

# Forschungsprogramm des Promotionszentrum Angewandte Informatik PZAI

Stand: Februar 2023

## 1 Angewandte Informatik

Informatik ist die Wissenschaft von der systematischen Speicherung, Übertragung und Verarbeitung von Daten, Informationen und Medien, insbesondere durch die maschinelle und automatisierte Verarbeitung mit Hilfe von Digitalrechnern. Darüber hinaus ist die Informatik auch die Wissenschaft der systematischen Untersuchung algorithmischer Prozesse und der Datenstrukturen, die komplexe Informationen beschreiben und transformieren; ihre Theorie, Analyse, Design, Effizienz, Implementierung und Anwendung. Das Promotionszentrum Angewandte Informatik (PZAI) fokussiert als Fachrichtung auf Angewandte Informatik und versteht darunter die Verwendung informatischer Methoden zur Entwicklung von Lösungen und Systemen praktischer Probleme. Dies schließt auch die Anwendung von Methoden der Informatik in anderen Wissenschaften und die Entwicklung spezieller Verfahren und Darstellungstechniken für spezifische Anwendungsfälle ein. Die Angewandte Informatik beinhaltet somit auch spezielle Ausprägungen der Informatik wie z.B. Medieninformatik oder Wirtschaftsinformatik. Sie umfasst des Weiteren die Anwendung bekannter wissenschaftlicher Methoden der Informatik auf bestehende und neue Probleme aus allen gesellschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Bereichen, ebenso die Forschung an grundlegenden Herausforderungen der Informatik und deren Wechselspiel mit den späteren Anwendungen und Anwendungsfächern, sowie die Informatik-Anwendungsforschung und den Technologietransfer. Im PZAI stehen im fachlichen Kern die Facetten der Angewandten Informatik, beispielsweise Betriebssysteme, Netzwerke und vernetzte Systemsoftware, Chipentwurf und integrierte Hardware-Softwaresysteme, Cybersicherheit, Privacy, Digitale Identitäten, Datenbanken und Informationssysteme, Eingebettete Systeme und Echtzeitsysteme, Visual Computing, Künstliche Intelligenz und Agententechnologie, Modellierung und Simulation sowie Software Engineering und Systemarchitekturen in vielfältigen Anwendungsgebieten wie z.B. Wirtschaft, Medien oder Ingenieurwesen. Zudem werden auch Informations- und Kommunikationstechnologien, die einen Bezug zur Angewandten Informatik haben, im PZAI fachlich integriert, um den schon in der Angewandten Informatik inhärenten interdisziplinären Ansatz weiter zu stärken. Dies gilt auch für Disziplinen mit einem Bezug zur Angewandten Informatik, insbesondere der Mathematik, z.B. im Gebiet des Scientific Computing und Kryptographie. So können Fragestellungen von hoher gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Relevanz in der angewandten Forschung wie z.B. Internet of Things, Industrie 4.0, Smart Data, Real-Time Analytics, Smart Home, Smart Cities, Smart Grids, Mixed Reality, Cloud Computing, Scientific Computing, autonome und

smarte Systeme, allgegenwärtige Mensch-Maschine-Interaktion oder Verlässlichkeit und Sicherheit von Software sowie Cybersecurity und -Privacy zum Gegenstand wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns im PZAI werden.

## 2 Leitthemen, Forschungsfelder und Special Interest Groups (SIGs)

Das Thema „Angewandte Informatik“ gibt einerseits einen klar abgrenzbaren thematischen Rahmen für Forschungstätigkeiten, die sich durch Anwendungsorientierung und direkt erkennbaren Mehrwert für die Gesellschaft in der Anwendung auszeichnen, ist aber andererseits breit genug, um eine Kontinuität trotz der Dynamik an Forschungsthemen zu gewährleisten und so (1) grundlegende Dienste qualitativ über einen langen Zeitraum zu optimieren und (2) immer wichtiger werdende Interdisziplinarität und Interdependenzen von aktuellen bzw. über die Zeit veränderlichen Leitthemen und Forschungsfeldern zu stützen. Entsprechend sind gemäß den Empfehlungen der Strukturkommission in dem Rahmen „Angewandte Informatik“ fokussierte Leitthemen zu definieren und als Resultat davon „thematische Unterstrukturen“ zu bilden, wie sie im Evaluationsbericht der Strukturkommission genannt werden. In Anlehnung an die renommierte Association for Computing Machinery wurde auf der Jahrestagung des PZAI im September 2022 beschlossen, diese „thematischen Unterstrukturen“ als SIGs (Special Interest Groups) zu bezeichnen. Jedes Mitglied des PZAI kann genau eine Erstmitgliedschaft in einer SIG haben. Außerdem wurde auf der Jahrestagung erarbeitet, dass es aktuell drei SIGs des PZAI gibt, die auch auf den im Evaluierungsbericht der Strukturkommission benannten Schwerpunkten des PZAI aufsetzen:

- Dependable IT-Infrastructures,
- Applied Machine Intelligence,
- Digital Perception and Interaction.

