

Maschinelles Lernen im Maschinenbau

Projektvorstellung

Mit dem Fortschreiten der Digitalisierung in allen Lebensbereichen werden digitale Kompetenzen integral für das Qualifikation der Ingenieure von morgen. Um modernste Themen besser in das Curriculum zu integrieren, fördert die Fakultät Maschinenbau den Aufbau eines IoT- und Mixed-Reality-Rechnerraums. Ziel dieses Vorhabens ist es, Studierende auf die Nutzung des in Umsetzung befindlichen Rechner-Pools mit Themen aus dem Bereich des maschinellen Lernens und des Internet of Things vorzubereiten. Schwerpunkt der entwickelten Grundlagenveranstaltung ist die Anwendung von Methoden des Maschinellen Lernens auf die Problemstellung der optische Bauteilerkennung durch

Bildverarbeitung, Objekterkennung und Klassifizierung. Diese Inhalte werden in Kleingruppen anhand eines realen Kameraaufbaus und Bauteilen angewandt, wobei zu Testzwecken auch auf bereitgestellte Bilddaten zurückgegriffen werden kann.

Die ursprüngliche Planung umfasste ein Master-Seminarformat mit einer Kapazität von ca. 20 Teilnehmenden. Durch Corona-bedingte Verzögerungen bei der Raumreinigung wurden die Inhalte aufgeteilt und zum Teil in eine neu konzipierte, zweisemestrige Veranstaltung (Grundlagen der Informatik und Programmierung) integriert. Abbildung 1 zeigt einen durchgängigen Lernpfad durch das Maschinenbaustudium, der auf den vermittelten Grundlagen fußt und in den ursprünglich angedachten Seminare mündet.

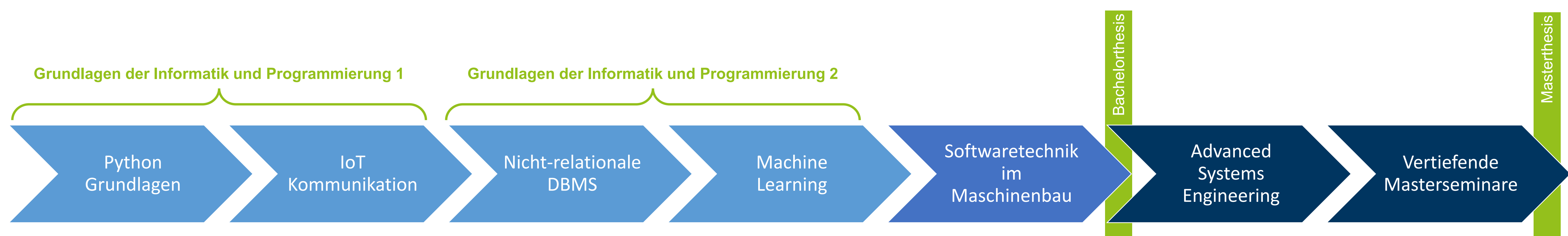


Abb. 1: Übersicht über neugeschaffene IT-bezogene Fächer im Maschinenbaustudium

Umsetzung

Das vorliegende Unterrichtskonzept für eine Einführung in die Programmierung mit Python bis hin zur Nutzung von Machine Learning erfordert weder eine Installation von Software durch die Studierenden, noch einen extra Computerraum, sollte die Veranstaltung spontan auf Remoteunterricht umgestellt werden müssen. Dabei soll die Verteilung, das Sammeln und das Auswerten von Übungsaufgaben im Rahmen des Konzepts weitestgehend automatisiert werden, um den Herausforderungen einer großen Kohorte gerecht zu werden. Jupyter Notebook ist ein gängiges Werkzeug für die Entwicklung in Python und bietet eine einheitliche Entwicklungsumgebung, die über den Browser bedient werden kann. Ein solches Notebook ist ein Dateiformat, welches im Browser oder in verschiedenen Editoren wie Visual Studio Code bearbeitet werden kann. Die Kombination von Text- und Programmierzellen bietet die Möglichkeit, Lerninhalte zu strukturieren und gleichzeitig den Studierenden praktische Programmierbeispiele zum Ausführen oder selbst entwickeln zu geben.

Die Veranstaltung selbst wird im Inverted Classroom Ansatz durchgeführt, wobei die initiale Wissensvermittlung mit Micro Learning Nuggets geschieht, die vor den Präsenzübungen über das Moodle LMS bereitgestellt werden. Ebenso werden Jupyter Notebooks bereitgestellt, die die Beispiele aus den Nuggets beinhalten.

Um den Studierenden eine problemlose Nutzung zu ermöglichen, wurde ein Jupyterhub-Dienst eingerichtet. Jupyterhub ermöglicht die Bereitstellung einer Python-Entwicklungsumgebung mit Jupyter Notebooks auf einem dedizierten Server, der vom Lehrstuhl gehostet wird. Ebenso verfügt Jupyterhub über ein Authentifizierungssystem für

die Anmeldung und Identifizierung von Studierenden mit LTI-Unterstützung und wird so nahtlos in Moodle integriert.

Um die dynamische Skalierbarkeit der Hardwareressourcen zu gewährleisten, wird jede studentische Entwicklungsumgebung als ein einzelner, isolierter Docker-Container realisiert. Auf diese Weise ist ein Student nicht in der Lage, Dateien anderer Studenten zu lesen oder zu schreiben, da jeder Container wie eine separate virtuelle Maschine behandelt wird.

