



IMST – Innovationen Machen Schulen Top

Kompetent durch praktische Arbeit - Labor, Werkstätte & Co

INDUSTRIE 4.0 UND IOT IM UNTER- RICHT

ID 2139

**Kurt Albrecht
Klaus Schröcker**

**Heimo Breitegger
Egon Fitz
HTL Bregenz**

Bregenz, 07.2018

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	3
1 EINLEITUNG	4
1.1 Ausgangssituation	4
1.2 Industrie 4.0	4
1.3 Internet of Things (IoT)	4
2 ZIELE	6
2.1 Ziele auf SchülerInnenebene	6
2.2 Ziele auf LehrerInnenebene	6
2.3 Gender/Diversitätsziel	6
2.4 Verbreitung der Projekterfahrungen	6
3 DURCHFÜHRUNG	8
3.1 Projektplanung	8
3.1.1 Direktion	8
3.1.2 Fachgruppe	8
3.2 Entwicklung IoT Workshop	8
3.2.1 Aufgabenstellung	8
3.2.2 Komponenten einer IoT Anwendung	9
3.2.3 Datenfluss und Kommunikation	15
3.3 Lehrerfortbildung	16
3.3.1 Schulinterne Lehrveranstaltung (SchILF)	16
3.3.2 Diplomarbeiten	16
3.4 Unterricht	16
3.4.1 Höhere Abteilung für Elektrotechnik 3. Jahrgang	16
3.4.2 Höhere Abteilung für Kunststofftechnik 4. Jahrgang	17
3.4.3 Höherer Abteilung für Maschinenbau 5. Jahrgang	18
3.4.4 Höhere Abteilung für Elektrotechnik 5. Jahrgang	18
4 EVALUATIONSMETHODEN	19
5 ERGEBNISSE	20
5.1 Ergebnisse zu Zielen auf SchülerInnenebene	20
5.1.1 Ergebnisse zu Ziel 1 (Interesse an Internet of Things wecken)	20
5.1.2 Ergebnisse zu Ziel 2 (Industrie 4.0 und IoT als Zukunftsthema)	20
5.1.3 Ergebnisse zu Ziel 3 (Projekte und Diplomarbeiten)	21
5.2 Ergebnisse zu Zielen auf LehrerInnenebene	21
5.2.1 Ergebnisse zu Ziel 4 (Fachwissen steigern)	21
5.2.2 Ergebnisse zu Ziel 5 (Gestaltung von Übungen)	22
5.2.3 Ergebnisse zu Ziel 6 (Schwerpunktsetzung bei Investitionen)	22
5.1 Ergebnisse Gender/Diversität	23
6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK	24
7 LITERATURVERZEICHNIS	25

ABSTRACT

Industrie 4.0, Internet of Things (IoT) und Digitalisierung sind allgegenwärtige Schlagwörter. Für jede technische Schule ist es eine Herausforderung, diese Schlagwörter mit Lehrinhalten zu füllen. Ein online IoT Workshop und eine Reihe begleitender Maßnahmen bringen eine Steigerung der Kernkompetenzen von LehrerInnen und SchülerInnen im Bereich Industrie 4.0 und Internet of Things (IoT).

Schulstufe:	3. bis 5. Jahrgang
Fächer:	Labor, ROBP Übungen, FI Übungen
Kontaktperson:	Kurt Albrecht
Kontaktadresse:	Reichsstraße 4, 6900 Bregenz
Zahl der beteiligten Klassen:	4
Zahl der beteiligten SchülerInnen:	77

Urheberrechtserklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit (=jede digitale Information, z.B. Texte, Bilder, Audio- und Video Dateien, PDFs etc.) selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle ausgedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind zitiert und durch Fußnoten bzw. durch andere genaue Quellenangaben gekennzeichnet. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird. Diese Erklärung gilt auch für die Kurzfassung dieses Berichts, sowie eventuell vorhandene Anhänge.

1 EINLEITUNG

Industrie 4.0 und Internet of Things (IoT) sind wichtige Themen für die Vorarlberger Industrie. Dafür werden derzeit dringend Fachkräfte aus dem IT-Bereich aber auch HTL-Absolventen mit IT4.0 Kernkompetenzen gesucht.

1.1 Ausgangssituation

An der HTL Bregenz, mit den Abteilungen für Elektrotechnik, Maschinenbau und Kunststofftechnik, wird kein Lehrplan mit dediziertem IT-Schwerpunkt unterrichtet. Von unseren Absolventen wird dennoch ein breites Wissen aus diesem Bereich erwartet. Automatisierungstechnik wird an allen Abteilungen, mit unterschiedlichen Schwerpunkten, unterrichtet. Automatisierung ohne Vernetzung, ohne den Einsatz von Bussystemen und die Verwendung von modernen Entwicklungsumgebungen ist inzwischen undenkbar. Im Fach „Robotik und Prozessdatenverarbeitung“ (Abteilung Maschinenbau), mit dem Kompetenzbereich Kommunikation, werden die Grundlagen industrieller Kommunikationstechnik vermittelt. Der Unterrichtsgegenstand „Fachspezifische Informationstechnik“ (Abteilung Elektrotechnik) bietet eine breite Grundlagenausbildung.

Wir möchten die Übungen in den Fächern Automatisierungstechnik, Fachspezifische Informationsverarbeitung, Robotik und Prozessdatenverarbeitung und die Laborübungen möglichst rasch mit Industrie 4.0 und IoT-Lehrinhalten ergänzen.

Dafür haben wir bereits in den Schuljahren 2015/16 und 2016/17 im Rahmen von Kustodiatarbeiten, FIRST-LEGO-League Forschungsprojekten und bei einschlägigen Diplomarbeiten in Kooperation mit Vorarlberger Firmen einiges an IT4.0 und IoT Know-How aufgebaut. Außerdem haben wir ein neues IT-Labor eröffnet. Dieses Wissen soll nun möglichst rasch bei den SchülerInnen ankommen.

1.2 Industrie 4.0

Industrie 4.0 ist die Bezeichnung für ein Zukunftsprojekt zur umfassenden Digitalisierung der industriellen Produktion, um sie für die Zukunft besser zu rüsten. Der Begriff geht zurück auf die Forschungsunion der deutschen Bundesregierung und ein gleichnamiges Projekt in der Hightech-Strategie der deutschen Bundesregierung (Industrie 4.0, 2018).

Dieses IMST Projekt orientiert sich an einem einfachen Leitsatz, der die Intentionen von Industrie 4.0 treffend zusammenfasst. “Die Produktion soll mit moderner Informations- und Kommunikationstechnik verzahnt werden” (Was ist Industrie 4.0, 2018).

Um dieses Ziel zu erreichen, sind unter anderem folgende Schlüsseltechnologien notwendig:

- Vernetzung (Geräte, Sensoren, Menschen)
- Nahtlose Kommunikation vom Sensor bis in das Internet
- Analyse der erfassten Daten und Auslösen von Aktionen

Es ist daher wichtig, das Wissen aller Beteiligten in diesen Technologien zu erweitern. Keiner dieser Aspekte lässt sich in genau einem Unterrichtsfach abbilden, sondern erfordert die fächer übergreifende Zusammenarbeit.

1.3 Internet of Things (IoT)

Das Internet der Dinge (IdD) (auch: „Allesnetz“; englisch *Internet of Things*, Kurzform: IoT) ist ein Sammelbegriff für Technologien einer globalen Infrastruktur der Informationsgesellschaften, die es ermöglicht, physische und virtuelle Gegenstände miteinander zu vernetzen und sie durch Informations- und Kommunikationstechniken zusammenarbeiten zu lassen. (Internet der Dinge, 2018)

Um die Ziele von Industrie 4.0 zu erreichen kann auf ein Internet of Things nicht verzichtet werden. IoT ist fast untrennbar mit Industrie 4.0 verbunden.
In diesem IMST Projekt wird daher IoT das zentrale technische Thema sein.