Diese SIGs sind auf aktuelle und anstehende Forschungsfragestellungen fokussiert und verfolgen eine Forschungs-Roadmap in ihren Forschungsfeldern. Sie sind zudem mit ihren Themen klar in der nationalen und internationalen Forschungslandschaft profiliert. Um den Rahmen des PZAI auszunutzen und aktuelle Forschungsfragestellungen SIG-übergreifend zu bearbeiten, ist zudem geplant noch engere und noch kurzlebige Strukturen in Form von informellen Aktionsgruppen zu bilden. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie neben der in der heutigen Forschung üblichen inhaltlichen Orientierung auch als Besonderheit eine Anwendungsorientierung abbilden. Es ergibt sich die in Abbildung 1 dargestellte Struktur. Im Folgenden sind die SIGs detaillierter beschrieben.



Abbildung 1: Struktur des PZAI

## 3 SIG Dependable IT-Infrastructures

### 3.1 Fachliche Beschreibung und Forschungsfragen

Durch die immer weiter zunehmende Digitalisierung aller Bereiche von Gesellschaft und Wirtschaft durchdringt die Informatik mit ihren Anwendungen nahezu alle Felder. Eine möglichst störungsfreie Funktion dieser Anwendungen ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für ihren Einsatz, zumal einige Anwendungen kritisch sind und ihr Ausfall dramatische Folgen hätte. Ohne ein hohes Maß an Verlässlichkeit der zugrundeliegenden IT-Infrastrukturen ist der Betrieb moderner Anwendungen unmöglich.

Die Arbeitsgruppe „Dependable IT-Infrastructures“ befasst sich mit der Untersuchung und Verbesserung der Verlässlichkeit der IT-Infrastruktur, also insbesondere der Verlässlichkeit von Software, Netzwerken und Diensten, die zum Betrieb von Anwendungen notwendig sind. Unter den Begriff „Dependable“ fallen dabei alle Aspekte, die aus Nutzersicht zu einer verlässlichen Operation der Anwendungen notwendig sind, speziell auch Security, Safety, Reliability und Resilienz.

Die in der SIG betrachteten Themen sind einerseits für die in den anderen SIGs des PZAI betrachteten Forschungsthemen eine wichtige Grundlage, bedienen sich aber auch umgekehrt den Methoden der anderen SIGs, um die Verlässlichkeit der Infrastruktur zu verbessern, etwa durch Methoden der Machine Intelligence zur Anomalieerkennung oder Digital Perception für die Auswertung von Sensordaten.

Übergreifende Forschungsfragen umfassen beispielsweise:

1. Wie können IT-Infrastrukturen (z.B. Netzwerke, Cloud) bewertet und hinsichtlich spezifischer Zielstellungen optimiert werden?
2. Wie können Sicherheit und/oder Zuverlässigkeit in IT-Infrastrukturen verbessert werden?
3. Wie können Probleme in IT-Infrastrukturen erkannt und automatisiert mitigiert oder behoben werden?
4. Wie können Verfahren der Digital Perception zur Überwachung eingesetzt werden?
6. Welche Verfahren der Machine Intelligence können zur Auswertung von Sensordaten aus der IT-Infrastruktur eingesetzt werden?
7. Wie können Authentifikation, Vertraulichkeit und Integrität sichergestellt werden?
8. Welche Topologien und Technologien eignen sich für spezifische Anwendungen?

Somit ergibt sich auch aus den Forschungsfragen ein enger Bezug und Synergien zu den anderen SIGs des PZAI.

### 3.2 Forschungsexpertise und Vorarbeiten

„Dependable IT-Infrastructures“ ist ein thematischer Schwerpunkt des PZAI. Konsequenterweise gibt es umfassende Forschungsarbeiten und Promotionsvorhaben in diesem Feld. Aus Platzgründen kann hier nur auf einige exemplarische Themenfelder und Promotionsvorhaben eingegangen werden.

Beispielhafte Themenfelder reichen dabei von der Untersuchung von Direktkommunikation über Mobilfunk als Ergänzung für sicherheitskritische Anwendungsfälle der Car-to-X-Kommunikation

(Stellwagen, J., Deegener, M., & Kuhn, M. (2020). Location-Based Multichannel-Usage for ITS-G5 Car-to-Car Communication. In 2020 IEEE 5th International Symposium on Telecommunication Technologies (ISTT): Proceedings (pp. 12–17). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISTT50966.2020.9279345>) und Network Slicing for Wireless Mesh Networks (Frick, G., Tchinda, A. P., Shala, B., Trick, U., Lehmann, A., & Ghita, B. (2019). Requirements for a Distributed NFV Orchestration in a WMN-Based Disaster Network. In 2019 International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM): Proceedings (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICT-DM47966.2019.9032953>) über Empfehlungen zur Anwendung von graphischen Programmiersprachen mit nicht eingeschränktem Sprachumfang in sicherheitsbezogenen Systementwicklungen (Berezowski, N., Haid, M., Biswas, J., & Boyaci, I. (2020). Graphical Programming Languages for Functional Safety. In 2020 IEEE Symposium on Product Compliance Engineering -(SPCE Portland): Proceedings (pp. 1–10). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SPCE50045.2020.9296160>), der Optimierung von dynamischen und hochdynamischen Kommunikationsnetzwerken (Mueller-Bady, R., Kappes, M., Medina-Bulo, I., & Palomo-Lozano, F. (2019)). An evolutionary hybrid search heuristic for monitor placement in communication networks. *Journal of Heuristics*, 25(6), 861–899. <https://doi.org/10.1007/s10732-019-09414-z>, Robin Mueller-Bady, Martin Kappes, Inmaculada Medina-Bulo, & Francisco Palomo-Lozano. (2019). On the Automated and Reactive Optimization of Highly-Dynamic Communication Network Infrastructures. *JUCS - Journal of Universal Computer Science*, 25(7), 788–815. <https://doi.org/10.3217/jucs-025-07-0788>) bis hin zu Automotive Security (Zelle, D., Kern, D., Lauser, T., & Krauß, C. Analyzing and Securing SOME/IP Automotive Services with Formal and Practical Methods: (to appear). In 16th International Conference on Availability, Reliability and Security, ARES2021) und Biometrie (Kolberg, J., Gomez-Barrero, M., Venkatesh, S., Ramachandra, R., & Busch, C. (2020). Presentation Attack Detection for Finger Recognition. In A. Uhl, C. Busch, S. Marcel, & R. Veldhuis (Eds.), *Handbook of Vascular Biometrics* (pp. 435–463). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-27731-4\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27731-4_14)).

