

Herr Manuel Caipo

Schubartstrasse 62
89134 Blaustein

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Betriebswirt

Fakultät II - Engineering and Technology
Campus Villingen-Schwenningen
Fon +49.7720.307-4400
E-Mail: gunter.ketterer@hs-furtwangen.de

Villingen-Schwenningen, 17. Juli 2025

HOCHSCHULE FURTWANGEN

Empfehlungsschreiben für Manuel Caipo Ccoa - Promotion im Bereich Intelligente Systeme

FURTWANGEN
Robert-Gerwig-Platz 1
78120 Furtwangen
Fon +49.7723.920-0
Fax +49. 7723.920-1109

Sehr geehrte Damen und Herren,

VILLINGEN-SCHWENNINGEN
Jakob-Kienzle-Straße 17
78054 Villingen-Schwenningen
Fon +49.7720.307-0
Fax +49. 7720.307-3109

mit großer Überzeugung und in Anerkennung seiner herausragenden akademischen und fachlichen Leistungen empfehle ich Herrn Manuel Caipo Ccoa für eine Promotion im Bereich intelligenter Systeme – insbesondere mit Fokus auf Robotik, künstliche Intelligenz und präzisionstechnische Modellierung.

TUTTLINGEN
Kronenstraße 16
78532 Tunlingen
Fon +49.7461.1502-0
Fax +49.7461.1502-6201

In meiner Funktion als Dekan der Fakultät „Mechanical and Medical Engineering“ an der Hochschule Furtwangen hatte ich die Gelegenheit, Herrn Caipo im Rahmen seines Masterstudiums „Advanced Precision Engineering“ in mehreren forschungs- und zukunftsorientierten Modulen zu unterrichten – darunter:

info@hs-furtwangen.de
www.hs-furtwangen.de

Postbank Karlsruhe
Kontonummer 22 400 754
Bankleitzahl 660 100 75
IBAN OE24 6601 0075 0022 4007
BIC PSNKDEFF

1) Modul „Antriebs- und Regelungstechnik“ mit den Fachvorlesungen:

- *Ausgewählte Kapitel der Regelungstechnik*
- *Innovative Methoden der Steuerungs-, Antriebs- und Regelungstechnik*
- *Optimierungs- und Identifikationsverfahren*

2) Modul „Robotik“ mit den Fachvorlesungen:

- *Ausgewählte Kapitel der Robotik*
- *Auslegung von Werkzeugmaschinen, Robotern und Bewegungsachsen*

3) Modul „Qualitätssicherung in der Produktion“ mit der Vorlesung

- *Präzisionsmesstechnik*

In allen Lehrveranstaltungen überzeugte er durch außergewöhnliches analytisches Denkvermögen, tiefgehendes technisches Verständnis sowie ein hohes Maß an akademischer Disziplin und Eigeninitiative.

Seine Leistungen in schriftlichen Ausarbeitungen und Prüfungen waren durchweg exzellent. Besonders hervorheben möchte ich zwei Projektarbeiten, die sowohl inhaltlich als auch methodisch ein außerordentliches wissenschaftliches Niveau aufwiesen:

In der Präzisionsmesstechnik widmete sich Herr Caipo der Anwendung künstlicher Intelligenz in der Messtechnik. Die dabei entstandene Arbeit beeindruckte durch bemerkenswerte inhaltliche Tiefe, methodische Klarheit sowie höchste fachliche Präzision. Seine Analyse und

Umsetzung gingen weit über das erwartete Maß hinaus und spiegelten ein tiefes Verständnis komplexer Zusammenhänge sowie deren praxisorientierte Anwendung wider.

Im Rahmen der Lehrveranstaltung „Dynamische Auslegung von Werkzeugmaschinen, Robotern und Bewegungsachsen“ entwickelte Herr Caipo ein hochpräzises, dynamisches Mehrkörpersystemmodell eines modifizierten SCARA-Roboters unter expliziter Berücksichtigung nichtlinearer Bewegungszusammenhänge. Die Vor- und Rückwärtstransformation und deren kinematische Modellierung erfolgte mittels der Denavit-Hartenberg-Parameter. Hierbei leitete er die vollständige Vorwärtstransformation als auch speziell die inverse Kinematik analytisch her, wobei er insbesondere auf die numerische Stabilität und Lösbarkeit der inversen Transformationsprobleme achtete.

