

# Einreichung ARS DOCENDI 2021

## „Der Roboter und sein digitaler Zwilling“

FH-Prof. Dr. Roman Froschauer | [roman.froschauer@fh-wels.at](mailto:roman.froschauer@fh-wels.at)

FH-Ass.Prof. Thomas Schichl, MSc | [thomas.schichl@fh-wels.at](mailto:thomas.schichl@fh-wels.at)

### 1. Ziele/Motive/Ausgangslage

#### Ausgangslage

Für produzierende Unternehmungen ändern sich durch den Einsatz neuer Technologien und digitaler Vernetzung die Business-Prozesse und -Methoden. Ein Umdenken ist notwendig, um Geschäftsprozesse und Qualifikationen zukunftsorientiert zu gestalten. Neben der Einführung einer virtuellen Entwicklung und Fertigung von Produkten stehen in der realen Produktion Automatisierung, Mensch-Maschine-Kommunikation und Flexibilisierung bis zur Losgröße 1 im Vordergrund. Durch diese Umstellung werden neue Qualifikationen gefordert, die auch Eingang in das Bildungswesen finden müssen. Interdisziplinäres Wissen und Können verbunden mit fundierten IT-Skills sollen in den Vordergrund rücken. Bewährte Schlüsselkompetenzen wie Problemlösungsfähigkeit, Kreativität, Mut, Selbstbewusstsein sowie ausgeprägte Sozial- und Medienkompetenz müssen in dieser Lehrform einen hohen Stellenwert haben. Es werden eine Abkehr von der 45- oder 50-Minuten-Einheit und neue Arten des Unterrichtens erforderlich sein. Den Schülern bzw. Studierenden wird es aufgrund ständiger Veränderungen der Märkte und Kundenbedürfnisse nur bedingt möglich sein, auf Vorrat zu lernen. Es wird erforderlich sein, dass zukünftige MitarbeiterInnen sich kontinuierlich aus- und weiterbilden. Das Projekt „Der Roboter und sein digitaler Zwilling“ bildet die Speerspitze um alle Kompetenzen der FH OÖ am Campus Wels gemeinsam zu nutzen und zu bündeln und um neues Wissen zu schaffen und neue Lösungen und Formate für den technisch-medial veränderten Hochschulalltag zu entwickeln.

#### Motive

Die Digitalisierung ist ein Trend, der die Wirtschaft und auch die Ausbildung dahinter bereits seit Jahren prägt. Insbesondere in der Lehre und im Studium gibt es aktuell, sicher zu einem großen Teil auch bedingt durch die Covid-19 Krise, einen disruptiven Wandel in Bezug auf digitalen Lehr- und Lernformen.

Generell bzw. auch bestätigt durch z.B. dem österreichischen Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung bedeutet Digitalisierung in Lehre und Studium aber weit mehr als Vorlesungen zu streamen, Seminare im Netz abzuhalten oder Lehrveranstaltungsunterlagen herunterladen zu können. Damit ist die völlige Durchdringung bisheriger Lehr- und Lernprozesse durch digitale Werkzeuge und Anwendungen gemeint, die bisherige Formen des Lehrens und Lernens nachhaltig verändert. Das beginnt bei E-

Learning- bzw. Blended-Learning-Formaten oder frei zugänglichen Online-Kursen und kann bis zu Seminaren im virtuellen Raum reichen, für die Teilnehmende eine VR-Brille aufsetzen müssen (Zitat: BMBWF 2021).

## Ziele

Im industriellen Bereich wird diese völlige Durchdringung von Prozessen mit digitalen Werkzeugen auch mit Begriff digitaler Zwilling assoziiert. Ein digitaler Zwilling erfordert die Einbindung und Durchdringung verschiedener Abteilungen und Disziplinen (z.B: Elektronik, Mechanik, Informatik) um in der Gesamtheit ein sinnvolles Abbild der Realität zu ergeben.

Eben dieser Anspruch an Durchdringung bzw. Immersion soll anhand des Beispiels des digitalen Zwillings auch in der Lehre vorangetrieben werden. Das Projekt „Der Roboter und sein digitaler Zwilling“ nimmt die Teilnehmer mit auf eine Reise durch verschiedene technische Disziplinen und vermittelt zum einen die in der Wirtschaft und Industrie benötigten Kenntnisse des Konzipierens und Implementierens eines funktionsfähigen, digitalen Zwillings, aber zum anderen – und das ist das Wichtigste – die Erkenntnis in modernen Lern- und Arbeitsumgebungen interdisziplinär und durchdringend arbeiten zu müssen. Diese ganzheitliche Betrachtungsweise fördert das lehrveranstaltungsübergreifende Verständnis und soll Zusammenhänge zwischen klassischen Ansätzen der Mechanik, Elektrotechnik und Informatik anschaulich begreifbar machen.

Das Eintauchen und Durchdringen verschiedenster Disziplinen wird durch die eben in der Industrie bereits gebräuchlichen Digitalisierungsformen (Online-Collaboration, Online-Webinare, Live-Vorträge, Virtual Reality, ...) unterstützt und ermöglicht sowohl dislozierte (örtlich unabhängige) als auch ressourcentechnisch unabhängiges Lehren und Lernen.

