

- DOKUMENTATION -

„Simulation der Ampelschaltung einer Kreuzung mittels vernetzter Arduinos“

Veranstaltung: Internet der Dinge
Semester: Wintersemester 2020 / 2021
Projektteam: Dominik Ibele [30325], Lena Jäger [33081],
Florian Reichart [31133], Cindy Wehrwein [30499]

Gliederung

1. Geschäftsmodell
2. Szenario / Aufgabenstellung
3. Lösungskonzept
4. Architektur
5. Besonderheiten
6. Leistungsaufstellung

Geschäftsmodell [Personas]



Name
Rainer Verlust

Alter
53 Jahre

Beruf
Bundesminister für
Verkehr und
Infrastruktur

Familienstand
Verheiratet,
2 Kinder

Leitet und verantwortet die Arbeit des Fachressorts und seiner insgesamt 63 nachgeordneten Behörden. Er ist für alle Aspekte der deutschen Straßen-, Schienen-, Wasser- und Luftverkehrspolitik sowie für den Ausbau der digitalen Infrastruktur verantwortlich.

Hat einen vollen Terminkalender und muss stets den Überblick über alle verkehrspolitischen Themen innerhalb Deutschlands haben



Name
Hella Wahnsinn

Alter
34 Jahre

Beruf
Bürgermeisterin der
Stadt

Familienstand
Ledig

Möchte als junge Politikerin das ihr entgegengebrachte Vertrauen der Bürger durch nachhaltiges und kosteneffizientes Handeln bestärken und so einen Mehrwert für alle Einwohner schaffen

Muss sich als Frau regelmäßig beweisen

Legt viel Wert auf Gesundheit, nicht nur ihre eigene, sondern auch die der Bürger

Legt viel Wert auf Digitalisierung in der Politik und Verwaltung



Name
Johann Riedel

Alter
27

Beruf
Wirtschafts-
informatiker

Familienstand
Ledig

[Nutzer: Autofahrer]

Motivierter Berufseinsteiger in der Qualitätssicherung

Pendelt an jedem Werktag mit dem PKW zur Arbeit.

Da er es kaum erwarten kann zur Arbeit zu kommen, will er, dass die Ampel schnell grün schaltet, um frühestmöglich einzustempeln.

Geschäftsmodell

Wer sind unsere Zielkunden?

- Im engeren Sinne
 - Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur
 - Verkehrsministerien der Länder
 - Kommunen (Städte und Dörfer)
- Im weiteren Sinne: Nutzer
 - Autofahrer, Fußgänger, Radfahrer, Anwohner
 - Öffentlicher Nahverkehr
 - Werbeunternehmen (Nutzung der Werbetafel)

Wie wollen wir die Zielkunden (i.e.S.) erreichen?

- Messen für Verkehrsausbau
- Ausschreibungen
- Persönliche Ansprache
- Artikel / Werbung in Fachzeitschrift veröffentlichen

Geschäftsmodell

Welchen Nutzen bzw. Wert versprechen wir unseren Zielkunden?

- Reduktion der Verkehrsstaus durch sensorgetriebene Ampelschaltungen
- Dashboard mit einer Übersicht zu Verkehrsauslastungen (Fahrzeuganzahl pro Ampel)
→ Entscheidungsgrundlage für strategische Planung des Straßenbaus und liefert Input für Optimierungen

Funktionaler Nutzen

Verkehrsregelung angepasst auf das Verkehrsaufkommen an einer Kreuzung durch ein sensorbasiertes Ampelsystem

Sozialer Nutzen

Weniger Kritik durch Einwohner aufgrund von Verkehrsstaus
Bessere Öko-Bilanz der Kommune durch Reduktion von Emissionen aufgrund geringerer Verkehrsstaus

Organisatorischer Nutzen

„Alles aus einer Hand“ → Rundumservice!
Beratung, Einrichtung, Programmierung, Beauftragung Bauunternehmen und tagesaktuelle Datenauswertung der Verkehrsauslastung als schnelle und fundierte Grundlage für verkehrspolitische Entscheidungen

Wirtschaftlicher Nutzen

Optimierung des Verkehrsflusses → weniger Emissionen durch Staus
Weniger Risiko für Fehlplanungen im Straßenbau (in Bezug auf Priorisierung von Hauptverkehrsstraßen)
→ es wird nur dort ausgebaut, wo es auch wirklich nötig ist → Kostenreduktion

Geschäftsmodell

Wie wird Wert für Unternehmen erzielt?

- Was sind die **Einnahmequellen**?
 - Einmalige Einnahmen
 - Beratungsgebühr
 - Lieferung von Hard- und Software (Installation und Einrichtung der Ampelsysteme)
 - Laufende Einnahmen
 - Wartungsverträge
 - Software-Updates
 - Datenaufbereitung und -auswertung (Dashboard), um langfristig Optimierungen zu ermöglichen
 - Zusätzliche Einnahmen
 - Optimierung des Ampelsystems (Umprogrammierung)
- Was sind die **wesentlichen Elemente der Kostenstruktur**?
 - Materialkosten für Ampelanlage(n)
 - Personalkosten für Beratung, Programmierungsaufwand, Kosten für Auswertung und Optimierung

Geschäftsmodell

Wie wird die Leistung erstellt?

- Kundenberatung (Beratungskompetenz, Kommunikationsfähigkeit)
- Einrichtung der Ampelanlage (Hardware)
 - Sensoren zum Messen der Fahrzeuge / Tasterbetätigungen
 - Kooperationspartner (für den Bau der Ampelanlage)
- Einrichtung der Ampelanlage (Software)
 - Programmierfähigkeit
- IoT-Plattform zur Datenauswertung