Viele der Forschungsarbeiten und Promotionsvorhaben ergeben sich durch praktische Fragestellungen aus Industrie und Gesellschaft. Entsprechend sind auch viele Doktoranden aus der SIG in Zweit- und Drittmittelprojekten mit direktem Bezug zum Promotionsvorhaben an den Partnerhochschulen beschäftigt. In den entsprechenden Projekten sind als Projektpartner sowohl Unternehmen als auch öffentliche Einrichtungen beteiligt. Die Kooperation mit den Partnern ermöglicht es den Doktoranden und Doktorandinnen, während der Arbeit an ihrer Promotion Einblicke in die Anwendungspraxis zu gewinnen, was unmittelbar auch in die Forschungsarbeiten einfließt.

### 3.3 Arbeitsfokus, Anwendungsorientierung und gesellschaftliche Relevanz

Im Fokus der Arbeit steht die Verbesserung der Verlässlichkeit von IT-Infrastrukturen. Diesem Themenfeld kommt aufgrund der Bedeutung informatischer Anwendungen durch die Digitalisierung eine entscheidende gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung zu. Nutzer sind immer weniger bereit, Ausfälle zu tolerieren, für Unternehmen und öffentliche Einrichtungen sind Störungen ihrer IT-Dienste zunehmend mit schwerwiegenden Folgen verbunden. Daher ist für bereits bestehende Anwendungen die Bereitstellung verlässlicherer Infrastrukturen relevant. Neue Anwendungen mit besonderen, bisher nicht zu gewährleistenden Anforderungen können erst durch entsprechende Innovationen in der Infrastruktur überhaupt ermöglicht werden. Konsequenterweise umfasst die SIG ein in der Anwendung ein breites Themenspektrum und ist wichtiger Enabler nicht zuletzt auch für die anderen beiden SIGs des PZAI.

## 4 SIG Applied Machine Intelligence

Künstliche Intelligenz (KI / Artificial Intelligence / AI) ist in aller Munde, mit zahlreichen Anwendungen in Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft, aber auch mit überzogenen Heilsversprechen beziehungsweise Befürchtungen. Für die SIG haben wir uns bewusst für den Begriff „Machine Intelligence“ entschieden, der oft synonym zu AI verwendet wird (und sogar älter ist), der aber nüchterner auf die Fähigkeiten von Maschinen fokussiert, nützliche Aufgaben auszuführen. Mit diesem Begriff kommt der Anwendungsbezug besonders gut zum Tragen; der Anwendungsbezug ist in der SIG gegeben für zahlreiche Bereichen wie Life Sciences, verarbeitende Industrie und Digital Humanities, Smart City und Smart Home, u.v.m.

Die SIG Applied Machine Intelligence umfasst die KI-Teilgebiete Machine Learning, Knowledge-based AI und Cognitive Computing, Data Science, Natural Language Processing, Scientific Computing und Robotics. Sie hat Schnittstellen zur SIG Dependable IT Infrastructures was IT Sicherheit und Datenschutz betrifft, was für daten-intensive Anwendungen essentiell ist. Sie hat auch Schnittstellen zur SIG Digital Perception and Interaction, da eine gute User Experience essentiell für effektive KI-Anwendungen ist. Insbesondere das Gebiet Computer Vision liegt auf der Schnittstelle beider SIGs.

### 4.1 Fachliche Beschreibung und Forschungsfragen

Machine Intelligence bezeichnet die Fähigkeit von Computersystemen, auf sie zugeschnittenen Aufgaben selbsttätig zu lösen, die aufgrund ihrer Komplexität bislang menschliche Fähigkeiten erforderten. Beispiele solcher Fähigkeiten sind Wahrnehmen (z.B. adressiert mit Computer Vision), Kommunizieren (z.B. Natural Language Processing), Lernen (z.B. Machine Learning), Wissen (z.B. Knowledge-based AI) und Handeln (z.B. Robotics). Übergreifende Forschungsfragen umfassen u.A.: (a) Wie können menschliche Entscheidungen unterstützt werden, z.B. Diagnose und Therapie von Patienten durch Ärzte? (b) Wie können Entscheidungsempfehlungen erklärt werden, z.B. mittels Explainable AI? (c) Wie können Verfahren teil- oder vollautomatisiert werden, z. B. beim autonomen Fahren? (d) Wie können Maschinen und Menschen kooperativ Aufgaben wahrnehmen, z.B. bei Auto-Piloten? (e) Wie können Informationen aus Daten extrahiert werden, z.B. mittels Data Science? (f) Wie kann Skalierbarkeit und Effizienz sichergestellt werden (Big Data)? (g) Wie kann Nachhaltigkeit sichergestellt werden (Green AI)? (h) Wie kann Datenschutz und Sicherheit gewährleistet werden (IT Security)? (i) Wie kann Flexibilität und Anpassbarkeit ermöglicht werden (Emergenz)?