Diese Digitalisierungsformen aufgreifend geben die Workshops des Projekts „Der Roboter und sein digitaler Zwilling“ einen Einblick in alle diese Technologien, durch die direkte Anwendung dieser am Beispiel eines einfachen Industrieroboters.

## 2. Kurzzusammenfassung des Projekts in deutscher Sprache

(max. 1500 Zeichen inkl. Leerzeichen)

Die Digitalisierung ist ein Trend, der die Wirtschaft und auch die Ausbildung dahinter bereits seit Jahren prägt. Beispielsweise rücken für produzierende Unternehmen die virtuelle Entwicklung und Fertigung von Produkten in direkter Kombination mit der realen Produktion, Mensch-Maschine-Kommunikation und Flexibilisierung bis zur Losgröße 1 in den Vordergrund. Interdisziplinäres Wissen und Können verbunden mit fundierten IT-Skills und Kompetenzen zur Problemlösung sind zukünftig unumgänglich. Den Schülern bzw. Studierenden wird es aufgrund ständiger Veränderungen der Märkte und Kundenbedürfnisse allerdings nur bedingt möglich sein, auf Vorrat zu lernen, wodurch es zukünftig erforderlich sein wird, sich kontinuierlich aus- und weiterzubilden.

Das Projekt bildet die Speerspitze der Digitalisierung und der damit am FH OÖ Campus Wels verbundenen Kompetenzen, um neues Wissen zu schaffen und neue Lösungen und Formate für den technisch-medial veränderten Hochschulalltag zu entwickeln.

Ein digitaler Zwilling erfordert die Einbindung und Durchdringung verschiedener Abteilungen und Disziplinen (z.B: Elektronik, Informatik, ...) um in der Gesamtheit ein sinnvolles Abbild der Realität zu ergeben. Das Projekt vermittelt zum einen die in der Wirtschaft und Industrie benötigten Kenntnisse des Konzipierens und Implementierens eines funktionsfähigen, digitalen Zwillings, aber zum anderen die Erkenntnis in modernen Lern- und Arbeitsumgebungen interdisziplinär und durchdringend arbeiten zu müssen.

## 3. Kurzzusammenfassung des Projekts in englischer Sprache

(max. 1500 Zeichen inkl. Leerzeichen)

Digitalization is a trend that has been shaping the economy and also the education behind it for years. For example, the virtual development and manufacture of products in direct combination with real production, human-machine communication and flexibilization up to batch size 1 are coming to the foreground for manufacturing companies. Interdisciplinary knowledge and skills combined with solid IT skills and problem-solving competencies will be essential in the future. However, due to constant changes in markets and customer needs, students will only be able to learn on the fly to a limited extent, which means that in the future it will be necessary to continuously educate and train.

The project represents the spearhead of digitization and the associated competencies at the FH OÖ Campus Wels, in order to create new knowledge and develop new solutions and formats for the technical-medial changes in everyday university life.

A digital twin requires the integration and immersion of different departments and disciplines (e.g.: electronics, computer science, ...) in order to result in a meaningful representation of reality in its entirety. On the one hand, the project teaches the knowledge needed in business and industry to design and implement a functional digital twin, but on the other hand, the awareness of the need to work interdisciplinary and pervasive in modern learning and working environments.

## 4. Nähere Beschreibung des Projekts

(max. 13000 Zeichen inkl. Leerzeichen)

### 4.1 Planung / Ablauf

Das Projekt „Der Roboter und sein digitaler Zwilling“ bietet ein flexibles und mehreren Ausbaustufen konzipiertes Programm für sowohl Bachelor- und Masterstudierende als auch interessierte Schüler berufsbildender, technischer Schulen im Ausmaß von 2h – 2 Wochen Tagen.

Organisiert wird der Workshop durch folgende Personen:

- FH-Prof. Dr. Roman Froschauer
- FH-Ass.Prof. Thomas Schichl, MSc

Zielgruppe des Workshops sind Studierende oder auch Studieninteressierte im Alter von 17 – 25 Jahren, die derzeit ein technisches und/oder naturwissenschaftliches Studium absolvieren oder planen eines zu beginnen.

Das Projekt ist in vier aufeinander aufbauenden, kompetenzorientierten Ausprägungen organisiert, um eine möglichst breite Zielgruppe zu adressieren und die Begeisterung für Technik bereits bei Schülern motivieren zu können:

**(1) Beginner – Level: Kennenlernworkshop** - Die erste Stufe ist für Studienanfänger und Schüler als Workshop für den Erstkontakt mit dem Thema Digitalisierung bzw. digitale Zwillinge in der Industrie konzipiert. **Lernziele:** Die Lernziele bestehen primär darin ein Verständnis für den Zusammenhang zwischen echter und digitaler Welt zu schaffen und auch den Unterschied zu gängigen Simulationen (wie diese auch in Computerspielen erlebbar sind) begreifbar zu machen.