2 ZIELE

Ziel dieses Projektes ist die rasche Steigerung der Kernkompetenzen von LehrerInnen und SchülerInnen im Bereich Industrie 4.0 und Internet of Things (IoT).

2.1 Ziele auf SchülerInnenebene

1. Durch interessante, herausfordernde Übungen wecken wir das Interesse für Industrie 4.0 und Internet of Things.
2. Die SchülerInnen erleben Industrie 4.0 und IoT als Chance und spannende Herausforderung.
3. Interessante, herausfordernde Übungen wecken das Interesse für Projekte und Diplomarbeiten aus dem Bereich Industrie 4.0 und IoT. Sie zeigen berufliche Perspektiven und motivieren zur Weiterbildung/Studienwahl auf diesen Gebieten.

2.2 Ziele auf LehrerInnenebene

4. Das Fachwissen der LehrerInnen im Bereich Webservices (Automatisierungs-Cloud, Message-Broker, Web- Datenbanken und Analysetools, AWS) und IoT (Arbeiten mit Websensoren, Mikrocontrollern und Kommunikationsprozessoren) wird durch das gemeinsame Projekt gesteigert. Der Erfahrungsaustausch über Lehr- und Coachingmethoden im Bereich Industrie 4.0 und IoT innerhalb der Schule und bei IMST-Workshops steigert die pädagogischen und methodischen Kompetenzen der LehrerInnen.
Schwerpunktsetzung in der Weiterbildung durch schultinterne Lehrveranstaltung „IoT Workshop“ und „ThingWorx“ Workshop.
5. Schwerpunktsetzung im Hinblick auf Industrie 4.0 und IoT-Themen bei der Gestaltung von Übungen und Laborübungen.
6. Schwerpunktsetzung bei Investitionen im Automatisierungs- und IT-Bereich.

2.3 Gender/Diversitätsziel

7. Das Interesse an Industrie 4.0 und IoT soll bei SchülerInnen und Schülern gleichermaßen geweckt werden.

2.4 Verbreitung der Projekterfahrungen

1. GitHub
Die gesamten Unterlagen zum IoT-Workshop, der im Rahmen des Projektes entwickelt wurde, werden von uns öffentlich auf der Entwicklerplattform GitHub bereitgestellt.
Dokumentation: <https://htlb-atk.github.io/schilf-iot-MAX31865/>
Programmcode: <https://github.com/htlb-atk/schilf-iot-MAX31865>
2. Bundesweite Arbeitsgruppe IoT
Als Mitglied dieser Arbeitsgruppe konnte ich die Erfahrungen mit unserem IoT Workshop direkt einbringen.
3. Lange Nacht der Forschung
Auf der „Langen Nacht der Forschung“ war die HTL Bregenz unter anderem mit den Projekten „Biohof 4.0“ und „McPower IoT“ vertreten. Beides sind Projekte mit vielen Industrie 4.0 und IoT Inhalten.
4. Interactive West
Auf der Interactive West, der größten Digitalkonferenz am Bodensee, war ein Team

unter der Leitung von Prof. Dr. Klaus Schröcker mit dem Projekt "Biohof 4.0" vertreten.

5. Diplomarbeitenpräsentationen

Im DA Projekt "McPower IoT", Betreuer Prof. Dr. Klaus Schröcker und Dipl.-Ing. Kurt Albrecht, werden Messwerterfassung, Datenübertragung in das Internet, Datenbanken und Visualisierung intensiv genutzt.

6. Austrian International Network Academy Conference

Auf der „Austrian International Network Academy Conference (AINAC)“ ergaben sich viele Gespräche zum Thema Industrie 4.0 und IoT im Unterricht. Hier konnten mein Kollege Dipl.-Ing. Egon Fitz und ich unsere Erfahrungen direkt mit Kollegen austauschen.

7. Das IMST-Projekt wird im Herbst dem Kuratorium der HTL Bregenz vorgestellt.

8. Ein Beitrag im Jahresbericht 2017/18 der HTL-Bregenz stellt das IMST-Projekt vor.

3 DURCHFÜHRUNG

3.1 Projektplanung

3.1.1 Direktion

Die Direktion hat unser Projekt sehr begrüßt und unterstützt. Das Projekt-Budget wurde schulintern aufgestockt, erst dadurch wurde die Umsetzung in der dargestellten Weise möglich.

3.1.2 Fachgruppe

An der HTL Bregenz sind alle elektrotechnischen und automatisierungstechnischen Fächer abteilungsübergreifend in einer Fachgruppe zusammengefasst. Die Lehrkräfte dieser Fachgruppe unterrichten großteils auch in mehreren Abteilungen. Aufgrund dieser Organisationsform können neue Lehrinhalte rasch in alle Abteilungen gebracht werden.

Das IMST-Projekt wurde im Herbst in einer Fachgruppensitzung vorgestellt. In der Diskussion hat sich folgende Vorgangsweise herauskristallisiert:

1. Entwicklung eines modularen IoT Workshops anhand einer konkreten Anwendung.
2. Schulung der Lehrpersonen auf diesen IoT Workshop.
3. Lehrpersonen unterrichten den IoT Workshop als Ganzes oder Teilaspekte davon in verschiedenen Klassen.

Dr. Klaus Schröcker arbeitet bereits seit dem Sommer mit einem Team an der Diplomarbeit „McPower IoT“. In dieser DA wird ein Netzgerät Teil des Internets der Dinge. Strom- und Spannungswerte werden gemessen, per WLAN auf einen Server übertragen und in konfigurierbaren Diagrammen dargestellt, Sollwerte können über ein Webinterface vorgegeben werden. Diese Diplomarbeit lieferte während der Projektdauer wertvolles Know-How für unsere Industrie 4.0 und IoT Aktivitäten.

3.2 Entwicklung IoT Workshop

In diesem Projektbericht werden nur die wesentlichen Konzepte des IoT Workshops erläutert. Die gesamte IoT Workshop mit einer Schritt für Schritt Anleitung ist auf der Entwicklerplattform GitHub frei verfügbar.

Dokumentation: <https://htlb-atk.github.io/schilf-iot-MAX31865/>

Programmcode: <https://github.com/htlb-atk/schilf-iot-MAX31865>

3.2.1 Aufgabenstellung

Wir messen mit einem Sensor die Temperatur einer Maschine, verbinden den Sensor über SPI-Bus mit einem IoT-Controller (LoPy) und übertragen die Messwerte zur ThingSpeak Plattform in die Cloud. Dort stellen wir die Messwerte graphisch dar und analysieren sie. Wenn der Temperaturgradient zu groß ist, wird über die Plattform IFTT eine E-Mail Nachricht auf das Handy gesendet.

Die Aufgabenstellung wurde nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Alle Komponenten einer typischen IoT Anwendung werden abgedeckt
- Je nach Abteilung/Fach sind unterschiedliche Schwerpunktsetzungen möglich
- Modularität durch definierte Schnittstellen
- Der Fokus liegt auf dem Lernen von Hardware- und Softwareschnittstellen (APIs) sowie Protokollen und IoT-Prinzipien.

3.2.2 Komponenten einer IoT Anwendung

Die Abbildung 1 gibt einen Überblick über die typischen Komponenten einer IoT Anwendung. Aus den vielen Möglichkeiten wählen wir für diesen Workshop von jeder Kategorie eine aus.