Gliederung

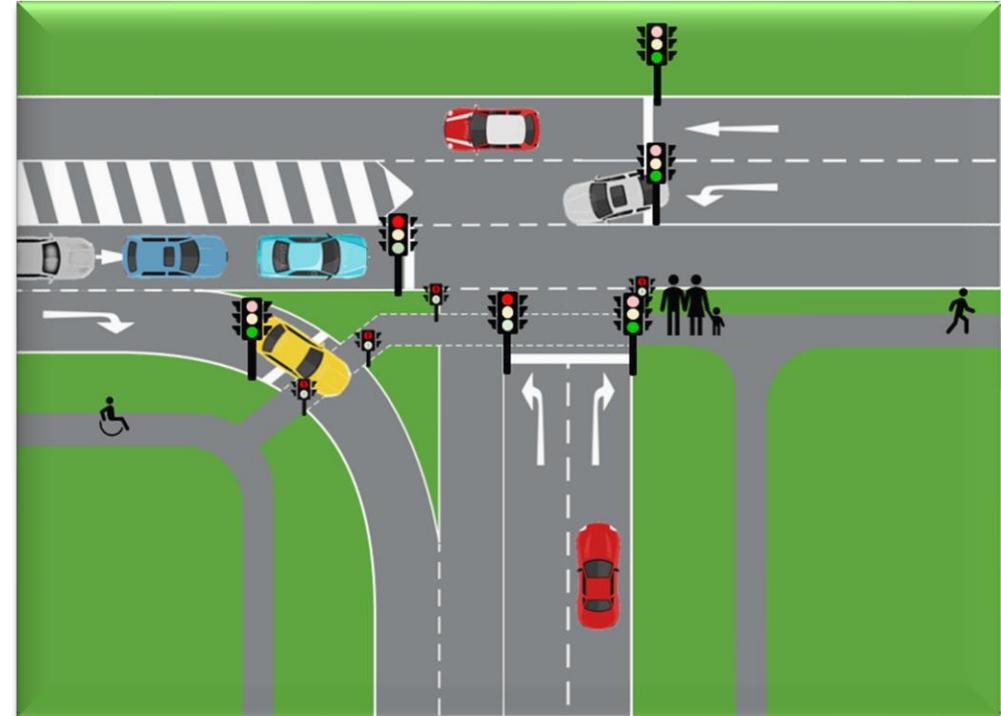
1. Geschäftsmodell
2. Szenario / Aufgabenstellung
3. Lösungskonzept
4. Architektur
5. Besonderheiten
6. Leistungsaufstellung

Szenario

T-Kreuzung mit 6 Verkehrsampeln und 2 Fußgängerüberwegen

Konkrete Aufgabenstellung

Die Ampeln sollen den Verkehr standardisiert regeln, aber auch dynamisch reagieren, wenn auf einer Fahrbahn viel Verkehr ist.



Gliederung

1. Geschäftsmodell
2. Szenario / Aufgabenstellung
3. Lösungskonzept
 - a) Konzeptionsphase
 - b) Umsetzungsphase
4. Architektur
5. Besonderheiten
6. Leistungsaufstellung

Lösungskonzept auf einen Blick



Konzeptionsphase

1. Modellierung der Kreuzung
2. Entwerfen einer Wahrheitstabelle
3. Abfolge der Schaltung festlegen

Umsetzungsphase

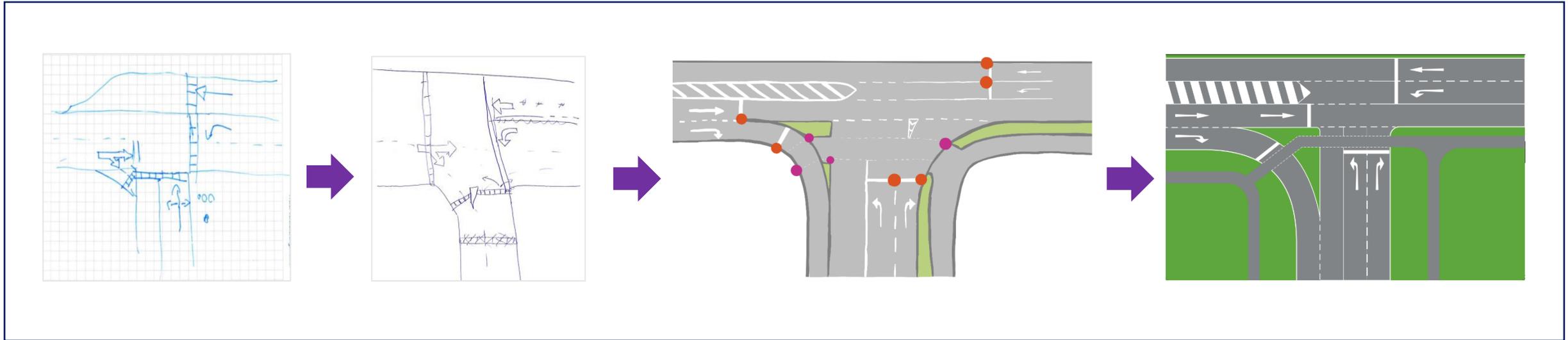
4. Zusammenbau der Hardware und Erstellung des Codes
5. Kreuzung inkl. Straßenlandschaft als physisches Modell bauen
6. Visualisierung der Sensorwerte in Thingsboard

Gliederung

1. Geschäftsmodell
2. Szenario / Aufgabenstellung
3. Lösungskonzept
 - a) Konzeptionsphase
 - b) Umsetzungsphase
4. Architektur
5. Besonderheiten
6. Leistungsaufstellung

Konzeptionsphase

1. Modellierung der Kreuzung



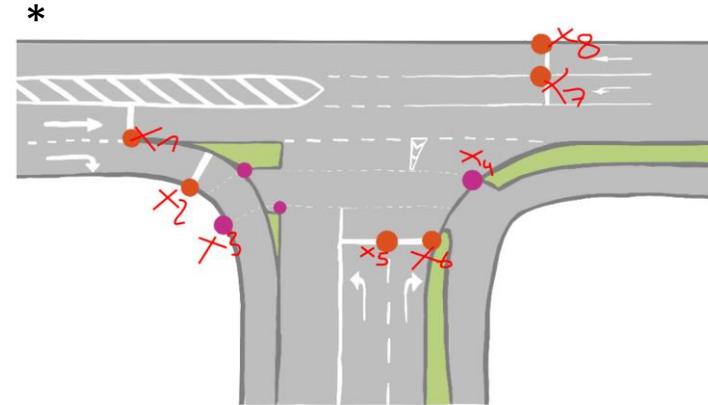
Konzeptionsphase

2. Entwerfen einer Wahrheitstabelle

Für die einzelnen Ampeln wurden Variablen definiert* und auf Basis dessen eine Wahrheitstabelle** entworfen.