**Ablauf:** Der Workshop kann sowohl in einem Online-Setting über z.B. MS Teams aber auch in Präsenz abgehalten werden. Den Teilnehmern wird nach einer kurzen theoretischen Einführung anhand praktischer Beispiele direkt aus dem (bei Online-Teilnahme) oder im (bei Präsenz) Center for Smart Manufacturing gezeigt, wie die direkte Interaktion am realen und virtuellen Roboter funktionieren kann. Zu diesem Zweck wird ein vorbereiteter digitaler Zwilling eines Roboters, der mit seinem realen Pendant im Labor gekoppelt ist gezeigt und bewegt. Die Bewegung und Interaktion werden dabei auch über mehrere Kameras im Labor gefilmt.

**Dauer:** 2h – 1/2 Tag

**(2) Advanced – Level: Eigenes Erstellen von Modellen in Unity** – Die Ausbaustufe Advanced Level adressiert die Zielgruppe der Bachelorstudierenden mit Grundkenntnissen technischer Abläufe bzw. insbesondere CAD Konstruieren und Grundlagen Programmieren wie in vielen technisch orientierten Studiengängen.

**Lernziele:** Verständnis für Methode, Konzepte und Ansätze zum Aufbau von virtuellen Modellen. Es werden somit Methoden und Konzepte, von der Konstruktion der CAD Daten, über deren Integration in Unity bis hin zur Erstellung einfacher Skripte die das Verhalten (etwa Kinematik) der Modelle beschreiben, vermittelt.

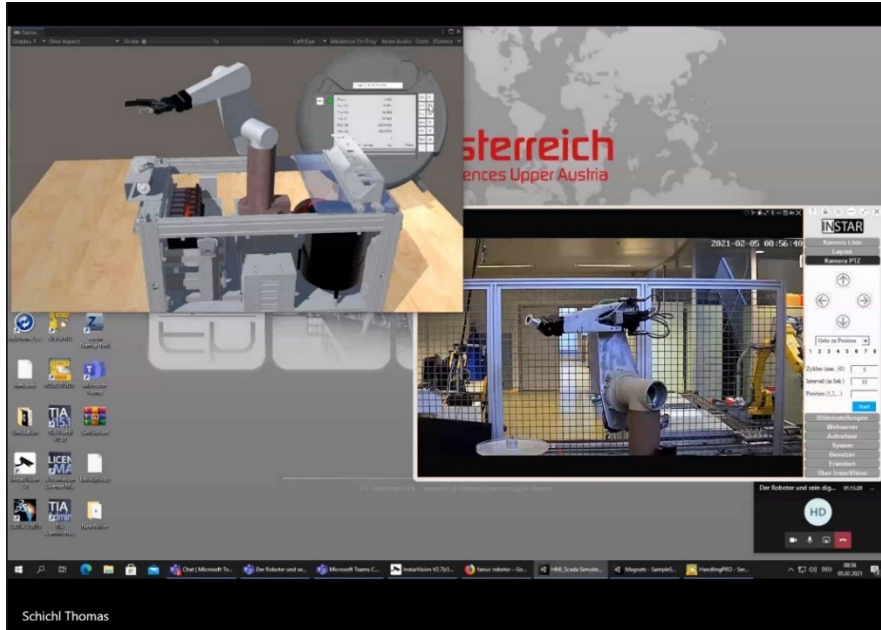


Abbildung 1: Der Roboter und sein digitaler Zwilling live im Teams-Stream

**Ablauf:** Der Workshop baut auf den Beginner Workshop auf bzw. werden dessen Inhalte vorausgesetzt. Da der Konstruktionsaufwand automatisierter Systeme sehr aufwändig und zeitintensiv ist, werden Modelle vorbereitet und im Rahmen des Workshops fertiggestellt bzw. diskutiert was bei der Konstruktion beachtet werden muss, um Modelle in Unity nutzen zu können. Die Integration der Modelle, sowie das Aufbauen der virtuellen Umgebung in Unity wird im Workshop detailliert durchgenommen. Um Verhaltensmodelle erstellen zu können, sind Grundkenntnisse in der Hochsprachenprogrammierung (C#) notwendig. Skriptprogrammierung ist ein essentieller Bestandteil des Workshops. Trotzdem werden auch hier, ähnlich zu den CAD Daten, einige Skripte vorbereitet, zur Verfügung gestellt. So soll am Ende des Workshops ein virtuelles Modell eines Automatisierten Systems, etwa eines Roboters, welches mit bestimmten Verhalten (Kinematik, Kollisionserkennung, o.ä.) hinterlegt ist, aufgebaut sein.

**Dauer:** 2 Tage



Abbildung 2: Unity Modell des Roboters

(siehe auch auf <https://sar.fh-ooe.at/index.php/de/mission/digitaler-zwilling-puma-roboter>)

### **(3) Professional – Level: Eigenes Erstellen von Modellen in Unity und Kopplung mit Realsystem –**

**Lernziele:** Der Workshop soll verständlich erklären, wie ein virtuelles Modell Daten und Informationen mit einem realen System austauschen oder teilen bzw. dem realen System bereitstellen kann. Es soll somit der Nutzen aber auch der Aufwand und die Problematiken von Werkzeugen der digitalen Fabrik wie etwa virtuelle Inbetriebnahme, digital mock up oder digitaler Zwilling abgebildet werden.