Neben den Learning Nuggets und den Jupyter Notebook-basierten Übungen werden über das LMS auch benotete Aufgaben verteilt, gesammelt und bewertet. Diese Aufgaben sind spezielle Notebooks, die mit dem Softwaretool nbgrader erstellt werden. Die Programmierzellen in einem mit nbgrader erstellten Notebook können entweder eine Antwortzelle sein, in der ein Studierender eine Lösung erstellt, oder eine Testzelle mit Assert-Anweisungen, um die Lösung des Studierenden zu testen und je nach Ergebnis Punkte zu vergeben. Dieser Prozess ist vollständig automatisiert und erfordert keine manuelle Benotung. Es ist jedoch auch möglich, manuell benotete Aufgaben zu erstellen und die automatisch erstellten Noten anzupassen. Obwohl nbgrader vollständig in Jupyterhub integriert werden kann, wurde die Aufgabenverteilung und der Upload im LMS umgesetzt, mit dem die Studierenden bereits Erfahrung haben. Zur weiteren Automatisierung wurden Python-Skripte erstellt, um die gesammelten Aufgaben von der Moodle-Plattform herunterzuladen, den Benotungsprozess des nbgrader lokal zu starten und die Noten zurück auf die Lernplattform zu laden, nachdem sie manuell bestätigt wurden.

Erfolgsfaktoren / Herausforderungen

Das Konzept wird im Wintersemester 22/23 zum ersten Mal angewendet. Da die Zahl der Studierenden bei etwa 200 liegen wird, wird ein enormer Zeitgewinn durch den Einsatz des nbgrader erwartet.

Die größten Herausforderungen finden sich in der Umsetzung des angedachten Konzepts und in der Akzeptanz unter den Studierenden. Die technische Umsetzung ist am Lehrstuhl für Digital Engineering unproblematisch, da sämtliche benötigte Infrastruktur besteht, ausreichend Serverkapazität vorhanden ist und die Einrichtung der Software in geläufigen Virtualisierungsumgebungen verläuft. Die Erstellung der Micro Learning Nuggets gestaltet sich äquivalent zu den anderen Veranstaltungen am LDE, die in gleicher Art und Weise im Zuge der Coronapandemie auf Inverted Classroom umgestellt wurden und dies auch mit den gleichen Autorenwerkzeuge. Die Fakultät Maschinenbau verfügt mit über 130 PC-Arbeitsplätzen weiterhin über genügend Kapazität für die Präsenzveranstaltungen.

Die Akzeptanz unter den Studierenden wird sich erst in den Präsenzterminen und im Verlaufe des Semesters zeigen. Hierfür werden zwei Befragungen kurz nach Beginn der Aktivphasen und nach Beendigung des ersten Semester per Evasys durchgeführt.

Ausblick

In dieser ersten Testphase wird es eine genaue Überwachung der automatischen Benotung und eine manuelle Validierung geben, um die Bewertungsqualität sicherzustellen. Die so erreichbare Zahl bewerteter Einreichungen im ersten Semester soll die Studierenden auf das zweite Semester der GPI Veranstaltung mit Implementierungen in den Bereichen Internet der Dinge, künstliche Intelligenz und insbesondere Computer Vision im Kontext von Industrie 4.0 vorbereiten, wie sie in Abbildung 2 zu sehen sind.

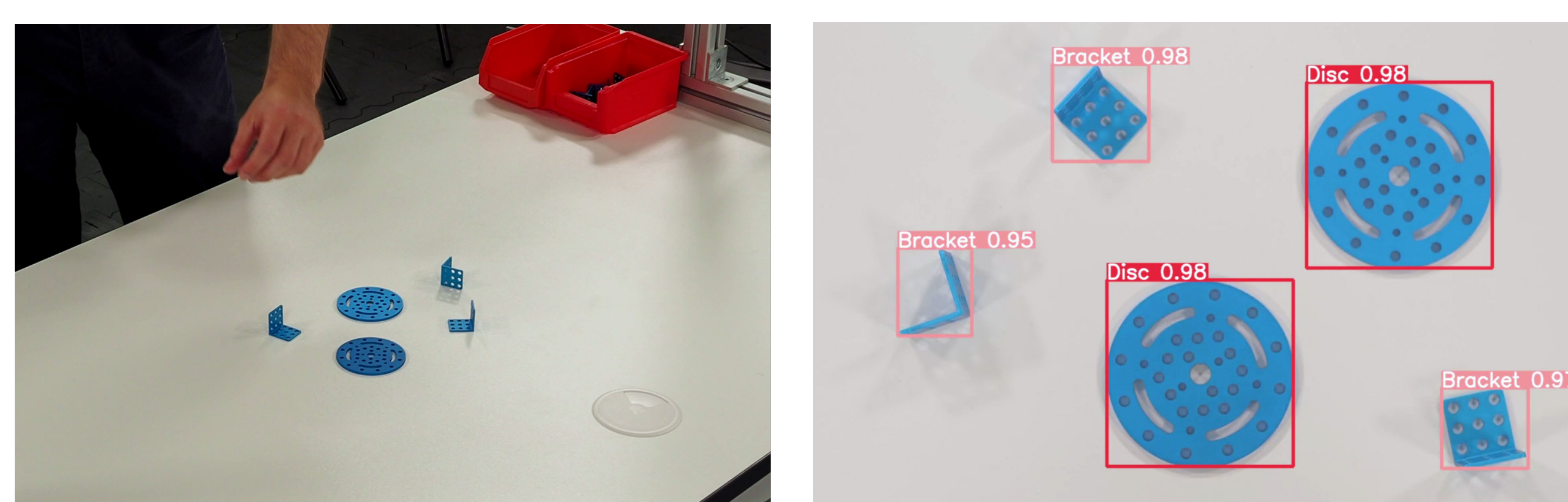


Abb. 2: Ergebnis der finalen Übung in GIP2. Bauteile unter Kameraaufbau (links) und korrekt identifizierte Bauteile (rechts)