Zweck:

- Kollisionen sollen vermieden werden
- Übersicht, welche Ampeln parallel grün sein dürfen bzw. müssen
- Liefert Input für die zu definierende Schaltungsabfolge



**

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
1	1	1	0	1	0	0	0	1
2	x	1	0	x	x	x	x	x
3	x	0	1	x	x	x	x	x
4	x	x	x	1	0	0	0	x
5	0	x	x	0	1	x	0	0
6	0	x	x	0	x	1	x	x
7	0	1	1	0	0	1	1	1
8	x	x	x	x	0	x	x	1

Konzeptionsphase

3. Abfolge der Schaltung festlegen (1/4)

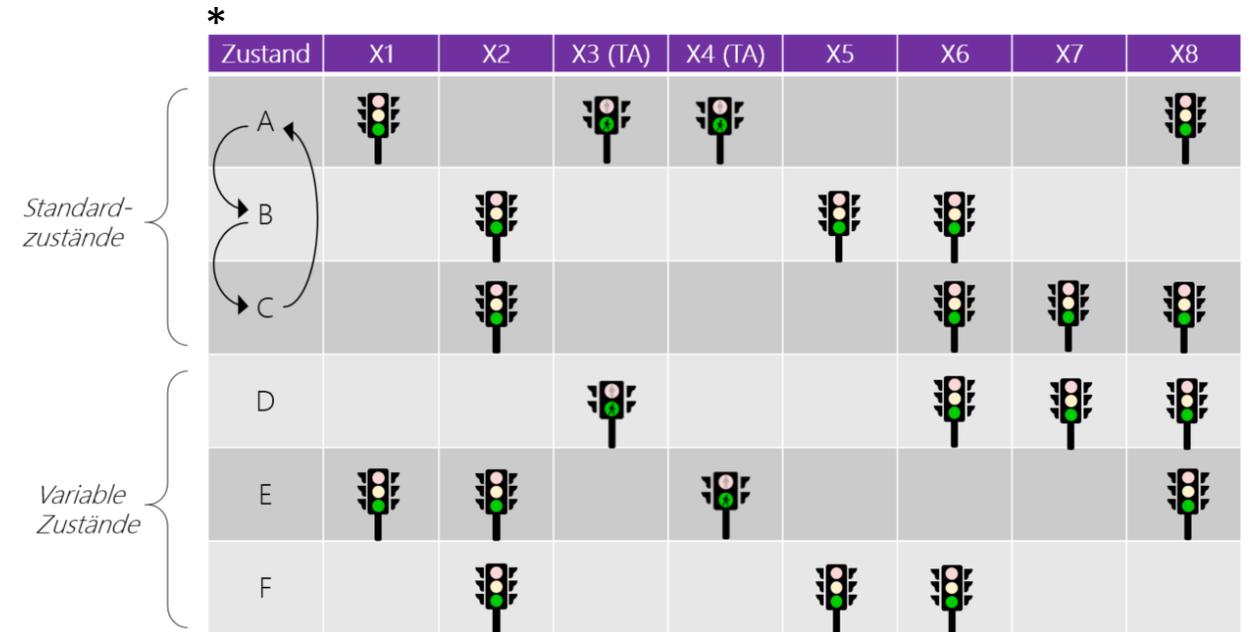
Fragestellung:

Welche Ampeln werden wann nacheinander geschaltet?

Lösung:

*Es gibt 3 „Standardzustände“ und 3 „variable Zustände“

- **Standardzustände:** laufen nacheinander ab
- **Variable Zustände:** für die Integration der Dynamik bei erhöhter Verkehrsauslastung

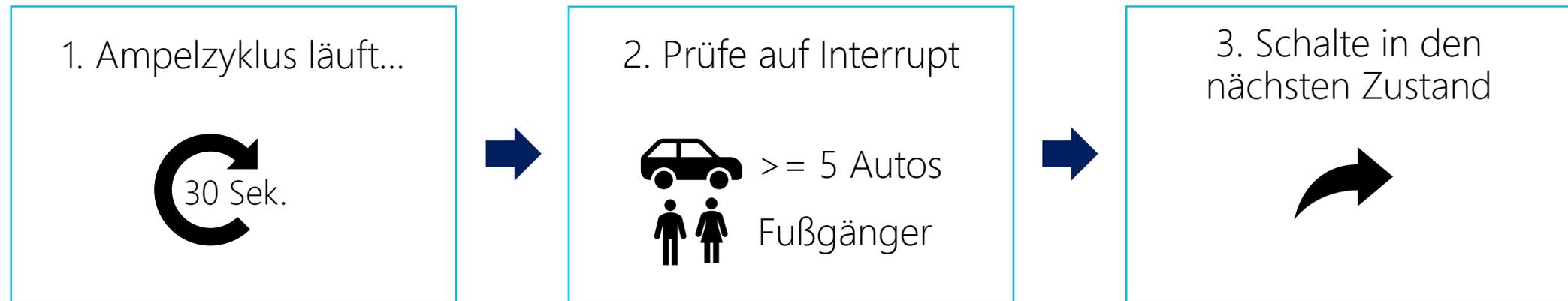


Um in einen variablen Zustand zu kommen, muss ein sogenannter „Interrupt“ ausgelöst werden.
Interrupt = Betätigung des Tasters durch einen Fußgänger oder mindestens 5 wartende Autos an einer roten Ampel

Konzeptionsphase

3. Abfolge der Schaltung festlegen (2/4)

Interrupts im Zusammenhang mit der gesamten Schaltungslogik:



- Folgt auf einen Interrupt kein weiterer, wird zurück in die Standardzustände gesprungen und die Reihenfolge dort fortgesetzt.
- Gibt es an mehreren Ampeln gleichzeitig Interrupts, wird eine Ampel grün geschaltet und die andere Ampel in dem darauffolgenden Zyklus.