3.2.2.1 Thing

Unser “Ding” im Internet ist ein Elektromotor. Dies ist durchaus eine realistische Annahme im Hinblick auf vorbeugende Wartung und Langzeiterfassung von Betriebsparametern.

Sensor

Als Sensor wird ein PT100-Widerstand mit Auswerteelektronik auf Basis der integrierten Schaltung MAX31865 eingesetzt. Der Temperaturwert kann über eine digitale SPI-Schnittstelle ausgelesen werden. Dies stellt zwar nicht die billigste Lösung dar, der PT100 ist aber ein Industriestandard für genaue Temperaturmessungen. Wir haben uns bewusst für einen Aufbau auf Steckbrett entschieden. Die Hardware sollte nicht schon fertig als Black-Box bereitstehen. Die selbständige Verdrahtung nach Anleitung erfordert genaues Arbeiten und macht die Zusammenschaltung der Komponenten sichtbar. Andere Sensoren mit SPI-Schnittstelle können die Temperaturmessung unkompliziert ersetzen.

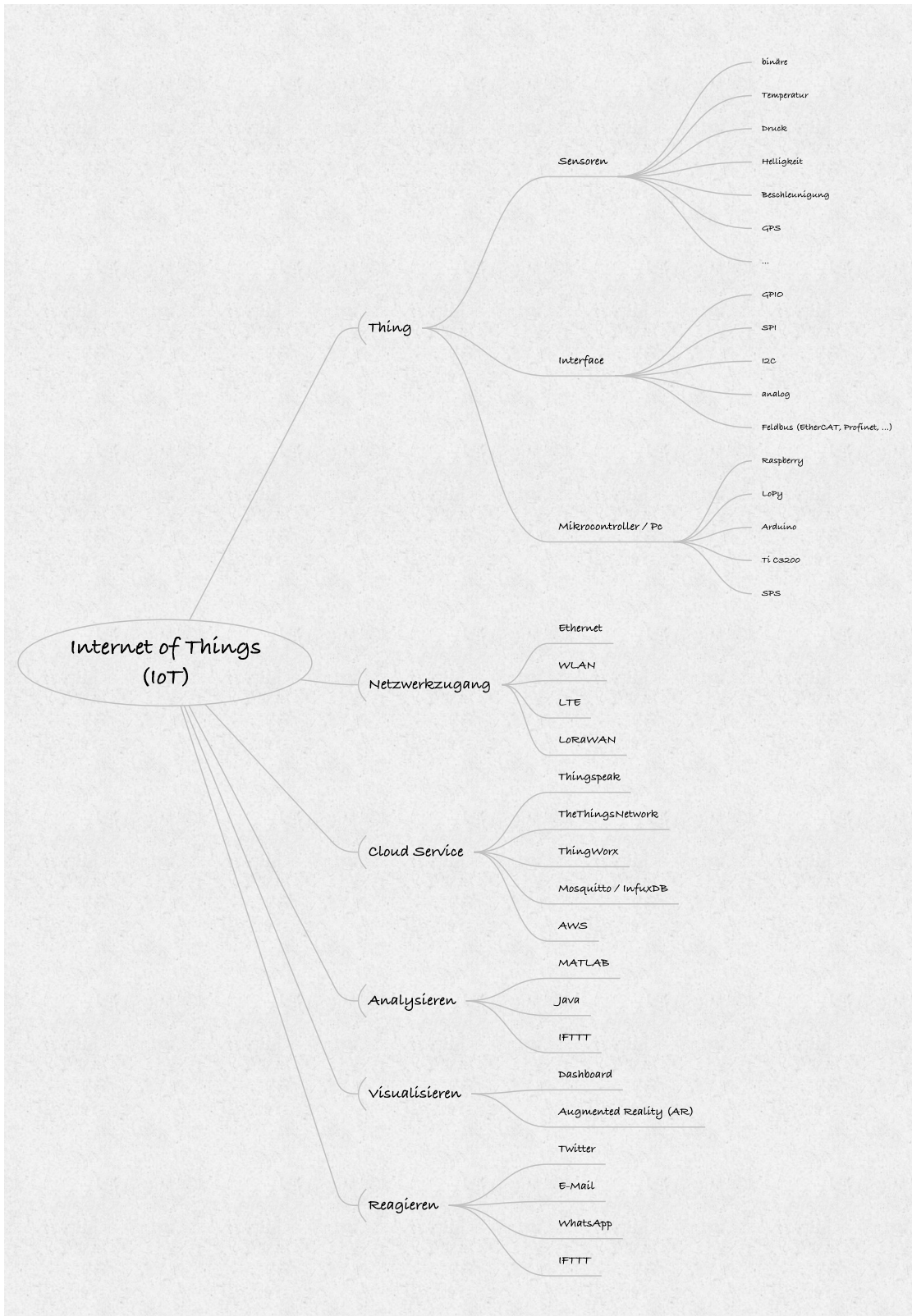


Abbildung 1: Komponenten einer IoT Anwendung

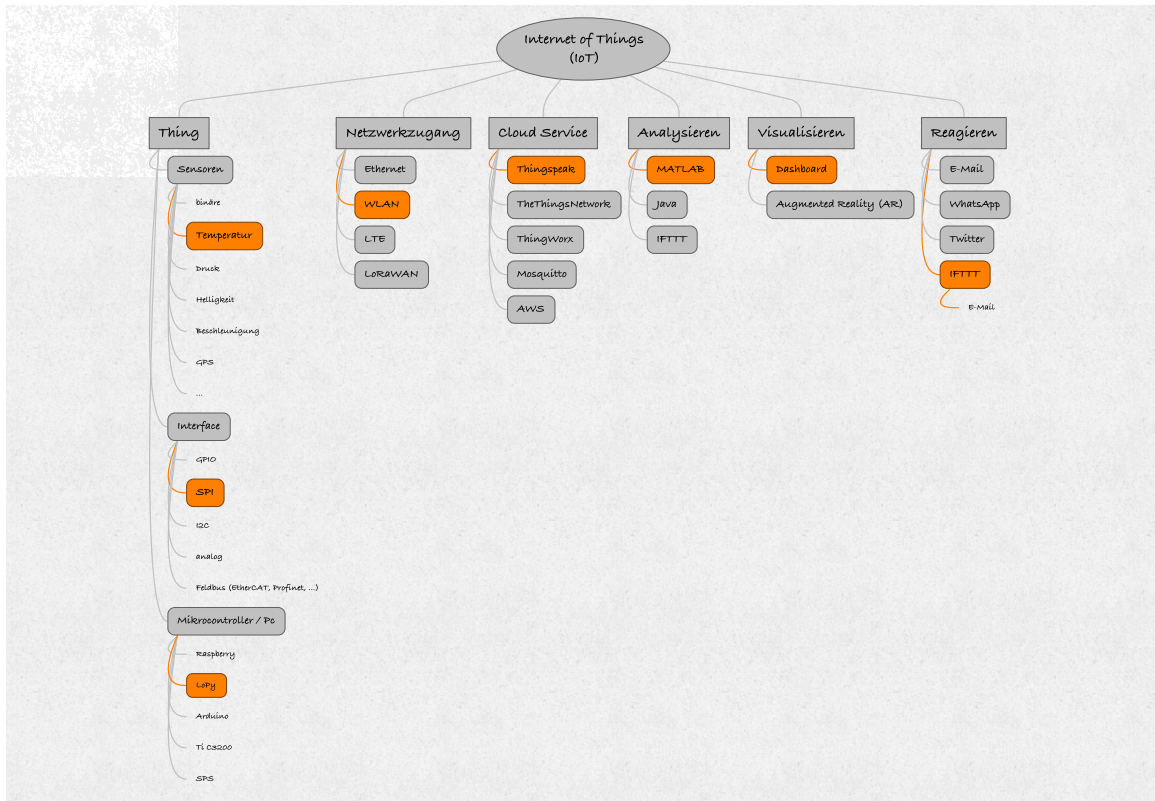


Abbildung 2 Auswahl der Komponenten

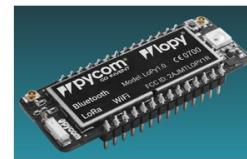
Computer – Mikrocontroller - SPS

Für Ausbildungsprojekte sind Arduino UNO und Raspberry Pi sehr beliebt. Mit zusätzlichen Erweiterungsplatinen bzw. Shields können sie den Erfordernissen angepasst werden. Eine Vielzahl von öffentlich verfügbaren IoT Projekten basiert auf diesen Geräten.