Applied Machine Intelligence legt den Fokus auf Anwendungen mit hoher gesellschaftlicher Relevanz – mehr dazu in den folgenden Abschnitten.

### 4.2 Forschungsexpertise und Vorarbeiten

In der SIG Applied Machine Intelligence ist umfassende Forschungsexpertise in zahlreichen Anwendungsdomänen vorhanden. Ausgewählte Beispiele sind: In der Domäne **Life Sciences** gibt es anwendungsorientierte Forschung für die Unterstützung von Ärzten bei der Behandlung von Krebspatienten durch evidenzbasierte Handlungsempfehlungen (Humm, Walsh: Personalised Clinical Decision Support for Cancer Care. In: Semantic Applications - Methodology, Technology, Corporate Use. pp. 125-143. Springer Verlag, Berlin, 2018.). Der Erfolg von Psychotherapien wurde verbessert mittels Machine Learning (Bohus, Gimbel, Goerg, G. Humm, Schüller, Steffens, Vonderlin: Improving Machine Learning Prediction Performance for Premature Termination of Psychotherapy. In: Artificial

Intelligence: Methodology, Systems, and Applications. LNCS, vol 11089. Springer, 2018). Im Bereich **Industrial Manufacturing** konnten mittels innovativer Machine Learning Verfahren Produktionsfehler in einer Fabrik der Industrie 4.0 erkannt und dadurch Produktionsausfälle minimiert werden (Kaupp, Humm, Nazemi, Simons: Autoencoder-Ensemble-Based Unsupervised Selection of Production-Relevant Variables for Context-Aware Fault Diagnosis. Sensors Journal 22(21), MDPI Publishing 2022). Im Bereich **Robotics** konnte die Interaktion zwischen Mensch und Maschine verbessert werden (Lieser, Schwanecke, Berdux: Tactile Human-Quadrotor Interaction MetroDrone. In Proceedings of the International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction: ACM New York, USA, 2021). Im Bereich **Social Media** konnte Hate Speech detektiert werden (Struß, Siegel, Ruppenhofer, Wiegand, Klenner: Shared Task on the Identification of Offensive Language. In Proceedings of the 15th Conference on Natural Language Processing, Erlangen, Germany, 2019). Im Bereich **Digital Humanities** konnte darstellende Kunst mittels Knowledge Graphs für ein breites Publikum zugänglich gemacht werden (Humm: Fascinating with Open Data: openArtBrowser. In Proceedings of the Conference on Digital Curation Technologies. Berlin, Germany, 2020). Im Bereich der **KI Grundlagenforschung** konnte das kontinuierliche Lernen verbessert werden (Pfülb, Gepperth, Bagus: Continual Learning with Fully Probabilistic Models: Findings. In CVPR 2021 Workshop on Continual Learning, 2021), sowie neue Konzepte zu Automated Machine Learning entwickelt werden (Zender, Humm: Ontology-based Meta AutoML. Integrated Computer-Aided Engineering, 29, (4) 2022).

#### 4.3 Arbeitsfokus, Anwendungsorientierung und gesellschaftliche Relevanz

Der Fokus der SIG Applied Machine Intelligence liegt in anwendungsorientierter Forschung mit direktem Impact sowohl für die Wissenschaft als auch die Gesellschaft. Dabei werden Grundlagen gelegt für neuartige intelligente Lösungen, die wesentliche Problemfelder aus Wirtschaft und Gesellschaft adressieren. Interdisziplinarität ist ein wesentliches Merkmal solcher Forschungsarbeiten, da fundamentale Problemfelder stets nur aus verschiedenen Blickwinkeln effektiv angegangen werden können. Gesellschaftlicher Impact der Forschungstätigkeiten in der SIG Applied Machine Intelligence umfassen u.A. (a) Förderung der Digitalisierung von Wirtschaft und öffentlicher Verwaltung, z.B. durch intelligent gesteuerte Geschäftsprozesse; (b) Verbesserung von Gesundheit und Lebensqualität, z.B. durch die Weiterentwicklung von e-Health; (c) Verbesserung der Effizienz in der Wirtschaft, z.B. durch optimierte Ressourcenplanung, intelligente Entscheidungsunterstützung sowie verkürzte Time-to-Market; (d) Erhaltung und Bereitstellung von Wissen, z.B. mittels Knowledge Graphs und intelligenter Suche (f) Unterstützung der Forschung zu Nachhaltigkeit, z.B. durch intelligente Vorhersagemodelle.

Die SIG beschäftigt sich auch kritisch mit Technikfolgen und gesellschaftlich problematischen Aspekten von KI (Humm, Schmidt, Wendland, Lingner: "KI-Systeme. Aktuelle Trends und Entwicklungen aus Perspektive der Technikfolgenabschätzung". Sonderheft TATuP: Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung 3/2021, oekom GmbH, München, Germany 2021). Beispiele sind: (a) Fragen des Datenschutzes und der Sicherheit bei daten-intensiven KI-Anwendungen; (b) Fragen der Entscheidungshoheit (Mensch versus Maschine) bei kritischen Anwendungen, z.B. autonome Waffen oder high-speed Trading; (c) Bias in Machine Learning, d.h. fragwürdige Entscheidungen von KI-Systemen aufgrund von Verzerrungen in zugrundeliegenden Daten; (d) Großer ökologischer Fußabdruck aufgrund extrem rechenaufwändiger Trainingsverfahren bei Machine Learning.