**Ablauf:** Der Workshop baut auf den Advanced Workshop auf bzw. werden dessen Inhalte vorausgesetzt. Es werden die CAD Daten eines automatisierten Systems bereitgestellt. Diese müssen im Workshop so aufbereitet werden, dass Sie in Unity genutzt werden können. Um Modelle realistisch und plastisch darstellen zu können werden Materialien erstellt und dem Modell zugewiesen (fotorealistische Materialien, physikalische Materialien). Es werden Skripte erstellt, um eine Kommunikation mit dem realen automatisierten System aufbauen zu können. Dabei wird auf IoT Standards wie etwa OPC UA oder MQTT gesetzt. Am Ende des Workshops soll somit ein Ansatz eines digitalen Zwillings verfügbar sein, der gewissen physikalische Eigenschaften besitzt und dessen Verhalten bis zu einem gewissen Grad dem realen System entspricht. Zudem soll das virtuelle Modell simultan mit dem realen Modell gesteuert werden können.

**Dauer:** 2 Tage

### **(4) Ultimate – Level: Kopplung von Modellen –** Kosimulation mit physikbasierter Modellierung,

individuelle Anpassung an industrielle Anforderungen

**Lernziele:** Der Workshop soll verständlich erklären wie ein virtuelles Modell in Unity erweitert werden kann, um in bestimmten Aspekten dem realen Modell so nahe wie möglich zu kommen. Dies kann sich etwa auf das Verhalten im Falle einer Kollision, dynamischen Bewegung oder spezifischen physikalischen Zuständen wie Virtualisierung von Gasen oder Flüssigkeiten beziehen. Dabei soll im Workshop der Zusammenhang in der Modellbildung zwischen den einzelnen Modellen, wie etwa Verhaltensmodell, Geometriemodell und physikbasierten Modell veranschaulicht werden. Somit ist ein essentielles Lernziel die Modellbildung. Dabei werden mathematische Kenntnisse sowie Regelungstechnik Grundkenntnisse, die in Bachelorstudiengängen gelehrt werden, vorausgesetzt.

**Ablauf:** Der Workshop baut auf den Professional Workshop auf bzw. werden dessen Inhalte vorausgesetzt. Es werden aufgebaute virtuelle Modelle die bereitgestellt. Es müssen keine CAD Modelle aufgebaut oder importiert werden. Skripte, die ein bestimmtes grundlegendes Verhalten definieren sowie Materialien sind ebenfalls bereits vorbereitet. Der Fokus liegt in der Modellbildung. Dabei steht die physikalische Modellbildung im Blickpunkt. Diese wird mit Hilfe von mathematischen Modellen, anhand einfacher Beispiele, gezeigt (etwa inverses Pendel, Berechnung dynamischer Kräfte, o.ä.). Die Modellbildung erfolgt dabei in C#. Am Ende des Workshops sollen die virtuellen Modelle bestimmte physikalische Eigenschaften besitzen, die dem realen System entsprechen. Die Ergebnisse werden durch simultanes Verfahren des virtuellen und realen Modelles verifiziert

**Dauer:** 2-3 Tage

### **Option: Summerschool „Twin Weeks“:**

Das komplette Programm kann auch in der Form einer 2-wöchigen Summer-School abgehalten werden. Innerhalb von 2 Wochen werden alle 4 Stufen des Programms absolviert. Ebenso ist eine Exkursion bei Partnerunternehmen wie z.B. FILL (Gurten, OÖ) eingeplant, um den digitalen Zwilling auch im Umfeld der

Industrie sehen zu können. Abgeschlossen wird das Programm mit einer Projektausstellung der im Rahmen der zwei Wochen selbst erstellten digitalen Zwillinge.

	Woche 1					Woche 2				
	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
08:00		Advanced Level		Professional Level	Exkursion	Professional Level	Ultimate Level			Projekt- ausstellung
09:00										
10:00										
11:00	Welcome- lunch									
12:00										
13:00	Kennenlern- workshop									
14:00										
15:00										
16:00										

Abbildung 3: Zeitplan für Twin Weeks Summer School

Auch die Twin Weeks können online abgehalten werden, die Exkursion bei FILL wird dabei per Live-Stream und Kamerarundgang durch das Unternehmen abgehalten.

Als Zielgruppe für die Twin Weeks gelten interessierte Schüler oder Studierende (auch aus dem Ausland), welche sich über den Sommer gezielt weiterbilden möchten (z.B. im Rahmen des Programms Talente OÖ – siehe hier [talente-ooe.at](https://talente-ooe.at) )