Raspberry Pi (HTL)



LoPy MicroPython



In diesem IMST Projekt verwenden wir aber ein Modul (LoPy), das schon spezielle Eigenschaften für IoT-Anwendungen aufweist.

	Energieverbrauch	Drahtlos-Kommunikation	Programmierung
Raspberry Pi	hoch	Wifi	große Auswahl
Arduino UNO	mittel	mit Shield nachrüstbar	Arduino IDE
LoPy	sehr gering	LoRa, Wifi, Bluetooth	Micropython integriert

Für unsere Auswahl waren die integrierten wireless Technologien und der Stromverbrauch ausschlaggebend. An der HTL Bregenz betreiben wir ein LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) Gateway in das „TheThingNetwork“. In den LoPy Boards ist die benötigte LoRa-

Funktechnik bereits integriert. Bei Raspberry Pi oder Arduino Uno müsste LoRa über Erweiterungsplatinen hinzugefügt werden. Dies erhöht die Preise für Raspberry und Arduino deutlich.

Der Stromverbrauch ist zwar für Übungen in der Schule nicht wirklich relevant, für batteriebetriebene, marktreife IoT-Devices aber ein entscheidendes Kriterium.

Die LoPy Entwicklerboards sind auch als OEM Module mit zertifiziertem LoRa erhältlich. Im Hinblick auf die Produktentwicklung im Rahmen von Diplomarbeiten ist dies ebenfalls ein Vorteil.

Der LoPy ist Teil einer ganzen Familie von Entwickler- und Erweiterungsboards. Beispielsweise bietet der FiPy zusätzlich noch Sigfox und LTE-M Kommunikation. Für Diplomarbeiten kann damit ein breites Spektrum von Anwendungen abgedeckt werden.

Alternativ zu einem Entwicklerboard mit Mikrocontroller kann auch jede moderne SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung) mit I/Os als „Thing“ eingesetzt werden. Versuche in unserem Automatisierungslabor mit einer Beckhoff SPS mit EtherCAT Feldbuskoppler und I/Os verliefen erfolgreich.

LEGO Mindstorm Roboter sind in vielen Schulen bereits vorhanden. Die EV3 Controller eignen sich ebenfalls für den Einstieg in das Thema IoT. Unser „LEGO Sorter Thing“ demonstriert eine Anwendung. Daten werden erfasst, an die ThingWorx Plattform in die Cloud gesendet und von dort direkt in das Bild der Smartphonekamera eingeblendet.

(LEGO Sorter Thing, 2017)

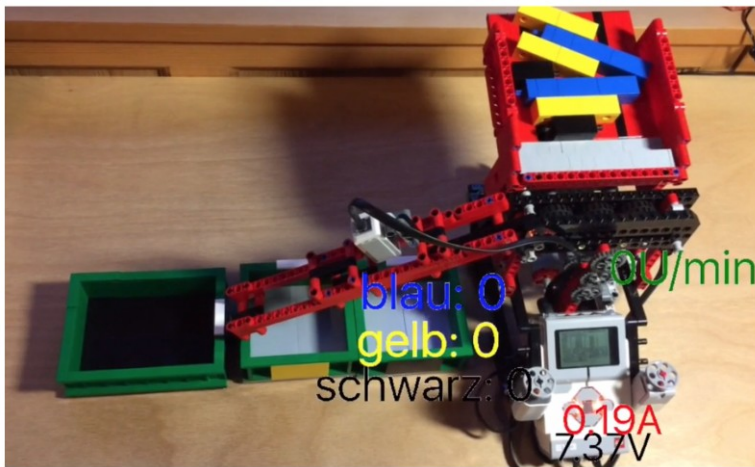
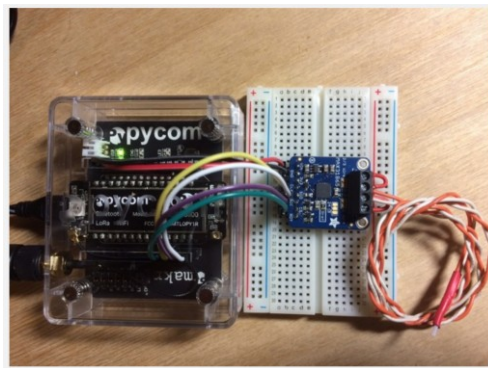


Abbildung 3: Das LEGO Sorter Thing

Interface

Für die Erfassung von Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte und Beschleunigungswerte gibt es für den LoPy das Pysense Erweiterungsboard.



Dies ist zwar eine praktische Erweiterungsmöglichkeit, die Zusammenhänge sind aber weniger transparent als bei einer verdrahteten Busverbindung. Unsere Wahl fiel daher auf einen frei verdrahteten SPI-Bus. Der Bus ist dadurch für Messungen leicht zugänglich. Für Elektrotechniker sind Messungen an Bussystemen durchaus ein Laborthema. Maschinenbauer und Kunststofftechniker hingegen werden sich nicht so detailliert damit beschäftigen.

3.2.2.2 Netzwerkzugang

Im IoT-Workshop verwenden wir einen WLAN Zugang in das Internet. An der HTL Bregenz betreiben wir auch ein LoRaWAN Gateway in das TheThingsNetwork und könnten daher auch diesen Weg wählen. LTE-M ist an unserem Standort noch nicht verfügbar, wird aber in Zukunft sicher eine interessante Option.

Netzwerksicherheit

Das Thema Netzwerksicherheit wird im IoT Workshop nicht explizit behandelt, muss aber unbedingt im Rahmen der Übung thematisiert werden.

Jeder Übungsteilnehmer arbeitet als „Administrator“ am Mikrocontrollerboard. WLAN Passwörter lassen sich in so einer Umgebung nicht geheim halten. Für den IoT Workshop haben wir einen WLAN Zugang mit eigener SSID verwendet, der in einem eigenen VLAN liegt und nicht mit dem Rest des Schulnetzes verbunden ist. Für die IP-Adressen und verwendeten Ports der LoPy-Boards gibt es Ausnahmen auf der Firewall, die eine Kommunikation nach außen ermöglichen. Die Zuordnung von MAC-Adressen zu IP-Adressen wird überwacht. MAC-Spoofing wird aber nicht wirksam verhindert. Ein Verbindungsaufbau aus dem Internet zu den LoPy -Boards ist nicht möglich. Da wir unsere Firewall, Router, Switches und WLAN-Controller selbst konfigurieren, können wir derartige Anpassungen relativ unkompliziert durchführen.

In fremdadministrierten Netzen ist das weitaus schwieriger. Hier bietet sich der Einsatz eines mobilen Internets mit LTE Modem an. Die Passwörter können meistens einfach mit einer Handy-App neu eingestellt werden und das Modem wird nur während der Übung eingeschaltet. Das benötigte Datenvolumen ist klein und kann günstig mit einer Wertkarte für ein Jahr abgedeckt werden. Ein großer Nachteil ist die regelmäßig notwendige Aufladung des Guthabens.

