania niepewności pomiarów *on line* - przygotowanie pracy doktorskiej mgr inż. Wiktora Harmatysa i przekazanie przez IMT Zeiss 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
- i Politechniki Krakowskiej - Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej Wydziału MechanicznegoWspółpraca naukowa w zakresie biometrologii- **podpisano w maju 2 010** 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*” Ze strony LMW odpowiedzialni byli za realizację Prof. JSładek i Dr hab. inż A.Ryniewicz Prof. PK a ze strony Uniwersytetu w Heidelbergu Dyrektor Medyczny: Prof. Dr. med. H.-P. Scharf 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 i 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 wizyty studialne i opracowywanie kilku wspólnych publikacji dotyczących metrologii powierzchni i tribologii.
- **Firma Smarttech** – umowa o współpracy i wyposażenie Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej w system skanerów optycznych oraz wspólny projekt nt - Opracowanie i wdrożenie do produkcji kompleksowego bezdotykowego systemu pomiaru obiektów przestrzennych przystosowanego do realizacji precyzyjnych pomiarów metrologicznych w warunkach wysokiego nasłonecznienia” POIR.01.01.01-00-0376/15. W latach 2016-2018 wartość 3 mln PLN.