## 4.2 Didaktische Methoden / Setup

- Online-Workshop geführt über MS-Teams bzw. Ares Pro Cloud System** - Der Einsatz von Plattformen wie MS Teams bietet die Möglichkeit Workshops und Lehrveranstaltungen abzuhalten, die sowohl ortsungebundenen als auch nicht auf eine Anzahl von Personen beschränkt ist. Durch virtuelle Modelle und Softwaretools wie ARES Pro wird zudem sichergestellt, dass Ressourcen die sonst nur in einem Labor, einer mechanischen Werkstätte oder einem Produktionsbetrieb verfügbar sind auch über MS Teams oder ähnliche Plattformen genutzt werden können. Virtuelle Modelle, die in Unity aufgebaut werden können, als Anwendungen, im Workshop oder der Lehrveranstaltung bereitgestellt werden. Dabei können diese Anwendungen sowohl für Windows, IOS, Android oder diverse andere Plattformen bereitgestellt werden. Eine Interaktion mit den virtuellen Modellen ist dabei durch Benutzer und Benutzerinnen, je nach Ausprägung der Modelle, direkt am Endgerät möglich. Zusätzlich besteht auch über MS Teams die Möglichkeit durch die Workshopleitung mit Personen zu interagieren, um etwa Fragen zu beantworten, Probleme zu lösen oder Aufgabenstellungen zu kontrollieren. Durch Softwaretools wie Ares Pro können Ressourcen, wie etwa Microsoft Hololens 2, die nur begrenzt verfügbar sind, auch über ein Netzwerk verteilt genutzt oder geteilt werden. Virtuelle Modelle können zudem so aufgebaut werden, dass diese auch von mehreren Personen gleichzeitig genutzt werden. So kann etwa ein "digital" oder "virtual" lab erstellt werden, in welchem sich Personen anmelden können und die Ressourcen der virtuellen Umgebung gleichzeitig und gemeinsam nutzen können. So sind auch Gruppenarbeiten realisierbar. Die Hybride/ Online Methode bietet somit in didaktischer Hinsicht neue Möglichkeiten, wie einen sicheren, da virtuellen, ortsungebundenen und Ressourcen schonenden Laborbetrieb oder Workshop.
- Hybrid-Workshop mit Einbindung realer Systeme aus dem Labor (Webcam vom Roboter,...)** - Virtuelle Modelle können nur zu einem bestimmten Grad genutzt werden, um Workshops oder Lehrveranstaltungen über etwa MS Teams zu realisieren. Eine Kopplung mit realen Systemen ist

oft notwendig, um das Verhalten oder die Ergebnisse eines Workshops zu verifizieren. Die Koppelung virtueller Modelle mit der realen Umgebung über Kommunikationsstandards wie MQTT oder OPC UA kann realisiert werden. Eine Anbindung der virtuellen Systeme von Personen, die über MS Teams an einem Workshop teilnehmen ist zwar möglich jedoch mit, zum einen, Sicherheitsrisiken aber auch mit der begrenzten Anzahl realer Systeme oft nicht ratsam oder möglich. Daher können Ergebnisse von Aufgaben, wie etwa das im virtuellen Modell fertig erstellte und optimierte Roboterprogramm, über MS Teams, der Workshopleitung zur Verfügung gestellt. Anschließend kann das Roboterprogramm am virtuellen Modell der Workshopleitung verifiziert werden. Abschließend wird das Programm entweder auf den realen Roboter übertragen oder wenn möglich der reale Roboter mit dem virtuellen Modell gekoppelt. Die Bewegungen des realen Roboters können, nach Programmstart, über eine Webcam, die über MS Teams oder in einer Webseite eingebettet ist, und den realen Roboter zeigt, den Personen im Workshop präsentiert werden.

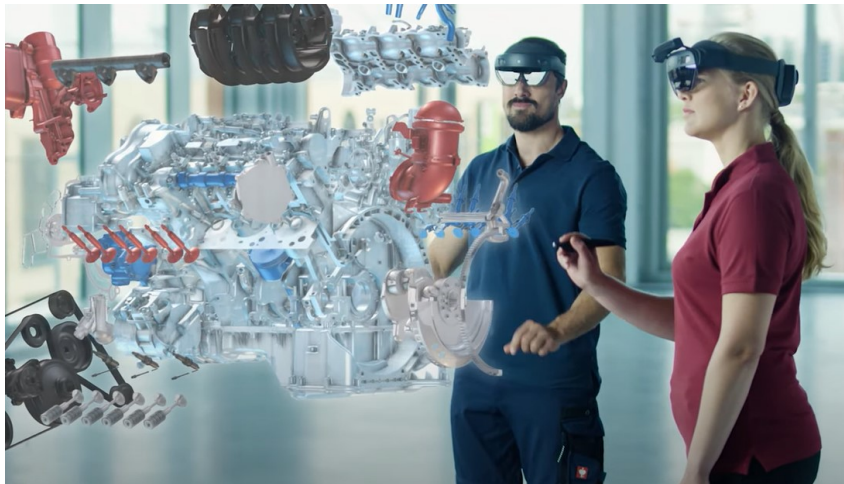


Abbildung 4: Virtuelle Zusammenarbeit mit ARES PRO (Produktbild © Holo-Light 2021)

### 4.3 Konkrete Methoden der digitalen Transformation in der Lehre

Der Aufbau bzw. die Entwicklung einer Methode, eines Prozesses oder eines Konzeptes zum Einsatz digitaler Werkzeuge und Methoden in der Lehre ist mit großem Aufwand verbunden. Vor allem die Modellerstellung ist sehr zeit- und auch kostenintensiv. Neben CAD Modellen müssen Verhaltensmodelle, Materialflussmodelle und physikbasierte Modelle erstellt werden. Nach fundierten Recherchen, Rücksprache mit diversen Unternehmen die Werkzeuge zur Virtualisierung, Modellierung und Simulation bereitstellen wurden bestimmte Softwaretools und Hardwarekomponenten ausgewählt sowie eine konkrete Methode entwickelt wie an der FH OOE virtuelle Modelle aufgebaut und genutzt werden können um digitale, interaktive Lehrveranstaltungen und Workshops anbieten zu können.