Inzwischen besitzen die meisten SchülerInnen in den höheren Klassen ein Handy mit einer WLAN Access Point Funktion (tethering). Dies stellt eine einfache Möglichkeit dar, eine Internetverbindung aufzubauen.

3.2.2.3 Cloud Service

Es gibt sehr viele verschiedene Plattformen, die derzeit um Kunden werben. Zu diesem Zeitpunkt ist es schwer absehbar, welche Plattform sich langfristig durchsetzen wird.

ThingSpeak

Wir haben uns für ThingSpeak (The Mathworks, Inc., 2018) entschieden.

Gründe dafür sind:

- MATLAB ist als Analysetool integriert. Wir besitzen für MATLAB eine Schullizenz und können somit alle Funktionen und Toolboxen nutzen. Ein eingeschränkter, für viele Anwendungen aber ausreichender, Funktionsumfang kann ohne Lizenzierung verwendet werden.
- MATLAB bietet ausgezeichnete Visualisierungsmöglichkeiten.
- Gut dokumentierte Programmierschnittstellen (APIs).
- Gut dokumentierte Anwendungsbeispiele.
- Das Grundkonzept ist Daten sammeln, analysieren und darauf reagieren. Dies wird durch entsprechende Tools und offene Schnittstellen ideal umgesetzt.
- Man kommt ohne Programmierung schnell zu einem Erfolg, kann dann aber mit der Programmierung sehr in die Tiefe gehen.

The Things Network

The Things Network (The Things Network, 2018) ist ein weltweites Netzwerk für die Verbindung von "Things". Es ist die erste Wahl, wenn LoRaWAN für den Internetzugang verwendet wird. Im vorliegende IoT-Workshop müssen nur wenige Zeilen Code verändert werden, damit sich der LoPy mit "The Things Network" verbindet.

ThingWorx

ThingWorx ist ein sehr großes Programmpaket für industrielle Anwendungen und verlangt daher eine entsprechende Einarbeitungszeit. Es deckt den gesamten Bereich von der Datenerfassung, -speicherung und -visualisierung ab. Messwerte von Things lassen sich direkt in Augmented Reality Anwendungen einblenden. Für HTLs stehen kostenlose Lizenzen zu Verfügung. Wir arbeiten uns derzeit in das Programm ein. Im Laufe des Schuljahres 2018/19 sollten auch die Schüler damit arbeiten.

3.2.2.4 Analysieren

Auf der ThingSpeak Plattform wird MATLAB für die Analyse der Daten verwendet.

Im IoT Workshop wird die Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messwerten berechnet. Wenn diese Änderung einen eingestellten Grenzwert überschreitet, wird eine Reaktion ausgelöst.

Die Berechnung in diesem Beispiel ist sehr einfach, sie zeigt aber den prinzipiellen Aufbau eines MATLAB-Skripts, wie Werte aus einer Zeitreihe gelesen und in eine Zeitreihe geschrieben werden. Auch für kompliziertere Analysen wie beispielweise Fourieranalysen oder Filterung stehen erprobte Algorithmen zur Verfügung.

3.2.2.5 Visualisieren

MATLAB bietet hervorragende Plotfunktionen für zwei- und dreidimensionale Darstellungen.

3.2.2.6 Reagieren

Das Ergebnis der Analyse erfordert oft eine Reaktion in Form einer Benachrichtigung, eines Schaltbefehls oder eines Protokolleintrages. Hier bietet ThingSpeak mit React, ThingTweet

und ThingHTTP vielfältige Möglichkeiten. In Kombination mit der Plattform IFTTT (If This Than That) (IFTTT Plattform, 2018) ergeben sich zahllose Anwendungen. Im IoT Workshop versenden wir mit IFTTT eine E-Mail Nachricht.

3.2.3 Datenfluss und Kommunikation

Die Abbildung 4 zeigt das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten und ist die **wichtigste Abbildung** in diesem Workshop. Das Diagramm liefert den roten Faden. Es muss zu jedem Zeitpunkt klar sein, an welchem "Kästchen" gearbeitet wird.

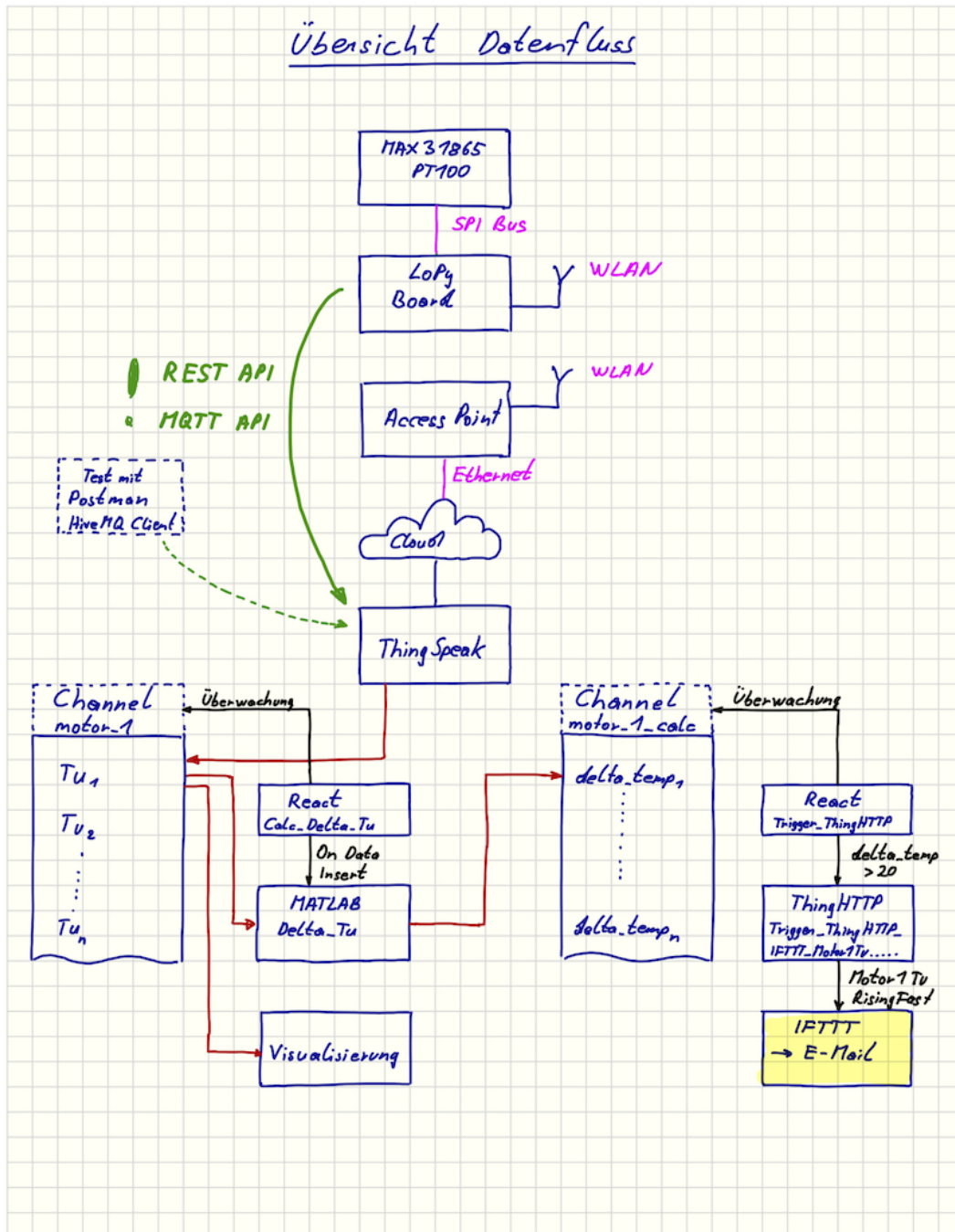


Abbildung 4: Datenfluss und Kommunikation

3.3 Lehrerfortbildung

3.3.1 Schulinterne Lehrveranstaltung (SchILF)

Industrie 4.0 und IoT sind für viele Lehrpersonen Begriffe, die sie noch nie mit praktischen Erfahrungen verknüpfen konnten. Auf der SchILF konnten die Lehrpersonen den IoT Workshop selbst durcharbeiten. Dabei zeigten sich auch Fehler und nicht eindeutige Arbeitsanweisungen die anschließend korrigiert wurden.