## 5 SIG Digital Perception and Interaction

### 5.1 Fachliche Beschreibung und Forschungsfragen

Digital Perception ist hier als digital basierte Wahrnehmung der Realität, z.B. durch Sensorik oder Bildverstehen, während Digital Interaction als digital-gestützte Interaktion zwischen Mensch und Computersystem einerseits und zwischen Menschen andererseits zu verstehen ist. Das Besondere dabei ist, beide Aspekte gleichzeitig zu betrachten, um auszunutzen, dass sie sich gegenseitig bedingen können. So können Forschungsfragen hier betrachtet werden wie „Wie kann man das Mensch-Maschine Verständnis verbessern?“, „Wie kann man Digital Perception and Interaction in den Alltag integrieren allgemeiner zugänglich machen?“, „Wie kann Digital Perception and Interaction die Usability von Software erhöhen?“, „Wie kann Digital Perception and Interaction die digitale Transformation unterstützen und Mehrwerte erzeugen, z.B. in Industrieprozessen?“, „Wie können aus der Digital Perception gewonnene Informationen interaktiv an Menschen verständlich vermittelt werden?“. Damit bewegt sich das Leitthema der SIG in einer spezifischen Teilmenge von Computer Vision, Bildverstehen, Computergrafik, Visual Computing, Human-Computer Interaction, Visual Analytics, VR/AR/MR/XR, Visualisierung und multimodalen Userinterfaces. Die Sensorik als auch die Interaktion stützt sich auf Dependable IT-Infrastructures, während die Realisierung gerade der Analyse von semantischen Aspekten aber auch grundlegenden Aufgaben wie Bildgenerierung sich Applied Machine Intelligence bedient. Damit ist auch eine ausgezeichnete thematische Verknüpfung mit den anderen beiden SIGs im Rahmen der Angewandten Informatik gegeben, was eine ganzheitlichere und nachhaltigere Betrachtung der Forschungsfragen ermöglicht und so zu Profilierung und Markenkern des PZAI beiträgt.

### 5.2 Forschungsexpertise und Vorarbeiten

Wie auch die Strukturkommission in ihrer Evaluation über das PZAI erkannt hat, ist dieser inhaltliche Bereich im Kontext der Human-Computer Interaction ein thematischer Schwerpunkt des PZAI. Zahlreiche Forschungsarbeiten als auch Promotionsvorhaben nutzen schon die gleichzeitige Betrachtung von Perception und Interaction aus (vgl. z.B. Ladwig, P., Pech, A., Dörner, R., & Geiger, C. (2020). Unmasking Communication Partners: A Low-Cost AI Solution for Digitally Removing Head-Mounted Displays in VR-Based Telepresence. In 2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR) (pp. 82–90). IEEE). Als Besonderheit besetzen Mitglieder des PZAI in ihren Forschungs- und Promotionsvorhaben hier nicht nur Fragen Nutzung, sondern auch der Erstellung und beleuchten Authoring-Aspekte der Thematik (vgl. z.B. Horst, R., & Dörner, R. (2019). Virtual Reality Forge: Pattern-Oriented Authoring of Virtual Reality Nuggets. In VRST '19, 25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (Article 19). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery). Damit können dann bei der Erstellung von Software innovative Digital Perception und innovative Digital Interaction zusammenwirken, wie bestehende Arbeiten von professoralen Mitgliedern und Promovierenden des PZAI zeigen (vgl. z.B. Tiator, M., Kerkmann, A. M., Geiger, C., & Grimm, P. (2020). Using Semantic Segmentation to Assist the Creation of Interactive VR Applications. In 2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR) (pp. 1–9)). Dazu ist es nötig, auch Expertise einzubringen, wie mit diesen Innovationen umzugehen ist bzw. originelle Beiträge zu leisten, wie es auch im PZAI schon gelungen ist (vgl. Lieser, M., Schwanecke, U., & Berdux, J. (2021). Tactile Human-Quadrotor Interaction: MetroDrone. In R. Wimmer, M. Kaltenbrunner, M. Murer, K. Wolf, & I. Oakley (Eds.), 15th International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction: Proceedings (pp. 1–6). New York, NY, USA: ACM). Dazu kann es notwendig sein, auch Grundlagen wie das Tracking als Form der Digital Perception und Basis vielfältiger Formen von Digital Interaction zu betrachten, was auch im PZAI bereits in Vorarbeiten gelungen ist

