



[André Platzer //
**Alexander von Humboldt-Professur
für Logik autonomer dynamischer
Systeme]**

André Platzer hat die Alexander von Humboldt-Professur für Logik autonomer dynamischer Systeme inne, leitet das Institut für Verlässlichkeit autonomer dynamischer Systeme und ist Professor of Computer Science an der Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA.

Er studierte von 1999 bis 2004 Informatik an der Universität Karlsruhe (TH), promovierte 2008 in Informatik an der Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg, und wurde gleich darauf als Assistant Professor of Computer Science an die Carnegie Mellon University berufen, wo er 2014 Associate Professor und 2020 Full Professor wurde. Seit 2022 ist er Alexander von Humboldt Professor am KIT. 2015 war er Gastprofessor an der Cornell University, USA, 2019 Humboldt-Stipendiat und DFG Mercator Fellow an der TU München.

André Platzer ist Autor des Buchs Logical Analysis of Hybrid Systems und des Lehrbuchs Logical Foundations of Cyber-Physical Systems, welches über 1.8 Millionen Downloads bei Springer verzeichnet. Er verfasste über 100 wissenschaftliche Arbeiten und hält zwei zentrale Patente zur cyber-physical systems safety. Seine Dissertation wurde mit dem ACM Doctoral Dissertation Honorable Mention Award ausgezeichnet. Schon 2009 galt er laut Popular Science Magazine als einer der zehn besten Nachwuchswissenschaftler und 2010 laut IEEE Intelligent Systems als einer der zehn besten KI Wissenschaftler. André Platzer erhielt 2011 den NSF CAREER Award, und wurde 2022 mit der Alexander von Humboldt Professur für KI ausgezeichnet.

// **Überblick und Allgemeines**

André Platzer entwickelt mit seiner Alexander von Humboldt Professur Logik autonomer dynamischer Systeme die logischen Grundlagen von

Cyber-Physical Systems (CPS), um die Frage zu beantworten, wie man Computern vertrauen kann physikalische Prozesse zu steuern. Die Lösung dieser Herausforderung ist der benötigte Schlüssel für Computerunterstützung in lebenswichtigen Bereichen wie Automobil, Flugzeug, und Zugsystemen, sowie der Robotik. Professor Platzer entwirft dazu Programmiersprachen mit Logiken, die Beweise als Korrektheitsgarantien liefern. Er verfolgt Theorie, Praxis und Anwendung.

Zentraler Dreh- und Angelpunkt der zugrundeliegenden Fragen ist, dass man die Interaktion des diskreten Steuerungsalgorithmus mit dem daraus resultierenden kontinuierlichen Verhalten des physikalischen Systems verstehen muss. Professor Platzer entwickelt hierzu Programmiersprachen zur kompositionellen Beschreibung solcher Systeme und Logiken zur kompositionellen Analyse der Korrektheitsfragen für die resultierenden hybriden Programme. Logik spielt dabei die zentrale Rolle, um die Analyse des Gesamtsystems per Analyse der jeweiligen Teilprogramme beantworten zu können. Eine der fundamentalsten Entdeckungen hinter Prof. Platzers Differential Dynamic Logic ist dabei, dass Eigenschaften globalen Verhaltens der zugrundeliegenden dynamischen Systeme rein aus der Logik der lokalen Veränderungen analysiert werden können, ohne die Dynamik lösen zu müssen. Das realisiert einen wichtigen Teil von Henri Poin-

carés Ziel aus dem Jahre 1881, Differentialgleichungen ohne Studium derer meist viel schwierigeren Lösungen verstehen zu können. Allgemeiner ermöglichen die differentiellen dynamischen Logiken korrekte globale Vorhersagen über das zukünftige Verhalten von sogenannten mehrdynamischen Systemen, die etwa diskrete Dynamik, kontinuierliche Dynamik, oder spieltechnische Dynamik miteinander kombinieren.

Diese theoretischen Prinzipien werden in dem Theorembeweiser KeYmaera X praktisch umgesetzt, in dem zahlreiche algorithmische Fragen, Fragen des automatischen Beweisens, und Fragen der Konstruktion von Verifikationswerkzeugen verfolgt werden. Die grundlegende Entdeckung ist, dass uniforme Substitution gepaart mit logischen Verallgemeinerungen von Differentialformen ein sehr elegantes Beweisprinzip ermöglicht, bei dem syntaktische Substitutionen, z. B. von Termen für Funktionssymbole, einfacher logischer Axiome zur Korrektheit ausreichen. Da die Korrektheit von CPS so wichtig ist, ist es die Korrektheit von CPS Analysewerkzeugen erst recht. Uniforme Substitution ermöglicht einen ganz einfachen Beweismikrokern auf dem die Korrektheit basiert.

Wichtige Anwendungen, die in Prof. Platzer's Gruppe verfolgt werden umfassen etwa Flugzeugsteuerungen, Zugsteuerungen oder Anwendungen im Automobilbereich und der Robotik. Im Zuge dieser Forschung wurden 15 Milliarden Fehler in der halben Billion Regionen des Next-generation Airborne Collision Avoidance System (ACAS X) gefunden, das von der Federal Aviation Authority (FAA) und MIT Lincoln Labs als Ersatz für das auf fast allen kommerziellen Flugzeugen vorgeschriebene TCAS System entwickelt wurde.

// Ergebnisse und Erfolge

Logische Vollständigkeit (und damit Entscheidbarkeit im semialgebraischen

Fall) wurde für Invarianten von Differentialgleichungen bewiesen. Der ODE Invariantengenerator Pegasus erblickt das Licht der Welt und verändert wie automatisch Differentialgleichungen beweisbar sind. Sowohl Stabilitätsfragen für switched systems als auch verifizierte Entscheidungsprozeduren für reelle Arithmetik wurden bewiesen. Bei letzterem wurden hunderte Widersprüche in unverifizierten Tools gefunden. Sowohl kollisionsfreies Fahren für mobile Roboter als auch kollisionsfreies Fliegen trotz Intruder Flugzeugen wurden bewiesen.

// Ausgewählte Publikationen

A. Platzer, Y. K. Tan: Differential equation invariance axiomatization. *J. ACM* 67(1), 2020.

A. Platzer: *Logical Foundations of Cyber-Physical Systems*. Springer, 2018.

A. Platzer: A complete uniform substitution calculus for differential dynamic logic. *J. Autom. Reas.* 59(2), 2017.

A. Sogokon, S. Mitsch, Y. K. Tan, K. Cordwell, A. Platzer: Pegasus: Sound continuous invariant generation. *Form. Methods Syst. Des.* 58(1), 2022.

Y. K. Tan, S. Mitsch, A. Platzer: Verifying switched system stability with logic. *HSCC 2022*.

K. Cordwell, Y. K. Tan, A. Platzer: A verified decision procedure for univariate real arithmetic with the BKR algorithm. *ITP 2021*.

S. Mitsch, K. Ghorbal, D. Vogelbacher, A. Platzer: Formal verification of obstacle avoidance and navigation of ground robots. *I. J. Robotics Res.* 36(12), 2017.

R. Cleveland, S. Mitsch, A. Platzer: Formally verified next-generation airborne collision avoidance games in ACAS X. *ACM Trans. Embed. Comput. Syst.*

// Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Wissenschaftliches Personal

Noah Abou El Wafa
Jonathan Laurent
Marvin Brieger (LMU)
Katherine Cordwell (CMU)
Aditi Kabra (CMU)
Long Qian (CMU)
Dr. William Simmons (CMU)

// Website

logic.kastel.kit.edu/