Konzeptionsphase

3. Abfolge der Schaltung festlegen (3/4)

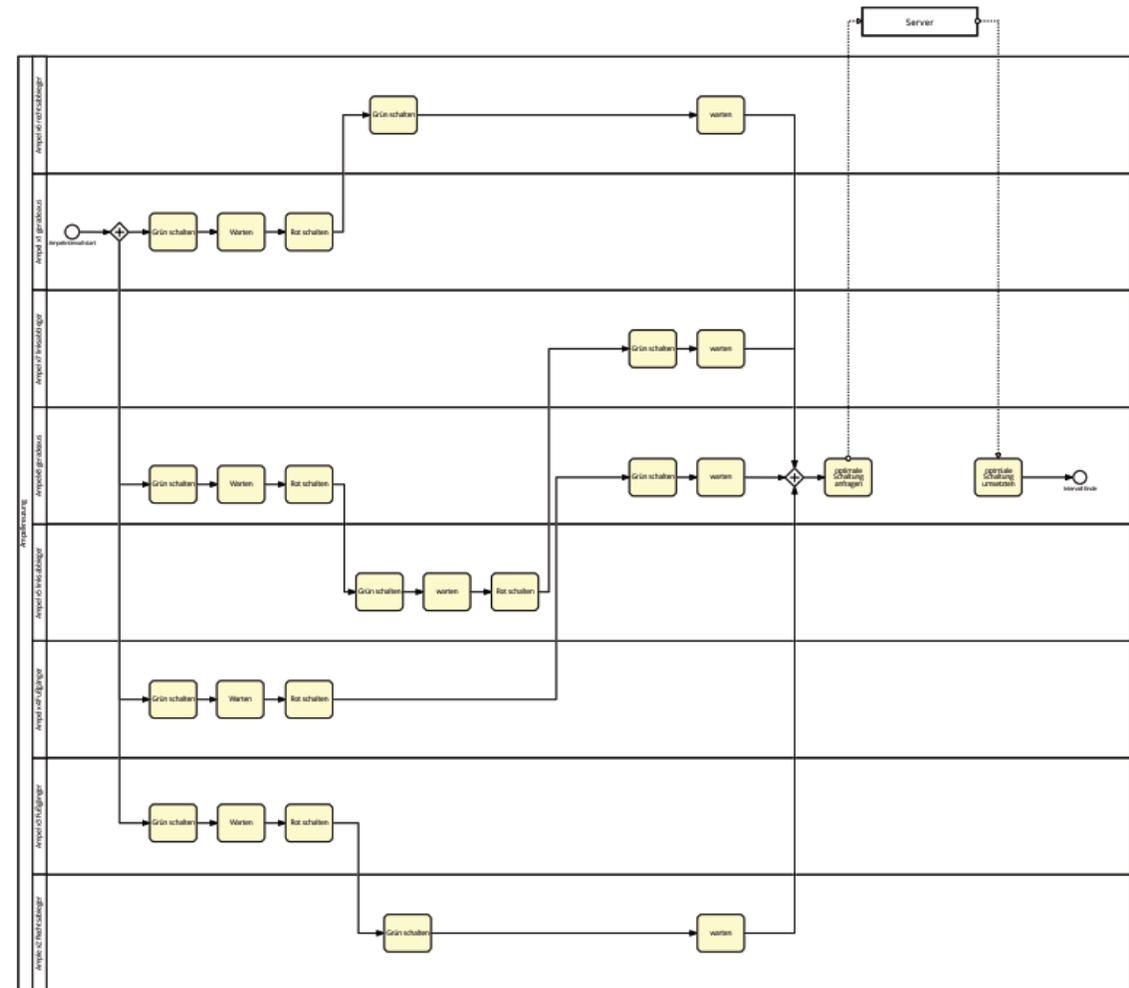
Interrupt durch Sensor X... → Umschalten in Zustand ...

Sensor	Zustand	Zustand Nr.:	
TASTER X3T (Fußgänger Ampel x3)	D	4	$= x3 + x6 + x7 + x8$ [soll hohe Prio haben: X3T = true → max. 1 vorheriger Zyklus darf laufen bis auf Zustand D geschaltet wird]
TASTER X4T (Fußgänger Ampel x4)	E	5	$= x1 + x2 + x4 + x8$
LICHTSCHRANKE X1L (Automessung an x1)	E	5	$= x1 + x2 + x4 + x8$
LICHTSCHRANKE X2L (Automessung an x2)	C	3	$= x2 + x6 + x7 + x8$
LICHTSCHRANKE X5L (Automessung an x5)	F	6	$= x2 + x5 + x6$
LICHTSCHRANKE X6L (Automessung an x6)	B	2	$= x3 + x5 + x6$
LICHTSCHRANKE X7L (Automessung an x7)	D	4	$= x3 + x6 + x7 + x8$
LICHTSCHRANKE X8L (Automessung an x8)	A	1	$= x1 + x3 + x4 + x8$

Konzeptionsphase

3. Abfolge der Schaltung festlegen (4/4)

Die Konzeptionsphase endet mit der Erstellung eines BPMN-Diagramms, welches als Vorlage für den Code dient



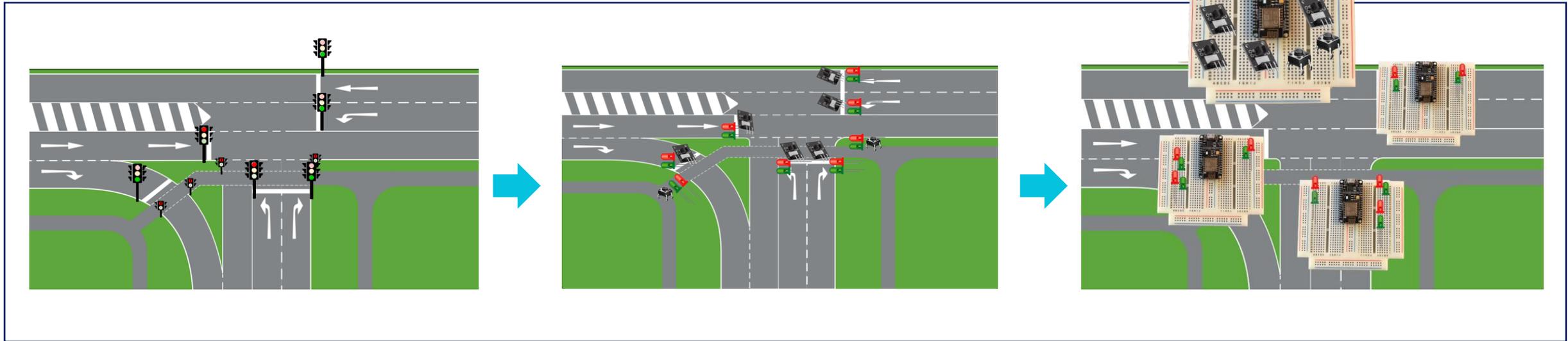
(BPMN-Diagramm wird in höherer Auflösung separat geliefert)

Gliederung

1. Geschäftsmodell
2. Szenario / Aufgabenstellung
3. Lösungskonzept
 - a) Konzeptionsphase
 - b) Umsetzungsphase**
4. Architektur
5. Besonderheiten
6. Leistungsaufstellung