(vgl. Tjaden, H., Schwanecke, U., Schömer, E., & Cremers, D. (2019). A Region-Based Gauss-Newton Approach to Real-Time Monocular Multiple Object Tracking. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 41(8), 1797–1812). Bisherige Arbeiten zeigen auch, dass Digital Perception and Interaction auch in vielfältige Anwendungen getragen werden können (vgl. z.B. Nazemi, K., Burkhardt, D., & Kock, A. (2021). Visual analytics for technology and innovation management: An interaction approach for strategic decision making. *Multimedia Tools and Applications*. Advance online publication). Diese Expertise und dieser Erfahrungsschatz wurde im Rahmen erfolgreicher Forschungsprojekte, die von professoralen Mitgliedern des PZAI durchgeführt wurden, erarbeitet, wie z.B. „Virtual Reality / Augmented Reality als Medium für medizinische Weiterbildung (VR-AR-Med2)“, „Von der Präsentation zur Präsenz mit gegenwärtigen und zukünftigen realitätserweiternden Medien (presentXR)“, „Visual Analytics for Corporate Foresight (VACorP)“, „Advanced Visual Analytical Reasoning for Technology and Innovation Management (AVARTIM)“, „InfoWeb Weiterbildung PLUS - Personalisierter Lern-Umgebung Suchraum“, „Optical Short Game Analyzer (OPTIGAMA)“, „AR- und KI-Technologien für den mobilen Direktvertrieb in der Möbelbranche (MobilAR)“, „VIDEOTRACK 2D/3D“ oder „Fast Algorithms for Free-discontinuity Problems on High-dimensional Biomedical Data“. Diese Projekte wurden von unterschiedlichen Geldgebern gefördert, z.B. DFG oder BMBF, dazu kommen neu Arbeiten im Rahmen des Programms des Aufbaus des wissenschaftlichen Mittelbaus an hessischen HAWs.

### 5.3 Arbeitsfokus, Anwendungsorientierung und gesellschaftliche Relevanz

Im Fokus der Arbeit steht die Schaffung von Plattformen (z.B. Computer-Vision-Plattform, Autorenplattformen für Human-Computer Interaction, Visual-Analytics-Plattformen) zusammen mit Leitfäden für Digital Perception and Interaction, auf die Tools und Applikationen aufbauen können. Damit sollen Hemmschwellen für die Nutzung von Digital Perception and Interaction gesenkt und eine deutliche Erweiterung der Palette für das Lösen von Problemen aus der Anwendung verfügbar gemacht werden. Es ist eine Stärke, dass ein breites Anwendungsfeld adressiert werden kann (u.a. Museum, Kultur, Entertainment, Medien, Gesundheitswesen, Robotik, Anlagenbau, Smart Factory, Smart Building, Smart Cities, Education, Training, Navigation, Business Processes, Digital Libraries, Marketing, Assistenz, Kommunikations- und Kollaborationsunterstützung). Die Gewinnung von Erkenntnissen in der Anwendung, z.B. bzgl. Innovationspotentialen und Mehrwerte, die aus der Erforschung der Nutzung der Plattformen und Leitfäden in verschiedenen Anwendungsbereichen resultieren, sind gleichzeitig im Fokus der Arbeit und im Sinne eines User-Centered Designs mit den Forschungstätigkeiten an technischen Aspekten der Plattformen verquickt. Damit gelingt es nicht nur einen hohen gesellschaftlichen Mehrwert zu erzielen, sondern ihn auch unter Verwendung wissenschaftlicher Methodik zu benennen und charakterisieren. Zu den Mehrwerten zählen Inklusion und Teilhabe an der Digitalen Transformation (z.B. durch Erweiterung von Autorenkreisen, Erhöhung von Erklärbarkeit und Transparenz technischer Systeme), Teilhabe in der Bildung (z.B. durch neue Lernformen auf Basis von Digital Perception and Interaction), Optimierung von Arbeitsprozessen mit Blick auf Produktivität, Qualität, Sicherheit und Nachhaltigkeit (z.B. durch Effizienzsteigerungen, verbesserte Usability von Softwaresystemen) als auch verbesserte Lebensqualität und verbesserte Gesundheit (z.B. durch neue Therapieformen, die erst durch Digital Perception and Interaction ermöglicht werden, verbesserte Unterstützung und Entlastung durch digital gestützte Perception and Interaction). Es werden somit auch direkt Beiträge zur Erreichung der Ziele für eine nachhaltige Entwicklung wie sie die Vereinten Nationen formuliert haben und wie sie auch im Leitbild der Agenda 2030 stehen, im Speziellen Gesundheit und Wohlergehen, Hochwertige Bildung, Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum, Industrie, Innovation und Infrastruktur sowie weniger Ungleichheiten.

## 6 Bezug zu Forschungsschwerpunkten an den Partnerhochschulen

Das hier skizzierte Forschungsprogramm ist eng mit den folgenden Forschungsschwerpunkten (FS) der Partnerhochschulen verzahnt:

- **Informatik und Systemtechnik (HS Fulda):** Dieser FS wird von allen drei SIGs des PZAI getragen.
- **Digitalisierung und Informations-/Kommunikationstechnologien (FUAS):** Dieser Schwerpunkt wird hauptsächlich von der SIG „Digital Perception and Interaction“ getragen, wobei auch die SIG „Dependable IT Infrastructures“ eine wichtige Rolle spielt.
- **Mobilität und Logistik (FUAS):** Hier existieren Querverbindungen zu allen drei SIGs aufgrund des starken Informatik-Bezugs des FS. Hier sind z.B. zu nennen: Mensch-Maschine-Interaktion (SIG „Digital Perception and Interaction“), Car-2-X Kommunikation (SIG „Dependable IT Infrastructures“) und maschinelle Perzeption (SIG „Applied Machine Intelligence“).
- **Engineering 4.0 (HS RheinMain):** Dieser FS wird v.a. von der SIG „Applied Machine Intelligence“ realisiert, innerhalb derer aktuell mehrere Arbeiten zum Themenfeld „Predictive Maintenance“ und „Sichere Prozessoptimierung“ laufen.
- **Smarte Systeme für Mensch und Technik (HS RheinMain):** Dieser FS betrifft hauptsächlich die SIG „Applied Machine Intelligence“, wobei auch die anderen SIGs beitragen, z.B. in den Bereich VR/AR und Netzwerksicherheit.
- **Intelligente Technologien für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (HS Darmstadt):** Hier gilt Ähnliches wie für den vorgehenden FS.
- **Mobilität und Energie (HS Darmstadt):** Zum Aspekt der Mobilität tragen alle drei SIGs bei. Der Aspekt „Energie“ wird in einigen Arbeiten der SIG „Applied Machine Intelligence“ im Kontext der erneuerbaren Energien behandelt.