Die Ermittlung der erforderlichen Antriebsmomente und -kräfte erfolgte auf Basis einer fundierten kinematischen und dynamischen Modellierung des Robotersystems. Hierzu wurden sowohl die geometrische als auch die analytische Jacobi-Matrix analytisch hergeleitet, um eine exakte Abbildung zwischen Gelenkraum und kartesischem Raum zu gewährleisten. Herausstechend waren seine Ausarbeitungen zur vollständigen dynamischen Systembeschreibung mittels der Lagrange'schen Gleichungen zweiter Art. Dabei berücksichtigte Herr Caipo neben den Massenverteilungen insbesondere realitätsnahe Trägheitsmomente sowie Reibungseinflüsse, wodurch ein hohes Maß an Modelltreue erreicht wurde. Die resultierenden Bewegungsgleichungen wurden simulationsgestützt gelöst, wobei variable Lastfälle und externe Störgrößen systematisch einbezogen wurden. Diese Methodik ermöglicht eine gezielte Optimierung der Roboterstruktur durch Anpassung von Geometrie und Struktur, Materialeigenschaften und Bauweise.

Zur Validierung und weiterführenden Analyse entwickelte Herr Caipo eine modulare Simulationsumgebung in MATLAB, die sowohl die Berechnung als auch die Visualisierung des erreichbaren Arbeitsraums sowie der Bewegungsdynamik des Roboters als elastisch gekoppeltes Mehrkörpersystem erlaubt. Dabei kamen sowohl analytische als auch numerische Verfahren zum Einsatz, wodurch ein tiefgehendes Verständnis des Systemverhaltens unter realen Einsatzbedingungen erzielt werden konnte.

Besonders hervorzuheben ist die eigenständige Entwicklung und Implementierung ruckbegrenzter, zeitoptimaler Bahnplanungsalgorithmen zur Generierung physikalisch plausibler Lagesollverläufe auf Gelenkebene. Diese ermöglichen eine präzise und dynamisch konsistente Ansteuerung der Antriebe unter Einhaltung definierter Beschleunigungs- und Ruckgrenzen. Die so erreichte hochgenaue Beschreibung der Bewegungstrajektorien sowohl einzelner Robotersegmente als auch des Tool Center Points (TCP) bildet eine fundierte Grundlage für die Entwicklung moderner, KI-gestützter Regelungskonzepte.

Die Qualität und technische Tiefe dieser Arbeit belegen ein außergewöhnlich hohes Maß an systemtheoretischem Verständnis und ingenieurwissenschaftlicher Modellierungskompetenz.

Wäre es möglich gewesen, hätte ich seine Arbeit mit der Note „1-Plus“ bewertet.

Herr Caipo zeichnet sich durch eine außergewöhnlich strukturierte, selbstständige und zielgerichtete Arbeitsweise aus. Seine Fähigkeit, hochkomplexe technische Problemstellungen klar zu analysieren und praxisgerecht umzusetzen, gepaart mit seiner ausgeprägten Eigenmotivation und fachlichen Tiefe, macht ihn zu einem herausragenden Kandidaten für eine wissenschaftliche Laufbahn und Promotion.

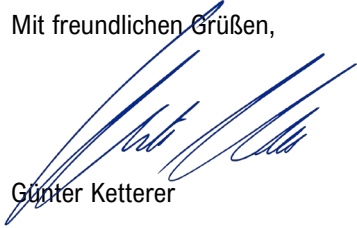
Darüber hinaus wird er von meinen Kolleginnen und Kollegen sowie seinen Kommilitoninnen und Kommilitonen für seine Kollegialität, Teamfähigkeit und Hilfsbereitschaft außerordentlich geschätzt.

Ich bin fest davon überzeugt, dass Herr Caipo im Rahmen einer Promotion an einer führenden wissenschaftlichen und technischen Universität substanzielle Beiträge zur Forschung und Entwicklung im Bereich intelligenter Systeme im Bereich des Maschinenbaus und/oder der Medizintechnik leisten wird.

Seine hohe Belastbarkeit, sein Durchhaltevermögen sowie sein ausgeprägter persönlicher Einsatz qualifizieren ihn in besonderer Weise für die Anforderungen einer Promotion.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen,



Günter Ketterer

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Betriebswirt