Umsetzungsphase

4. Zusammenbau der Hardware und Erstellung des Codes

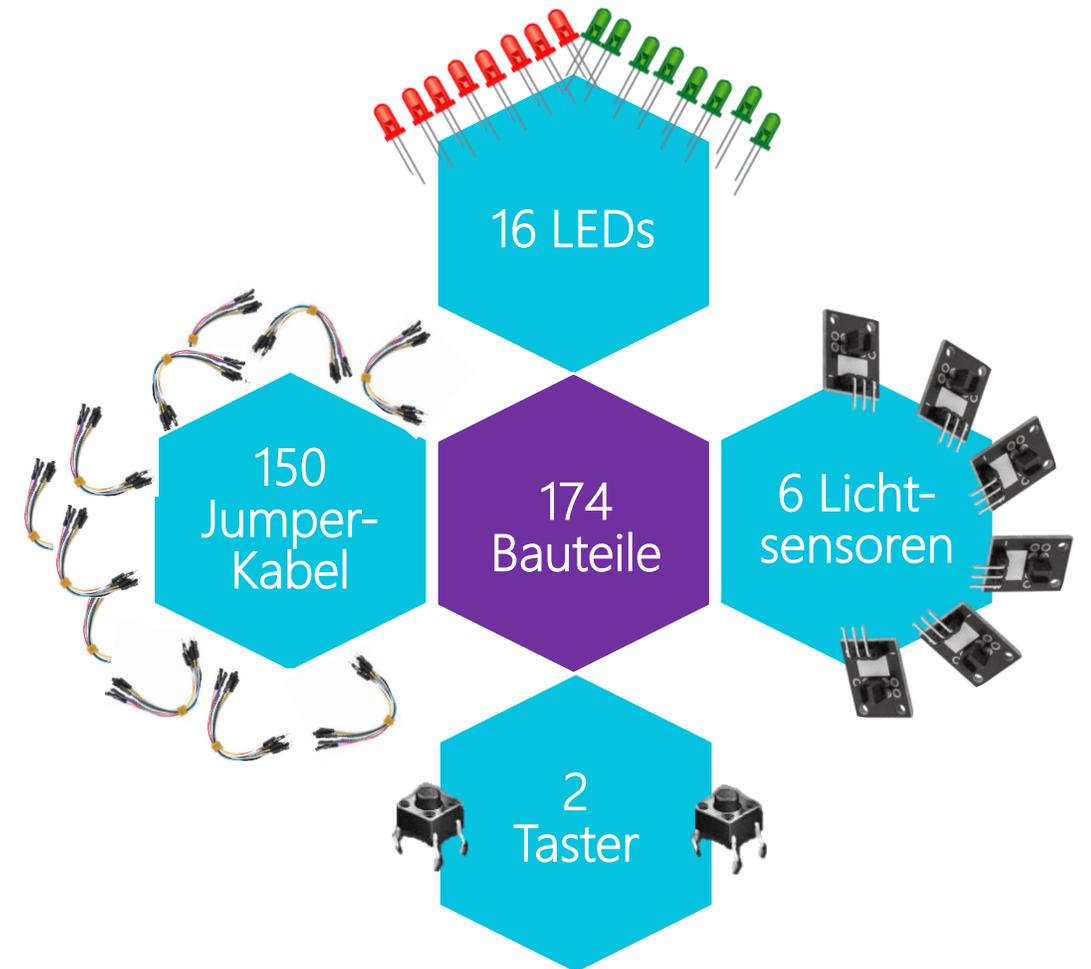
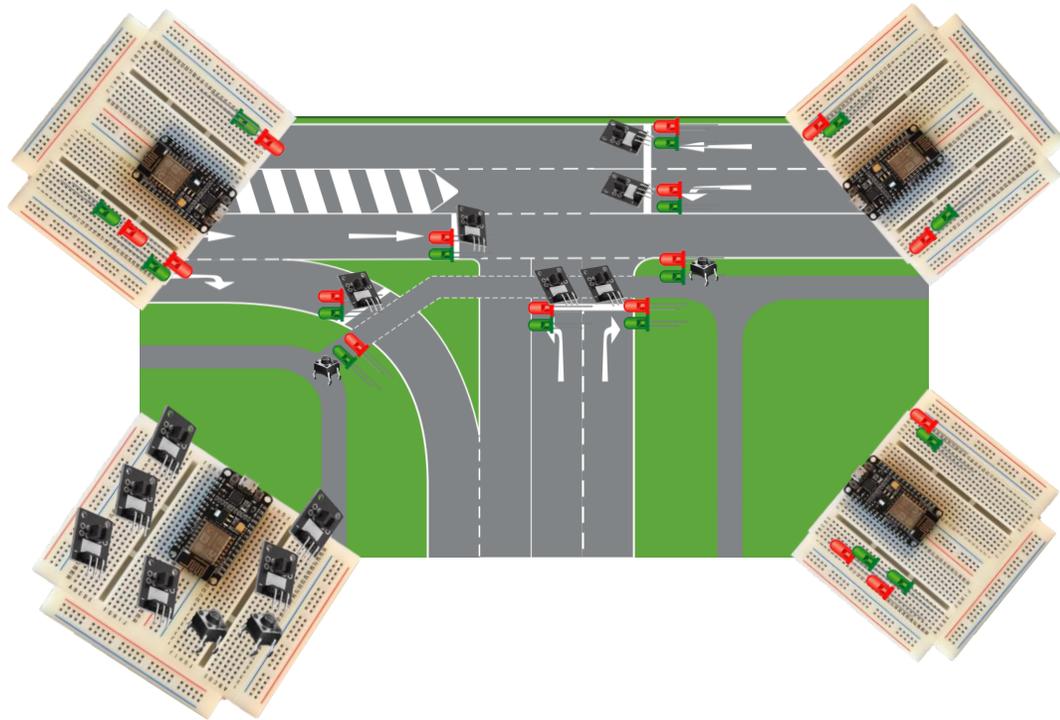


Bemerkungen:

- Auf gelbe LEDs kann verzichtet werden, da sie für die weitere Logik keine entscheidende Rolle spielen
- Eine Fußgängerampel zeigt auf beiden Straßenseiten stets dasselbe an, daher wurde sich zur Vereinfachung pro Fußgängerüberweg für nur eine Ampel entschieden