Diese Methode mit den Softwaretools und Hardwarekomponenten wurden in einem eigens dafür geschaffenen Labor, dem Digital Factory Lab, zusammengefasst. Das Digital Factory Lab beinhaltet somit alle Ressourcen, um darin nicht nur Workshops und Lehrveranstaltungen anzubieten, sondern auch um eine digitale Fabrik mit all ihren Methoden und Werkzeugen aufzubauen. So finden sich etwa Hochleistungsworkstations die CAD Systeme wie Inventor oder Catia bereitstellen. Somit können CAD Modelle aufgebaut werden. Mit diversen Simulationstools können etwa Roboterbewegungen simuliert werden. Durch den Einsatz von Unity ist eine Entwicklungsumgebung verfügbar, die, mit einem integrierten Physics Engine,



einer C# Schnittstelle und der Möglichkeit Applikationen für diverse Endgeräte (AR/ VR/ MR, 3D Stereo, Windows, IOS, Android) nicht nur sehr leistungsfähig, sondern auch sehr flexibel ist. Zudem wird gezielt auf Unity gesetzt, da auf Grund von Rückmeldungen aus der Industrie Systeme wie Unity oder Unreal Engine vermehrt im Bereich virtueller Inbetriebnahme eingesetzt werden. Um virtuelle Modelle darstellen zu können verfügt das Digital Factory Lab neben klassischen Bildschirmen auch über Endgeräte wie Head-mounted Displays, Microsoft HoloLens 2, Epson Moverio BT 300 oder ein 3D Beamer System mit integrierter Tracking Funktion.

Durch diese Ressourcen können nach der Erstellung und deren Aufbereitung, CAD Daten in Unity importiert werden und über industrielle Kommunikationsschnittstellen zu realen Systemen gekoppelt aufgebaut werden.

## 5. Besonderes Engagement in der Lehre

(max. 5000 Zeichen inkl. Leerzeichen)

Roman Froschauer und Thomas Schichl sind als Teil der Forschungsgruppe „Smart Automation & Robotics“ in ein Team aus exzellenten Lehr- und Forschungspersonal eingebettet. Das ermöglicht den Studierenden ein höchst anspruchsvolles Um- und Betätigungsfeld in der Lehre und Forschung. Zusätzlich stehen mit dem “Center for Smart Manufacturing” eine Forschungsfabrik und dem “Digital Factory Lab” ein Labor zum Thema Digitalisierung zur Verfügung. Durch diese industrienah, technisch bestens ausgestattete, moderne Infrastruktur können Projekte und Lehrveranstaltungen zu aktuellen Themen wie Big Data, Condition Monitoring, Predictive Maintenance, AR/ VR/ MR oder flexible Fertigung abgebildet werden. Durch das Engagement von Herrn Froschauer und Herrn Schichl wurden so, auch durch den Einsatz von Studierenden, die direkt in die Entwicklung und den Aufbau dieser Einrichtungen eingebunden waren und sind, Lehrveranstaltungen und Workshops aufgebaut, die sich den Themen Digitalisierung, Virtualisierung, Modellbildung und digitaler Fabrik zuordnen lassen.

Durch die Mitarbeit von Studierenden wird gewährleistet, dass diese nicht nur praxisorientierte Projekte realisieren, sondern bereits während des Studiums im Rahmen von Bachelor- und Masterprojekten Einblick und Zugang zu neusten Technologien erhalten und diese auch in einem industriellen Umfeld einsetzen können. Dies setzt jedoch voraus, dass Herr Froschauer und Herr Schichl sich selbst immer mit diesen Themen im Vorfeld beschäftigen, um auch so eine Projektbetreuung sicherzustellen.

Viele Ideen wie z.B. ein Sprachsteuerungsmodul für einen Roboter auf Basis der Amazon Alexa kommen jedoch direkt von den Studierenden und werden ebenfalls durch das Team rundum Herrn Froschauer und Herrn Schichl betreut und umgesetzt. Auch wenn Projektvorschläge von Studierenden oft eine besondere Herausforderung darstellen, da Ressourcen bereitgestellt werden müssen, Einarbeitung in die Thematik auch von Seiten von Herrn Froschauer und Herrn Schichl notwendig ist, sind diese Projekte meist sehr praxisnahe, interessant und garantieren motivierte Studierende.

Da das Thema Digitalisierung sehr aktuell ist, stehen Herr Froschauer und Herr Schichl diesbezüglich auch mit sehr vielen Kollegen und Kolleginnen an der FH OÖ im ständigen Austausch. Dieser Austausch beinhaltet immer öfter die Aufbereitung von Lehrinhalten für diverse Studiengänge und Workshops. So werden aktuell Workshops im FH OÖ Center for Lifelong Learning oder der Nachwuchsförderung „Traumberuf Technik“, aber auch Lehrveranstaltungen in Automatisierungstechnik, Mechatronik und Wirtschaft sowie Lebensmitteltechnologie angeboten. Die Inhalte dieser Workshops und Lehrveranstaltungen basieren auf der Arbeit und dem Engagement von Herrn Froschauer und Herrn Schichl.