Aufgrund der gesellschaftlichen Relevanz und Pervasivität der Informatik erwarten wir, dass sich auch Anknüpfungspunkte an hier nicht genannte Informatik-ferne FS ergeben werden.

Die Verzahnung der hochschuleigenen FS mit dem Forschungsprogramm des PZAI wird zu einem beträchtlichen Teil durch die Personalunion von forschenden PZAI-Mitgliedern, welche gleichzeitig die FS ihrer Hochschulen realisieren, erreicht. Als weitere Maßnahmen, um diese Verzahnung und Vernetzung zu vertiefen, halten wir z.B. themenfokussierte Einladungen der SIGs zu ausgewählten Disputationen für zielführend, ebenso die Abhaltung gemeinsamer Veranstaltungen im Rahmen bestimmter SIGs.

## 7 Markenkern und Abgrenzung

Inhaltlich besetzt das PZAI schon allein mit dem Thema „Angewandte Informatik“ ein deutlich kleineres und mehr trennscharf abgegrenztes Gebiet als an vergleichbaren Universitäten (in der Goethe-Universität beispielsweise sind alle Informatik-Promotionen im Bereich „Naturwissenschaften“, was ein deutlich breiteres Gebiet darstellt), als auch in anderen HAW-Promotionsstrukturen wie dem Promotionskolleg NRW (in dem selbst die Unterabteilung „Informatik und Data Sciences“ eine Obermenge von „Angewandter Informatik“ – also dem Thema des gesamten PZAI – darstellt).

Alleinstellungsmerkmale des PZAI sind: (1) Die Themen der SIGs sind in sich und als Kombination einzigartig, (2) die Themen der SIGs werden nicht isoliert betrachtet, sondern sind mit „Angewandter Informatik“ in einen Rahmen eingebettet, der den starken Interdependenzen zwischen den speziellen SIG-Themen gerecht wird und eine einzigartige wissenschaftliche Betrachtungsweise mit einer neuen Qualität an Holistik und Interdisziplinarität erlaubt, (3) während im universitären Bereich oft

methodische Ziele im Vordergrund stehen, versteht das PZAI seine Forschung als technologie- bzw. anwendungsgetrieben und konzentriert sich auf Forschung, welche in konkret benannten Anwendungen oder technologischen Realisierungen einen Mehrwert bringt. Dies schließt die Betrachtung von Grundlagenfragestellungen keineswegs aus, allerdings ist die Motivation solcher Betrachtungen stets aus konkreten Fragestellungen heraus zu begründen, (4) gesellschaftliche Mehrwerte und deren sofortiger Nachweis sind besondere Kennzeichen – es werden nicht Erkenntnisse „auf Vorrat“ gewonnen, deren Nutzen zunächst unklar ist, (5) abseits der inhaltlichen Ausrichtung besitzt das PZAI einen klaren strukturellen Markenkern und ist deutlich abgrenzbar von Organisationen mit vergleichbaren Zielen: Das Selbstverständnis des PZAI ist es, ein schlanker Dienstleister für die Partnerhochschulen zu sein, welcher sich ausschließlich auf die Aspekte der Durchführung hochqualitativer Promotionen konzentriert und der, wo immer möglich, die vorhandenen Strukturen der Partnerhochschulen nutzt.