Umsetzungsphase

4. Zusammenbau der Hardware und Erstellung des Codes – Übersicht Komponenten



Umsetzungsphase

4. Zusammenbau der Hardware und Erstellung des Codes – Belegungsplan digitaler Pins

Arduino LINKS

```
#define ROTX1 16 // Port D0
#define GRUENX1 5 // Port D1
#define ROTX2 2 // Port D4
#define GRUENX2 14 // Port D5
#define ROTX3 13 // Port D7
#define GRUENX3 15 // Port D8
```

MAIN-Arduino

```
#define LIX1 16 // Lichtschranke für x1 an Port D0
#define LIX2 5 // Lichtschranke für X2 an Port D1
#define TAX3 4 // Taster für X3 an Port D2
#define TAX4 0 // Taster für X4 an Port D3
#define LIX5 2 // Lichtschranke für X5 an Port D4
#define LIX6 14 // Lichtschranke für X6 an Port D5
#define LIX7 12 // Lichtschranke für X7 an Port D6
#define LIX8 13 // Lichtschranke für X8 an Port D7
```

Arduino RECHTS

```
#define GRUENX7 12 //Port D6
#define ROTX7 14 //Port D5
#define GRUENX8 0 //Port D3
#define ROTX8 4 //Port D2
```

Arduino UNTEN

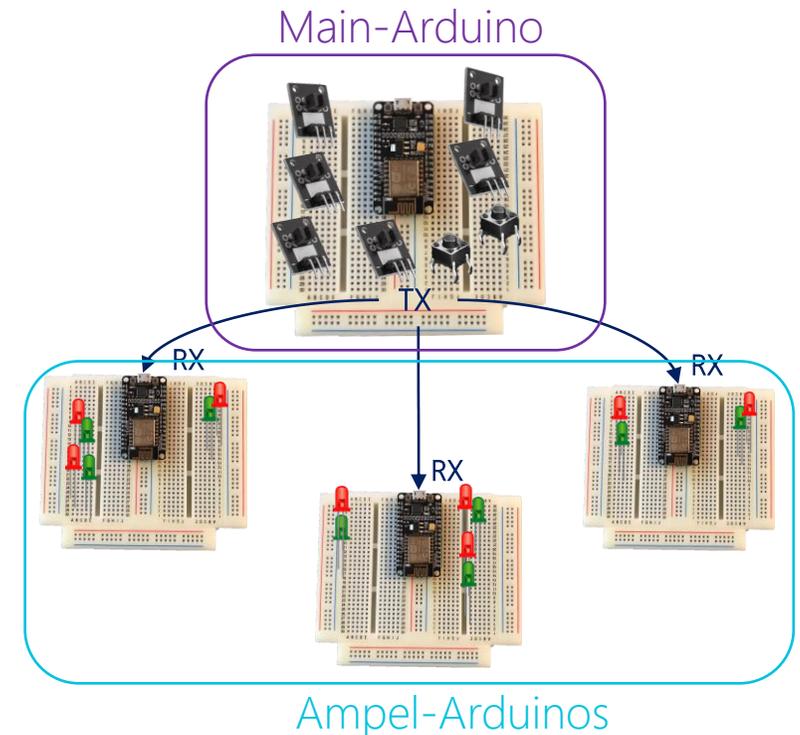
```
#define ROTX4 16 // Port D0
#define GRUENX4 5 // Port D1
#define ROTX5 2 // Port D4
#define GRUENX5 14 // Port D5
#define ROTX6 13 // Port D7
#define GRUENX6 15 // Port D8
```

Umsetzungsphase

4. Zusammenbau der Hardware und Erstellung des Codes

- Main-Arduino enthält die Hauptlogik
 - misst die Sensorwerte (Lichtschranken & Taster)
 - prüft auf einen Interrupt
 - berechnet den nächsten Ampelzustand und gibt ihn an die „Ampel-Arduinos“ weiter
- Ampel-Arduinos empfangen den jeweiligen Ampelzustand und schalten die entsprechenden Ampeln um

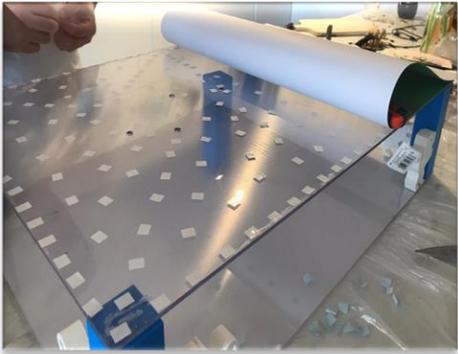
Mehr Details im Kapitel 4. Architektur



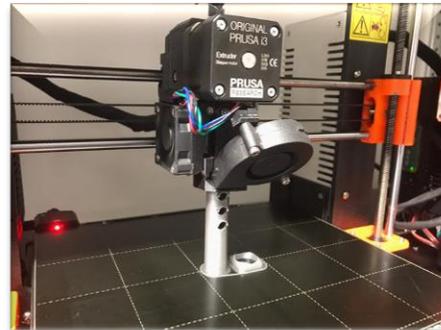
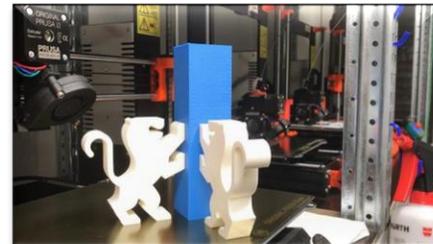
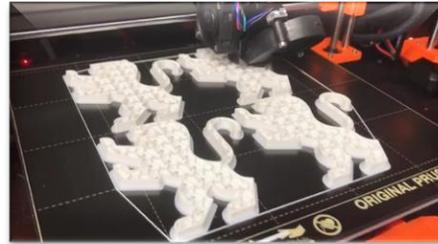
Umsetzungsphase