3.3.2 Diplomarbeiten

Nicht zu unterschätzen ist die positive Wirkung von Diplomarbeiten auf die Weiterbildung der Lehrer. Viele der hier dargestellten Techniken waren auch Bestandteil der Diplomarbeit „McPower IoT“. Diskussionen und Fragen der SchülerInnen „zwingen“ die Lehrperson, sich mit den Themen genauer zu beschäftigen.

3.4 Unterricht

3.4.1 Höhere Abteilung für Elektrotechnik 3. Jahrgang

Die SchülerInnen im 3. Jahrgang verfügen in fachspezifischer Informatik größtenteils noch nicht über das notwendige Grundlagenwissen für die Durcharbeitung des IoT Workshops. Dennoch sollten sie mit der Materie in Berührung kommen und den Nutzen von IoT erleben.

Wir haben daher das Ergebnis des Workshops in die Laborübung „Erwärmung elektrischer Maschinen“ integriert. Parallel zur herkömmlichen Messung des Temperaturverlaufs eines belasteten Elektromotors wird die Temperatur mit einem PT100 erfasst und über den LoPy auf die ThingSpeak-Plattform übertragen.

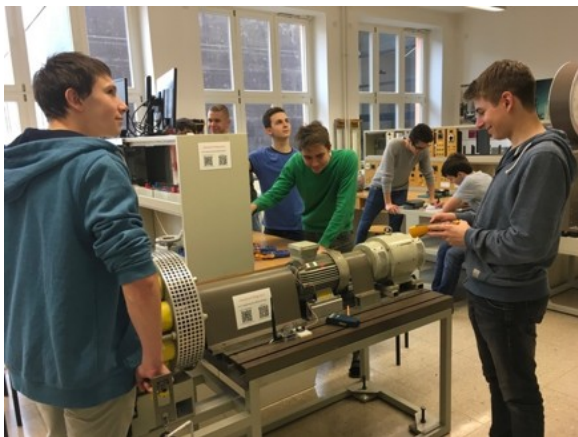


Abbildung 5: Temperaturmessung an einem Elektromotor

Auf der Maschine sind zwei QR-Codes angebracht, die den SchülerInnen eine direkte Navigation zur Projektdokumentation und zu den in der Cloud gespeicherten Messwerten ermöglichen.

Internet of Things (IoT)

Temperatur el. Maschine

Projekt- Dokumentation



<https://htlb-atk.github.io/schilf-iot-MAX31865/>

Messwerte



<https://thingspeak.com/channels/381619>

Abbildung 6: QR-Code für Dokumentation und Messwerte

Die SchülerInnen können von dort die Messwerte als Tabelle im CSV Format herunterladen. Anschließend lernen sie auch den Datenimport nach Excel.

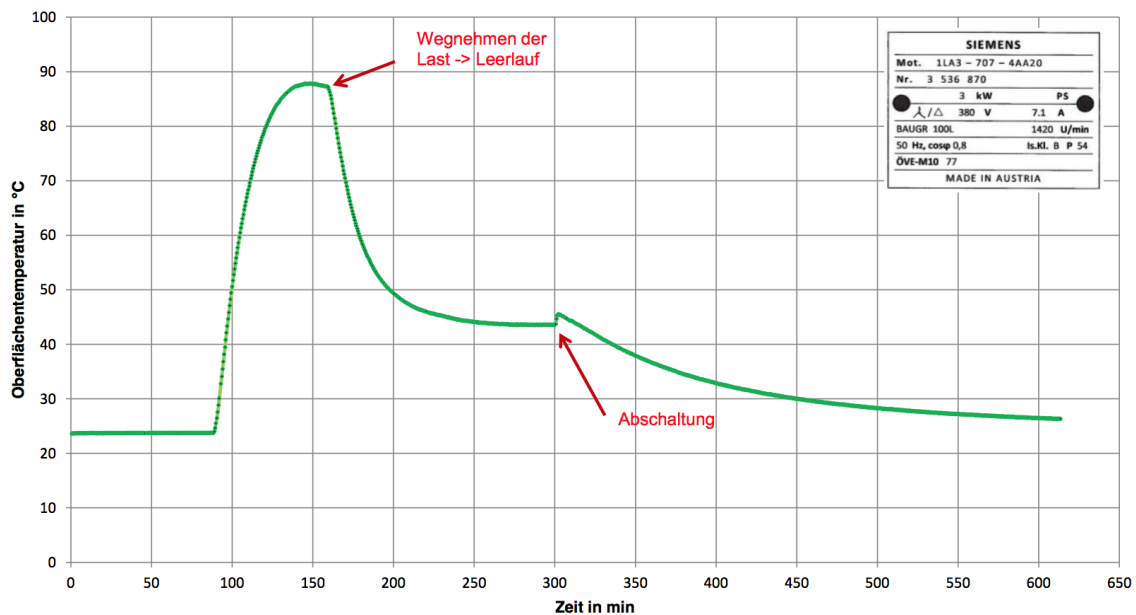
Im Laborprotokoll können die SchülerInnen die Messwerte grafisch aufbereiten und die Messung mit dem theoretischen Verlauf vergleichen.

HTL Bregenz
Abteilung Elektrotechnik

04. 07. 2018 /atk + bt

Temperaturverlauf einer ASM mit 1,2 facher Nennlast (S1) und anschließender Abkühlung

Messung mit PT 100 und IoT Messwertübertragung



Messung am 03. 07. 2018

ASM_Erwaerung_20180703.xlsx

Abbildung 7: Erwärmung einer ASM

3.4.2 Höhere Abteilung für Kunststofftechnik 4. Jahrgang

Die SchülerInnen des 4. Jahrganges der Abteilung für Kunststofftechnik haben den IoT-Workshop im Rahmen einer Laborübung durchgearbeitet. Insgesamt stehen 11 Stück LoPy mit Entwicklerboard, Temperaturmessung, Steckbrettern und Gehäuse zur Verfügung. Nach einer Einführung in das Thema und die Aufgabenstellung haben wir den Workshop gemeinsam schrittweise durchgearbeitet. Da die gesamten Unterlagen online zur Verfügung stehen, können SchülerInnen auch im eigenen Lerntempo voraus arbeiten. Uns stand nur eine Labor-

einheit mit 5 UE zur Verfügung, trotzdem konnten alle Schüler das Ziel erreichen. Alle erhielten bei großen Temperaturänderungen eine E-Mail auf ihr Handy. Der Schwerpunkt der Übung lag auf den großen Zusammenhängen, der Fehlersuche, den REST und MQTT APIs und dem Umgang mit API Keys. Details wie z. B. die Funktion der SPI-Schnittstelle wurden nur oberflächlich bearbeitet.