## 8 Qualifizierungsprogramm

In der Evaluation positiv beurteilte Teile des bisherigen Qualifizierungsprogramms werden weitergeführt, dazu zählen insbesondere die vom PZAI regelmäßig durchgeführten Exposé-Workshops für Promotionsinteressierte als auch Doktorandenkolloquien und das Beiprogramm der Jahrestagung. Der Empfehlung der Strukturkommission folgend wird eine Lerneinheit „Grundsätze guter Wissenschaftlicher Arbeit“ eingeführt, wobei diese übergreifend mit allen hessischen PZ organisiert werden soll, zum einen aus Ressourcengründen, zum andern um einen hessenweiten Standard zu etablieren. Die Teilnahme soll für Promovierende verpflichtend sein, indem dies als Auflage für die ersten 12 Monaten nach Annahmen gefordert ist. Neben dieser verpflichtenden Qualifikation werden weitere Qualifikationsmaßnahmen nach individuellem Bedarf auf Grundlage entsprechender Gespräche zwischen Promovierenden und den Betreuer Teams ausgesucht. Dazu bietet das PZAI ein entsprechendes Programm an, wobei drei Felder unterschieden werden: (F1) fachspezifische inhaltliche Qualifizierung, (F2) fachübergreifende Transferable Skills und promotionsspezifische Themen wie z.B. der Umgang mit Krisen in einem Promotionsvorhaben, (F3) fachspezifische Transferable Skills. Für (F1) sind Veranstaltungen neben den bereits erwähnten Doktorandenkolloquien weitere Formate in Form wissenschaftlicher Workshops und Ringvorlesungen angedacht, die nicht nur vom PZAI ausgehen, sondern auch in Rahmen von Forschungsprojekten organisiert werden können. Daneben soll das Angebot von Fachgesellschaften bzw. Berufsverbänden wie der Gesellschaft für Informatik oder der Association for Computing Machinery genutzt werden, die fachspezifische Workshops und Konferenzen anbieten, oftmals mit einem speziellen Doktoranden-Track. Für (F2) soll es ein Sharing der bestehenden einschlägigen Angebote der Partnerhochschulen geben und diese in einem Katalog mit Qualifizierungsmaßnahmen zusammengestellt werden, der Promovierenden und Betreuungsteams zugänglich gemacht wird. Eine regelmäßige Umfrage des PZAI unter Promovierenden und Betreuungsteams soll Bedarfe ermitteln – aus den Evaluationen der durchgeführten Maßnahmen und den regelmäßigen Umfragen aufbauend soll das Programm im Dialog mit den Partnerhochschulen angepasst werden. Werden Lücken identifiziert, kann das PZAI selbst eine Veranstaltung durchführen als auch auf dem Bildungsmarkt (z.B. Graduiertenschule GRADE der Frankfurter Goethe-Universität, Online-Kurse) bei passendem Bedarf tätig werden. Für (F3) sind die Besonderheiten des PZAI zu berücksichtigen, z.B. das Schreiben einer Dissertation in der Fachkultur der Informatik, für Angewandte Informatik spezifische Forschungsmethoden oder spezifische Karriereperspektiven für Promovierte. Hier wird das PZAI entsprechende Anforderungen an Qualifizierungsmaßnahmen erarbeiten und entweder in Eigenregie oder mit Partnerhochschulen oder externen Anbietern diese realisieren, sobald ein entsprechender Bedarf erkannt wurde.

## Anhang 1 Übersicht Qualifizierungsprogramm

Qualifizierungsmaßnahme	Turnus	Anbieter	Verbindlichkeit
<b>Exposé-Workshop</b>	1 x pro Semester	PZAI	Individuell empfohlen
<b>Wissenschaftliche Integrität</b>	1 x pro Semester	HAW Hessen	Pflicht (Auflage)
<b>Wissenschaftliches Schreiben</b>	1 x pro Semester	HAW Hessen	Generell empfohlen
<b>Doktorandenkolloquium</b>	1 x pro Semester	PZAI	Generell empfohlen
<b>Beiprogramm Jahrestagung</b>	1 x pro Jahr	PZAI	Generell empfohlen
<b>Review Zwischenbericht</b>	1 x pro Vorhaben	PZAI	Pflicht (Auflage)
<b>Wiss. Methodiken der Angewandten Informatik</b>	1 x pro Jahr	PZAI	Generell empfohlen
<b>Weitere Themen nach Bedarf</b>	Gemäß Nachfrage	PZAI Fachgesellschaften HAW Hessen Drittanbieter	oder Individuell empfohlen oder

## Anhang 2 Erstmitgliedschaft der bestehenden professoralen PZAI-Mitglieder in SIGs

Prof. Dr. Bauer-Wersing	SIG Applied Machine Intelligence
Prof. Dr. Bomsdorf	SIG Digital Perception and Interaction
Prof. Dr. Bühler	SIG Dependable IT-Infrastructures
Prof. Dr. Busch	SIG Applied Machine Intelligence
Prof. Dr. Dörner	SIG Digital Perception and Interaction
Prof. Dr. Gepperth	SIG Applied Machine Intelligence
Prof. Dr. Grimm	SIG Digital Perception and Interaction
Prof. Dr. Haid	SIG Dependable IT-Infrastructures
Prof. Dr. Humm	SIG Applied Machine Intelligence
Prof. Dr. Jung	SIG Digital Perception and Interaction
Prof. Dr. Kappes	SIG Dependable IT-Infrastructures
Prof. Dr. Krauß	SIG Dependable IT-Infrastructures
Prof. Dr. Krechel	SIG Applied Machine Intelligence
Prof. Dr. Kreiker	SIG Dependable IT-Infrastructures
Prof. Dr. Kröger	SIG Dependable IT-Infrastructures
Prof. Dr. Kuhn	SIG Dependable IT-Infrastructures
Prof. Dr. Lorenz	SIG Applied Machine Intelligence
Prof. Dr. Massoth	SIG Dependable IT-Infrastructures
Prof. Dr. Milde	SIG Digital Perception and Interaction
Prof. Dr. Nazemi	SIG Digital Perception and Interaction
Prof. Dr. Ohser	SIG Dependable IT-Infrastructures
Prof. Dr. Piat	SIG Applied Machine Intelligence
Prof. Dr. Reith	SIG Dependable IT-Infrastructures
Prof. Dr. Rittberger	SIG Digital Perception and Interaction
Prof. Dr. Rogalski	SIG Applied Machine Intelligence
Prof. Dr. Schwanecke	SIG Digital Perception and Interaction
Prof. Dr. Siegel	SIG Applied Machine Intelligence
Prof. Dr. Trick	SIG Dependable IT-Infrastructures
Prof. Dr. Weinmann	SIG Digital Perception and Interaction