5. Kreuzung inkl. Straßenlandschaft als physisches Modell bauen

PVC-Platte als Untergrund



3D-Druck *Stützbalken - RWU-Löwen - Ampeln - Werbetafel*



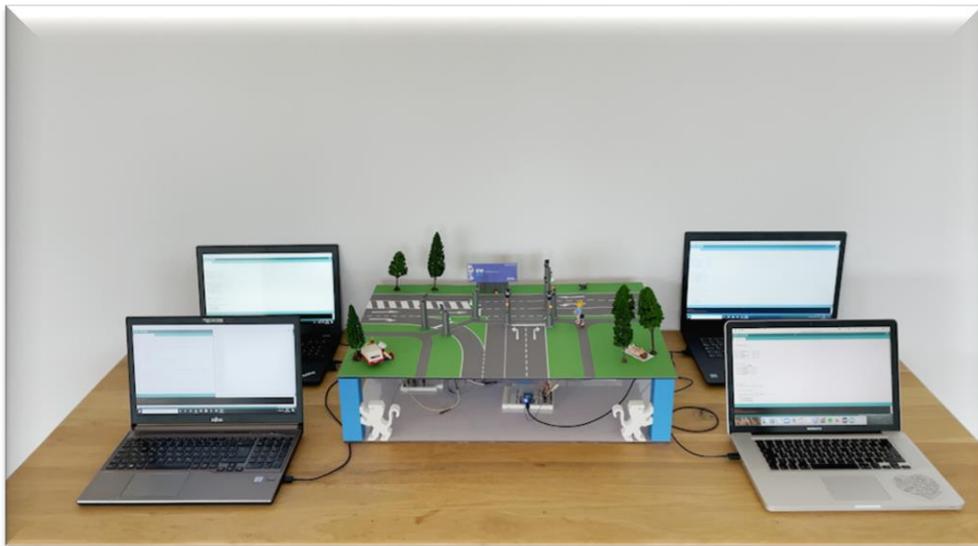
„Spielzeuge“



Umsetzungsphase

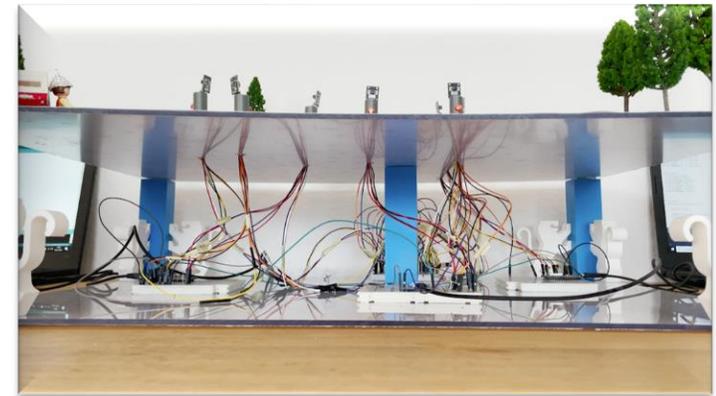
5. Kreuzung inkl. Straßenlandschaft als physisches Modell bauen

Endergebnis



← „Frontend“

„Backend“ →



Umsetzungsphase

6. Visualisierung der Sensorwerte in Thingsboard (1/2)

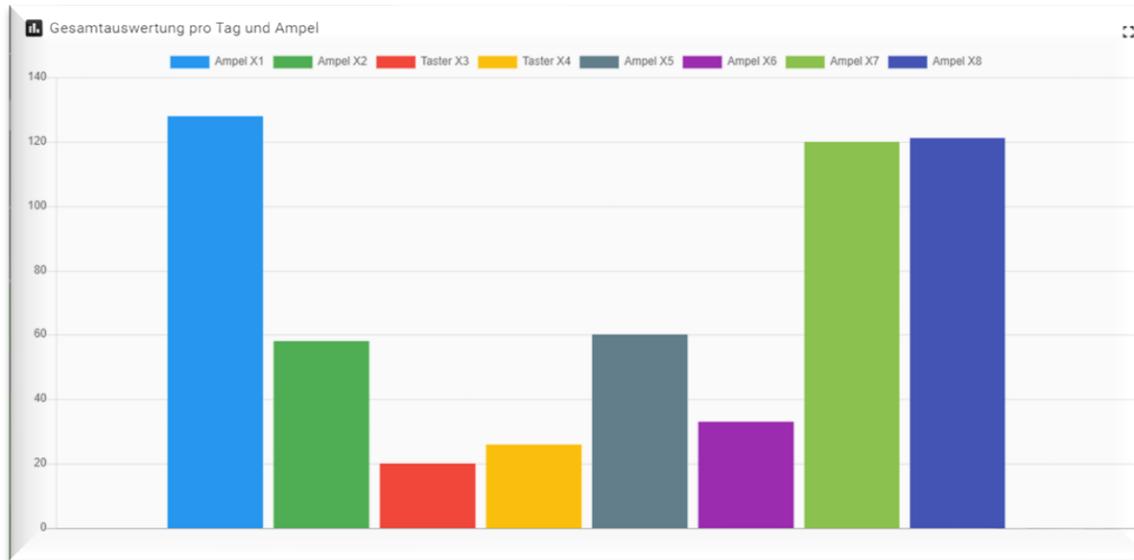


Aggregierte Werte über die
gesamte Verkehrsauslastung
pro Tag je Ampel

Für jedes Device wurde ein
separates Device-Profil angelegt

Umsetzungsphase

6. Visualisierung der Sensorwerte in Thingsboard (2/2)



*Erkenntnisse → Optimierung

- Beispiel 1:
An Ampel X1, X7 und X8 warten im Schnitt mit Abstand die meistens Autos → Ampelzyklus verlängern, häufiger grün schalten oder Straße zweispurig ausbauen
- Beispiel 2:
Während des Rutenfests benutzen viele Autofahrer die Ampel X2 → für den Zeitraum des Rutenfests werden die Ampelzyklen, in welchen X2 grün ist von 30 auf 40 Sekunden erhöht