3.4.3 Höherer Abteilung für Maschinenbau 5. Jahrgang

Die SchülerInnen konnten den IoT-Workshop im Rahmen der Übungen zu Robotik und Prozessdatenverarbeitung (ROBP) durcharbeiten. In diesem Fach gibt es auch den Kompetenzbereich Kommunikation. Die SchülerInnen lernen bereits im 4. Jahrgang die Grundlagen industrieller Kommunikation und des Internets. Auf dieses Wissen können sie im Workshop aufbauen. Es lassen sich direkte Bezüge zum Lehrstoff in ROBP herstellen. In der Kunststofftechnik fehlt dieser direkte Bezug aufgrund des Lehrplanes.

3.4.4 Höhere Abteilung für Elektrotechnik 5. Jahrgang

Ein Kollege hat in dieser Klasse mit dem IoT-Workshop in den Übungen zum Fach FI begonnen, konnte ihn aber aus Zeitmangel nicht abschließen. In den Elektrotechnik-Klassen bietet sich auch eine genauere Betrachtung des SPI-Busses an. Eine Codeanalyse der Bibliothek zur Temperaturmessung mit dem MAX31865 liefert tiefere Erkenntnisse über die Funktion und die Verwendung der SPI-Schnittstelle. Die Bussignale können auch sehr einfach mit einem Digital-Speicher-Oszilloskop (DSO) untersucht werden.

4 EVALUATIONSMETHODEN

Die Evaluation des IoT Workshops wurde in erster Linie mit Hilfe von Fragebögen durchgeführt. Für jede schulinterne Lehrveranstaltung gibt es von der pädagogischen Hochschule standardisierte Feedbackformulare.

Für die SchülerInnen wurde ebenfalls ein Fragebogen erstellt, der am Ende des Workshops auszufüllen war.

Die Mitarbeit während des Unterrichts ist natürlich auch ein Indikator dafür, inwieweit sich die SchülerInnen auf die Materie einlassen.

Feedback bekamen wir auch über die QIBB-Plattform. „QIBB, die QualitätsInitiative Berufsbildung ist die Strategie der Sektion Berufs- und Erwachsenenbildung (in der Folge auch kurz: Sektion Berufsbildung) des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) zur Verankerung von Qualitätsmanagement im österreichischen berufsbildenden Schulwesen. Ziel von QIBB ist die Sicherung und Weiterentwicklung der Schul- und Unterrichtsqualität und der Qualität der Verwaltungsleistungen“. (qibb, 2018)

Über diese Plattform können Lehrkräfte online Individualfeedbackerhebungen zu ihrem Unterricht durchführen. In den Freitextantworten fanden sich auch Kommentare zum IoT-Workshop.

Der IoT Workshop war nur ein Beitrag zum Projekt. Insgesamt sollte das Bewusstsein für Industrie 4.0 und IoT gestärkt werden. Dies ist schwer in Zahlen zu fassen. In Fachgruppensitzungen, Laborbesprechungen und bei den Budgetplanungssitzungen ist der Bezug zu Industrie 4.0 und IoT zunehmend ein Thema.

5 ERGEBNISSE

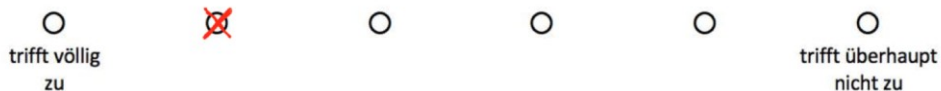
5.1 Ergebnisse zu Zielen auf SchülerInnenebene

Insgesamt wurden 17 Fragebögen aus einer Laborgruppe Kunststofftechnik und einer Übungsgruppe Robotik ausgewertet. Vier Fragebögen wurden von Schülerinnen ausgefüllt, 13 Fragebögen von Schülern.

5.1.1 Ergebnisse zu Ziel 1 (Interesse an Internet of Things wecken)

Die Auswertung der Fragebögen zeigt, dass dieses Ziel weitgehend erreicht wurde.

Der IoT Workshop hat mein Interesse an Internet of Things und Industrie 4.0 geweckt.



Freitextanmerkungen auf den Fragebögen bestätigen das Ergebnis.

- Ich finde diesen Unterricht wirklich sehr interessant und würde gerne noch mehr dazu lernen.
- Ich finde es toll, dass man Sie nach dem Unterricht auch über private Projekte befragen kann und kompetente Auskunft bekommt.
- Durch diesen Workshop habe ich auch in meiner Freizeit begonnen, mich mit dieser Thematik zu befassen.
- Sollte man öfter machen.
- IoT bietet sehr interessante Anwendungsmöglichkeiten. Mit mehr Hintergrundwissen sicher noch interessanter!

Vor allem die SchülerInnen aus der Abteilung Maschinenbau/Automatisierungstechnik wünschen sich mehr Lehrinhalte zu IoT und Industrie 4.0. Bei den Kunststofftechnikern sind es deutlich weniger.

Ich wünsche mir mehr Lehrinhalte und Übungen zu IoT und Industrie 4.0.



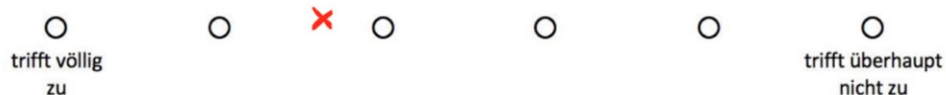
5.1.2 Ergebnisse zu Ziel 2 (Industrie 4.0 und IoT als Zukunftsthema)

Den Schülerinnen und Schülern ist die Bedeutung des Themas sehr bewusst. Dies steigert auch die Bereitschaft, sich mit dem Thema auseinanderzusetzen.

Internet of Things und Industrie 4.0 sehe als wichtige Zukunftsthemen.



Ich habe den Eindruck, dass Wissen über IoT für meine berufliche Zukunft hilfreich sein wird.



5.1.3 Ergebnisse zu Ziel 3 (Projekte und Diplomarbeiten)

- Die Diplomarbeit „McPower IoT“ ist inzwischen abgeschlossen.
- Das Projekt „Biohof 4.0“ wird von Schülern weiterhin bearbeitet.

5.2 Ergebnisse zu Zielen auf LehrerInnenebene

5.2.1 Ergebnisse zu Ziel 4 (Fachwissen steigern)

Ein wichtiges Projektziel war es, das Fachwissen der LehrerInnen im Bereich Industrie 4.0 und IoT zu steigern. In einer schulinternen Lehrveranstaltung (SchILF) wurde der IoT Workshop mit den Lehrpersonen durchgearbeitet. Alle Lehrpersonen aus dem Fachbereich Automatisierungstechnik nahmen daran teil und zeigten damit das Interesse an diesem Thema und die Bereitschaft zur Weiterbildung.

Alle SchILFs werden von der PH mit standardisierte Feedbackbögen ausgewertet und an die Lehrbeauftragten zurückgemeldet.