Die aktuellen Entwicklungen im Labor werden auch regelmäßig bei Veranstaltungen bzw. (virtuellen) Laborführungen den Kollegen und Kolleginnen aber auch Interessierten Industrie- und Forschungspartnern präsentiert (z.B. ECOS4In Studyvisits, Mechatronik-Cluster Veranstaltungen, Lehrerfortbildungen, Studieninformationsmessen, Schulbesuchen, ...).

Zusätzlich sollen Entwicklungen durch Projekte mit Firmenpartnern und Forschungsprojekten vorangetrieben werden. Dabei sollen unter anderem Methoden und Prozesse entwickelt und optimiert werden wie Werkzeuge und Methoden der Digitalisierung etwa in der Produktion aber auch in der Lehre oder Weiterbildung genutzt werden. Herr Froschauer und Herr Schichl sind aktuell mit einer Forschungsgruppe dabei Anträge für FFG Projekte zu formulieren und einzureichen, welche sich mit Themen der Digitalisierung, Virtualisierung, Modellbildung, usw. beschäftigen.

## 6. Mehrwert

Lernerleichterung - Der Programmablauf gewährleistet, dass alle Beteiligten auf ihrem Wissensstand abgeholt und an das Thema herangeführt werden. Da die Idee der digitalen Transformation eher selten anhand der Beispiele Robotik und digitaler Zwillinge innerhalb eines konzertierten Programms gelehrt werden, werden den TeilnehmerInnen Übungsgelegenheiten und direkte Unterstützung durch die Vortragenden und Tutoren (individuelle Beratung, zusätzliches Lernmaterial und Beispiele) zur Verfügung gestellt, um sich fachlich in diese Themen einzuarbeiten. Auch eine Vorbereitung auf zu erwartende Schwierigkeiten und damit verbundenen Hilfestellungen zu den verwendeten Tools, kann nur durch ein begleitendes und tiefes Durchdringen der Lerninhalte gewährleistet werden. Auf Teilnehmerseite soll gelernt werden, die Themenbereiche fächerübergreifend aus mehreren Perspektiven zu betrachten, von Peer TutorInnen zu lernen sowie schulisches Wissen mit der zukünftigen Arbeitswelt zu verknüpfen.

Im Rahmen der Workshops erarbeiten die TeilnehmerInnen in Gruppen ab Stufe 2 einen eigenen digitalen Zwilling. Mit Unterstützung geeigneter Online-Collaboration Tools wie das am Campus verwendete ARES PRO können die Kursteilnehmer virtuell, gleichzeitig am gleichen System arbeiten und sich untereinander austauschen. Die Software unterstützt dabei sowohl Augmented- als auch Virtuelle Teilnahme bzw. Interaktion von mehreren Personen an dem gleichen Modell.

Ressourceneffizienz / Sicherheit - Insbesondere Labore und Übungen mit hohem Praxisanteil und hohem Aufwand im Hinblick auf einen zu unterhaltenden Maschinen- oder Gerätepark lassen sich dadurch kosteneffizienter und auch sicherer abhalten. Durch die virtuelle Abbildung der Maschinen und die direkt mögliche Interaktion lassen sich Abläufe zuerst in eben dieser Simulation ohne Gefahr für Mensch und Maschine testen. Erst nach Freigabe durch den Vortragenden laufen die Programme dann synchron im Vorortlabor mit und geben Feedback an den digitalen Zwilling retour.

## 7. Übertragbarkeit/Nachhaltigkeit

Das Workshopkonzept und das virtuelle Labor sind prinzipiell auf vielfältige Lehrveranstaltungen anwendbar und werden am Campus aktuell im Bereich digitale Zwillinge angewandt.

Eine Übertragung des Konzepts findet aktuell im Bereich der Lehre zu „Autonomes Fahren“ statt. In diesem Fall werden die konkrete Außenumgebung bzw. der Einsatzbereich eines autonomen Transportfahrzeugs in Kopplung mit dem realen System als digitaler Zwilling verwendet. Die Studierenden können Ihre eigenen Navigationsalgorithmen in der Simulation testen und danach am echten Fahrzeug ausprobieren.

Das Projekt wird auch deshalb als übertragbar bzw. nachhaltig angesehen weil der breite Einsatz und das Anwendungswissen von/um virtuelle Modellen oder Simulationen unter anderem genutzt werden kann, um selbstangeleitetes und somit nachhaltiges Lernen zu fördern. Ein virtuelles Robotermodell kann genutzt werden, um die Grundlagen der Roboterkinematik zu erklären -und die Grundlagen der Roboterprogrammierung damit zu erörtern. Virtuelle Modelle können in weiterer Folge aber auch genutzt werden, um, wie auch im realen Laborbetrieb, komplexere, interdisziplinäre Aufgabenstellungen zu formulieren bzw. zu lösen.