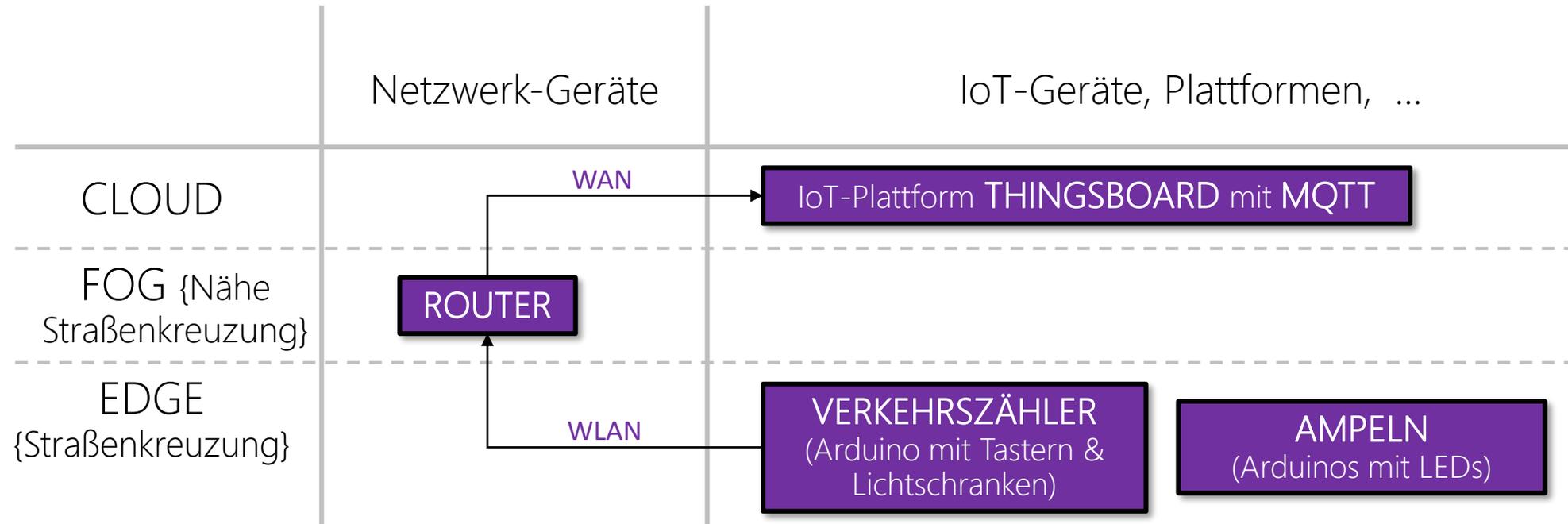
→ Erkenntnisse nutzen, um Ampelschaltung langfristig zu optimieren*

→ Teil unserer Einnahmequelle (Datenauswertung & Umprogrammierung)

Gliederung

1. Geschäftsmodell
2. Szenario / Aufgabenstellung
3. Lösungskonzept
4. Architektur
5. Besonderheiten
6. Leistungsaufstellung

Architektur – auf einen Blick



Architektur – im Detail

VERKEHRSZÄHLER

Arduino mit Lichtschranken & Tastern

Hardware

- 1 Arduino, 2 Taster, 6 Lichtschranken

Software

- Funktionen:
 - o Messung der Sensorwerte (Anzahl der Lichtschrankenunterbrechungen bzw. Taster-Betätigungen)
 - o Berechnung und Übertragung des nächsten Schaltzustandes an die Ampeln (Arduinos mit LEDs)
 - o Übertragung der Sensorwerte an Thingsboard nach jedem Schalt-Zyklus
- Workflows: siehe BPMN-Modell

Daten

- Erfassung und Verarbeitung der Echtzeitdaten

M2M-Kommunikation

- MQTT [für Thingsboard]
- RX / TX Ein- und Ausgänge [für Ampel-Arduinos]

AMPELN

Arduinos mit LEDs

Hardware

- 3 Arduinos, 8 rote LEDs, 8 grüne LEDs

Software

- Funktionen: Empfangen von Zuständen und Ein- / Ausschalten der entsprechenden LEDs
- Workflows: wenn Zustand X empfangen wird, dann schalte die Ampeln A, B, C und D auf grün, den Rest rot (Beispiel)

Daten

- Eingang der Echtzeitdaten in Form von Zuständen → werden nicht dauerhaft gespeichert

M2M-Kommunikation

- RX / TX Ein- und Ausgänge

Architektur

IoT-Plattform THINGSBOARD mit MQTT

Hardware

- Browserfähiges Endgerät

Software

- Dienste: IoT-Plattform Thingsboard
- Funktionen: Empfangen und Visualisieren von Sensorwerten

Daten

- Speicherung und Anzeige der Echtzeitdaten (Anzahl der einzelnen Lichtschrankenunterbrechungen und Taster-Betätigungen)

M2M-Kommunikation

- HTTP (für Weboberfläche)
- MQTT (für Arduino)

ROUTER

Software

- Funktionen: Herstellen der Internetverbindung

Gliederung

1. Geschäftsmodell
2. Szenario / Aufgabenstellung
3. Lösungskonzept
4. Architektur
5. Besonderheiten
6. Leistungsaufstellung

Besonderheiten

- Magnetsensoren für die Zählung der Autos wäre realitätsnaher, jedoch für unser Projekt zu unsensibel → auf Lichtschranken ausgewichen
- Taster waren aufgrund ihrer Sensibilität unbrauchbar für unser Projekt → neue Taster gekauft (KY-004)
- Jumper-Kabel zu „sperrig“ für die 3D-modellierte Ampel → Entfernen des Plastikschatzes und Löten der LEDs an den Draht des Jumper-Kabels
- Nicht genügend digitale Pins vorhanden → Aufteilung der Komponenten auf 4 Arduinos
- 150 Jumper-Kabel in Verwendung; sehr unübersichtlich → mit Kreppband zusammengehörige Kabel zusammengeklebt und beschriftet
- Inbetriebnahme der Ampelsimulation („Betriebsanleitung“):
 1. Sicherstellen, dass am Main-Arduino alle GND- und TX-Verbindungen, sowie der VIN-Port nicht mehr angeschlossen sind
 2. Code auf Main-Arduino laden (zuvor im Code WLAN-Verbindungsdaten anpassen)
→ nach dem Hochladen das VIN-Kabel (orange) wieder am Main-Arduino einstecken
 3. Codes auf Ampel-Arduinos laden
→ nach dem Hochladen die GND- und TX-Verbindungen wieder zusammenstecken

Gliederung

1. Geschäftsmodell
2. Szenario / Aufgabenstellung
3. Lösungskonzept
4. Architektur
5. Besonderheiten
6. Leistungsaufstellung

Leistungsaufstellung

Dominik Ibele



Lena Jäger



Arbeitspaket(e)	Bearbeitet von
Thema, Idee, Konzept,...	Ibele, Jäger, Reichart, Wehrwein
Modellierung Straßenlandschaft	Jäger
Geschäftsmodell, Personas	Jäger
BPMN-Diagramm	Reichart
Hardware	Ibele, Jäger, Reichart, Wehrwein
Coding	Ibele, Jäger, Reichart, Wehrwein
3D-Druck	Jäger, Wehrwein
Thingsboard	Wehrwein
Videoerstellung	Jäger
Präsentationserstellung	Ibele, Jäger, Reichart, Wehrwein
Dokumentationserstellung	Wehrwein



Florian Reichart



Cindy Wehrwein