Seminare: Veranstaltungsreflexion - Bericht Einzelveranstaltung



Ziele und Inhalte	Verteilung	Mittelwert
1 Die Inhalte sind für die schulische Praxis anwendbar bzw. relevant	5-3-0-0-0	1.4
2 Die Ausschreibungsziele der Veranstaltung wurden erreicht	7-1-0-0-0	1.1
3 Die Veranstaltung war auf fachlich angemessenem Niveau	6-2-0-0-0	1.3
4 Die Zeit wurde gut genutzt	8-0-0-0-0	1

Kommentare:

sehr kompakt und ausführlich, sehr gute Unterlagen, etwas mehr Zeit wäre gut, perfekte Umsetzung, geniales Handout

Der/die Lehrbeauftragte/n	Verteilung	Mittelwert
5 unterstützte/n ein angenehmes Lernklima	8-0-0-0-0	1
6 verwendete/n angemessene Methoden und Lehr/Lernmittel	8-0-0-0-0	1
7 war/en inhaltlich verständlich	7-1-0-0-0	1.1

Teilnehmer/innen	Verteilung	Mittelwert
8 Ich konnte persönlich bereichernde Lernerfahrungen machen	7-1-0-0-0	1.1
9 Die Veranstaltungsunterlagen waren für mich nützlich	8-0-0-0-0	1
10 Die Inhalte des Seminars sind es wert, dass sie an KollegInnen in meiner Schule weitergegeben werden.	6-2-0-0-0	1.3

Besonders gut gefallen hat mir

- Struktur, Praxisbezug, verständlicher Referent
- *Veranstaltung insgesamt - Inhalt und Durchführung sehr gut!*
- Der Aufbau der SCHILF sowie die vorbereiteten Beispiele
- *Das Spektrum der Inhalte und die methodische Umsetzung*
- "brandaktuelles" Thema *die guten Unterlagen*
- *die übersichtliche und verständliche Vorstellung der Zusammenhänge und Tools*
- *die praktische Anwendung*

Die Veranstaltung ist bei den Lehrpersonen sehr gut angekommen. Der Punkt 8 „Ich konnte persönlich bereichernde Lernerfahrungen machen“ erhielt mit einem Mittelwert von 1,1 große Zustimmung.

5.2.2 Ergebnisse zu Ziel 5 (Gestaltung von Übungen)

- Die Laborübung „Erwärmung elektrischer Maschinen“ wurde dahingehend erweitert, dass der Elektromotor als „Thing“ seine Temperatur an die ThingSpeak Plattform sendet.
- Eine neue Laborübung zum Thema IoT und Augmented Reality wird in den Laborplan 2018/19 für den 4. Jahrgang Maschinenbau aufgenommen.
- Die Programmierübung „Bearbeitungsstation“ wurde dahingehend erweitert, dass die Station eine E-Mail-Adresse und einen Twitteraccount besitzt. Die Station kann Aufträge über E-Mail erhalten und Statusmeldungen über Twitter versenden. Diese Übung funktioniert, ist aber noch nicht ausreichend dokumentiert.
- Die Übungen im Fach „Fachspezifischer Informationsverarbeitung“ wurden ganz gezielt mit IoT Themen ergänzt.

5.2.3 Ergebnisse zu Ziel 6 (Schwerpunktsetzung bei Investitionen)

Investitionen im Ausmaß von mehreren tausend Euro können direkt dem Bereich Internet 4.0 und IoT zugeordnet werden.

- Augmented Reality ist ein Schlüsselthema für Industrie 4.0 (Porter & Heppelmann, 2017). Die HTL Bregenz hat mit Unterstützung des Kuratoriums eine Microsoft HoloLens gekauft, damit wir den Schülerinnen und Schülern dieses aktuelle Thema vermitteln können.



Abbildung 8: Microsoft HoloLens

- Radio-Frequency Identification (RFID) gilt als wichtige IoT Technologie. Das Automatisierungstechniklabor wurde im laufenden Schuljahr mit einer EtherCAT Feldbusstation mit RFID Schreib-/Leseköpfen und Datentags ausgestattet.
- Bei der Beschaffung neuer CNC-Maschinen ist eine durchgängige Digitalisierung der Prozesse von der Planung bis zur Fertigung ein wichtiges Kriterium. SchülerInnen sollen die Tools der ganzen Prozesskette kennenlernen. Die durchgängige Digitalisierung ist eine Forderung von Industrie 4.0.

5.1 Ergebnisse Gender/Diversität

Der IoT-Workshop sollte bei Schülerinnen und Schüler gleichermaßen das Interesse für Industrie 4.0 und IoT wecken. Dieses Ziel wurde weitgehend erreicht. Eine Schülerin hat den Workshop sehr schlecht bewertet, was sich bei nur vier Fragebögen stark auf das Ergebnis auswirkt. Ohne diesen Fragebogen sind die Ergebnisse für Schülerinnen und Schüler fast deckungsgleich.

Der IoT Workshop hat mein Interesse an Internet of Things und Industrie 4.0 geweckt.



Internet of Things und Industrie 4.0 sehe als wichtige Zukunftsthemen.



Ich wünsche mir mehr Lehrinhalte und Übungen zu IoT und Industrie 4.0.



Ich habe den Eindruck, dass Wissen über IoT für meine berufliche Zukunft hilfreich sein wird.



6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK

Industrie 4.0 ist ein Konzept, das man in einer technischen Schule mit Inhalten füllen muss. Genau so, wie viele Bereiche der Gesellschaft von Industrie 4.0 und Digitalisierung betroffen sind, sind auch viele Unterrichtsfächer davon betroffen. Es kann nicht ein Unterrichtsfach Industrie 4.0 geben, sondern die Konzepte müssen permanent in die Gestaltung von Unterrichtseinheiten einfließen. Ich habe den Eindruck, dass mit diesem Projekt ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung gesetzt wurde.

Dieses Projekt war ein wichtiger Impuls in einer langfristigen Strategie. Es werden laufend weitere Projekte zum Thema Industrie 4.0 und IoT folgen. Ob diese im Rahmen von IMST Platz finden, wird sich erst zeigen.

Mich fasziniert die Erkenntnis, dass man eigentlich nur wenige Grundkonzepte (Protokolle, APIs, api-key) verstehen muss, um das Tor in einen Kosmos von Möglichkeiten zu öffnen. Dazu sind keine großen Investitionen notwendig. Wenn die Einstiegshürden geschafft sind, sprudeln auch bei den Schülerinnen und Schülern die Ideen, was man alles machen könnte.

Dieses sehr ambitionierte Projekt ist eigentlich ein Großprojekt mit vielen Teilprojekten. Beim nächsten Mal würde ich genau ein Teilprojekt, z.B. den IoT-Workshop, als IMST-Projekt einreichen.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- IFTTT Plattform. (Juli 2018). *IFTTT*. Von <https://ifttt.com/discover> abgerufen
- Industrie 4.0*. (Juli 2018). Von Wikipedia:
https://de.wikipedia.org/wiki/Industrie_4.0#cite_note-plattformi40-4 abgerufen
- Internet der Dinge*. (Juli 2018). Von Wikipedia:
https://de.wikipedia.org/wiki/Internet_der_Dinge abgerufen
- LEGO Sorter Thing*. (2017). Von vimeo: <https://vimeo.com/241026450> abgerufen
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2017). *Harvard Business Review*. Von Why Every Organization Needs an Augmented Reality Strategy: <https://hbr.org/2017/11/a-managers-guide-to-augmented-reality> abgerufen
- qibb. (Juli 2018). *qibb*. Von Qualitätsinitiative Berufsbildung: <https://www.qibb.at/home.html> abgerufen
- The Mathworks, Inc. (Juli 2018). *ThingSpeak*. Von Understanding Your Things: <https://thingspeak.com> abgerufen
- The Things Network. (Juli 2018). *The Things Network*. Von Building A Global Internet Of Things Network Together: <https://www.thethingsnetwork.org> abgerufen
- Was ist Industrie 4.0*. (01. 07 2018). Von Plattform Industrie 4.0: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html;jsessionid=D7ED4118DED525F176F382A8F939369D> abgerufen

ANHANG

IoT Workshop HTLB print.pdf

Der PDF-Ausdruck des Online-Workshops ist nur der Vollständigkeit halber beigefügt. Der Ausdruck ist im Vergleich zum Online-Workshop schwer lesbar.