Durch den sicheren, gefahrlosen Einsatz virtueller Modelle können kritische Situationen vermieden werden. Muss im realen Labor immer eine Aufsichtsperson verfügbar sein, können virtuelle Modelle gefahrlos als Anwendung bereitgestellt werden. Diese können ortsungebunden verwendet werden. Um eine Bereitstellung von Ressourcen für Gruppenarbeiten sicherzustellen, können zusätzlich "digital labs" aufgebaut werden. Dies bedeutet, dass ein gesamtes Labor virtuell abgebildet wird und sich Personen darin anmelden können. So ist eine gemeinsame Nutzung von Ressourcen und eine Interaktion wie bei einer Gruppenarbeit oder Projektarbeit möglich.

## 8. Aufwand

Das Projekt „Der Roboter und sein digitaler Zwilling“ basiert zum Teil auf bestehenden Einzel-Lehrveranstaltungen von Roman Froschauer und Thomas Schichl, welche seit mehreren Jahren erfolgreich am FH OÖ Campus Wels abgehalten werden.

In technischen Studiengängen am FH OÖ Campus Wels wie Automatisierungstechnik, Mechatronik-Wirtschaft oder Robotic Systems Engineering werden die Methoden der digitalen Fabrik und der Anwendung des digitalen Zwillings gelehrt. Die Zusammenführung dieser Lehrveranstaltungen zu dem Programm „Der Roboter und sein digitaler Zwilling“ wurde im Jahr 2020 konzipiert. Der „Beginner – Kennenlernworkshop“ wurde im Februar 2021 mit mehreren HTLs sowie auch im Rahmen der Veranstaltung „Traumberuf Technik“ online abgehalten.

Die Abhaltung der weiteren Workshops ist laufend im Jahr 2021/22 angedacht. Die erste „Twin Weeks“ Summerschool soll im Jahr 2022 auf Basis der Erfahrungen mit den Einzelworkshops abgehalten werden.

Fortschritt, Entwicklung und Forschung sind aber dennoch mit Aufwand und Kosten verbunden. Wie auch industriellen Umfeld wird auch in der Lehre abgewogen, ob der Nutzen dem Aufwand überwiegt. Betrachtet man den Aufwand, die Infrastruktur zu schaffen und in weiterer Folge den Aufwand, um virtuelle Modelle zu erstellen, die einen digitalen, interaktiven ressourcenschonenden und sicheren Lehrbetrieb versprechen, so ist dieser nicht zu unterschätzen.

Herr Froschauer und Herr Schichl stehen in regelmäßigen Austausch mit diversen Hochschulen, Bildungs- und Forschungseinrichtungen sowie Schulen. Obwohl das Thema eines "digital classrooms" oder eines "virtual classrooms" für viele dieser Institutionen interessant und vorteilhaft ist, ist der Aufwand, ob finanziell, zeitlich oder personell um ein Vielfaches höher als der Nutzen, der dadurch entsteht. Durch die Forschungsgruppe um Herrn Froschauer und das digital factory lab unter der Aufsicht von Herrn Schichl ist es der Fachhochschule jedoch gelungen, ein Kompetenzzentrum im Bereich Digitalisierung, Virtualisierung und Modellbildung aufzubauen. Die gesammelten Kompetenzen und Erfahrungen verringern den Aufwand enorm. Dadurch ist es aktuell möglich immer wieder Lehrveranstaltungen und Workshops neuen Themen aus dem Bereich Digitalisierung zu füllen. Der Aufwand beim Erstellen von Applikationen oder der

Modellbildungen im Bereich Condition Monitoring, Augmented Reality, Virtual Reality, Digital Twin, Sprachsteuerung, usw. konnte so bereits um ein Vielfaches reduziert werden.

Wurden etwa für die ersten virtuellen Modelle noch Wochen, Monate oder Masterprojekte im Umfang von 400 Stunden benötigt, können ähnliche Modelle aktuell in einigen Tagen realisiert werden. Der Nutzen der virtuellen Modelle überwiegt, da diese Modelle in verschiedenen Workshops und Lehrveranstaltungen wiederholt eingesetzt werden, somit dem Aufwand der Modellbildung.

Dass die Infrastruktur, mit den Hardwarekomponenten und den Softwaretools sehr kostenintensiv ist und auch deren Installation, Wartung und Instandhaltung ebenfalls mit nicht zu unterschätzenden Kosten verbunden ist, darf nicht unerwähnt bleiben. Betrachtet man jedoch die Vorteile der Nutzung von virtuellen Modellen, digitaler Zwillinge im Laborbetrieb, können auch Ressourcen eingespart werden. Soll etwa, in einem Workshop die Programmierung von Werkzeugmaschinen oder Robotersystemen gelehrt werden, sind reale Maschinen notwendig. Durch den Einsatz von virtuellen Modellen sind diese realen Systeme nicht notwendig. Zudem fallen keine Kosten für Material, Wartung und Betrieb der virtuellen Maschinen an. Zusätzlich ist ein sicherer Laborbetrieb gewährleistet. Diese Vorteile sind nahezu auf fast alle Fachbereiche anwendbar. Ob im Bereich Elektrotechnik, Regelungstechnik, Mechanik, Physik oder Chemie. Durch den Einsatz virtueller, interaktiver Modelle werden Ressourcen geschont und somit Kosten minimiert.

## 9. Dauer

2021 - fortlaufend