

Masterarbeit – Kolloquium

Konzeption und Entwicklung eines universellen Sensor-
und Aktuatorsystems für Smart Gardening

Max Henning Junghans

15.11.2024

Motivation und Analyse

Motivation

Demografie



Schonung
von
Ressourcen



Begrünung
der Städte



Steigerung
der Erträge

[1 - 4]

Definition Smart Gardening

- Analysieren - Sensorik
- Automatisieren - Aktuatorik
- Optimieren - Sensorik und Aktuatorik

Zielgruppe



- Hobbygärtner
 - Wenig Geld
 - Leidenschaft
 - Kleine Flächen
-



- Professionelle Gärtner
 - Profitorientiert
 - Mittlere Flächen
-



- Landwirte
- Profitorientiert
- Große Flächen

Gartenarten



[8 - 15]

Gartenelemente



[16 - 31]

Gartenelemente - Messwerte

	Temperatur	Wetter	Feuchtigkeit	Schädlinge	Stickstoff	Phosphor	Licht	pH-Wert	Pegel	Gewicht	RFID
Rasen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Beet	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Baum	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Pflanzentopf	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Gewächshaus	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓
Regentonne	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗
Brunnen	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗
Gartenteich	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗
Pool	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Gartenhaus	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓
Gehege / Stall	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Bienenstock	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓
Kompost	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗

Gartenelemente - Aktionen

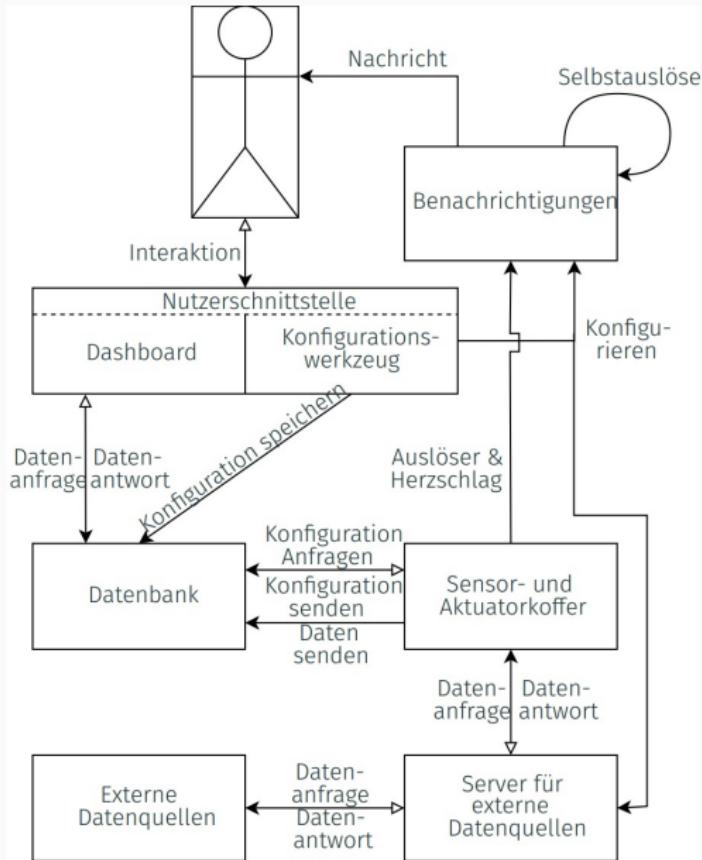
	Benachrichtigung	Bewässerung	Düngung	Schädlinge	Fütterung	Tränkung	Wasserqualität	Lüftung	Luftbe-/entfeuchtung	Heizung
Rasen	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Beet	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Baum	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Pflanzentopf	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Gewächshaus	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓
Regentonnen	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Brunnen	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Gartenteich	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗
Pool	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Gartenhaus	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Gehege / Stall	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓
Bienenstock	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Kompost	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Ziel der Arbeit

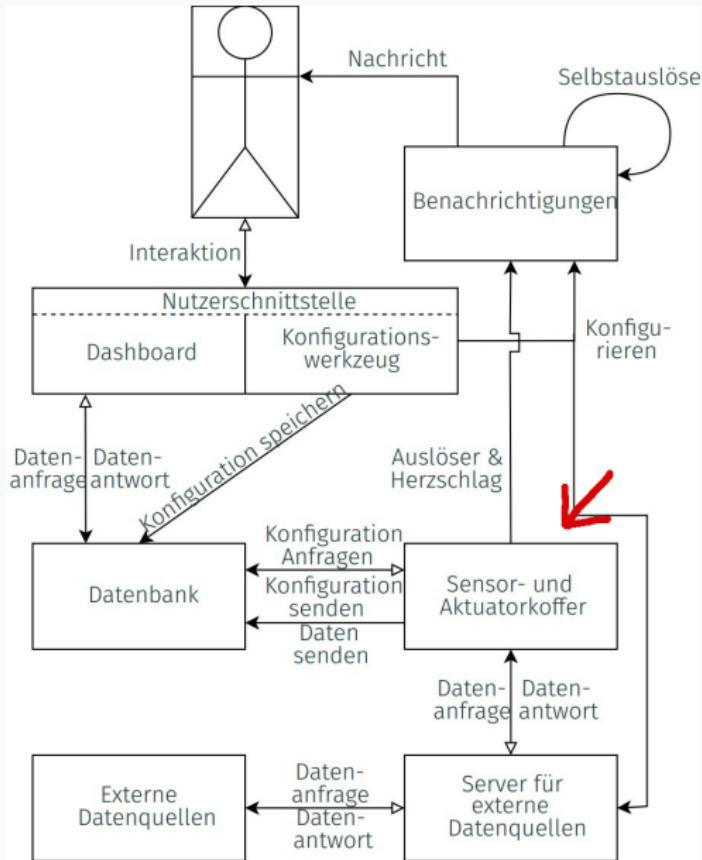
- Smart Gardening
 - Analyse, Automatisierung und Optimierung des Gartens
- Universell
 - Heterogenes Umfeld
 - Flexibler Einsatz
- Erschwinglich
 - Bestehende Systeme sind teuer
 - Hobbygärtner haben wenig Geld

Konzeption

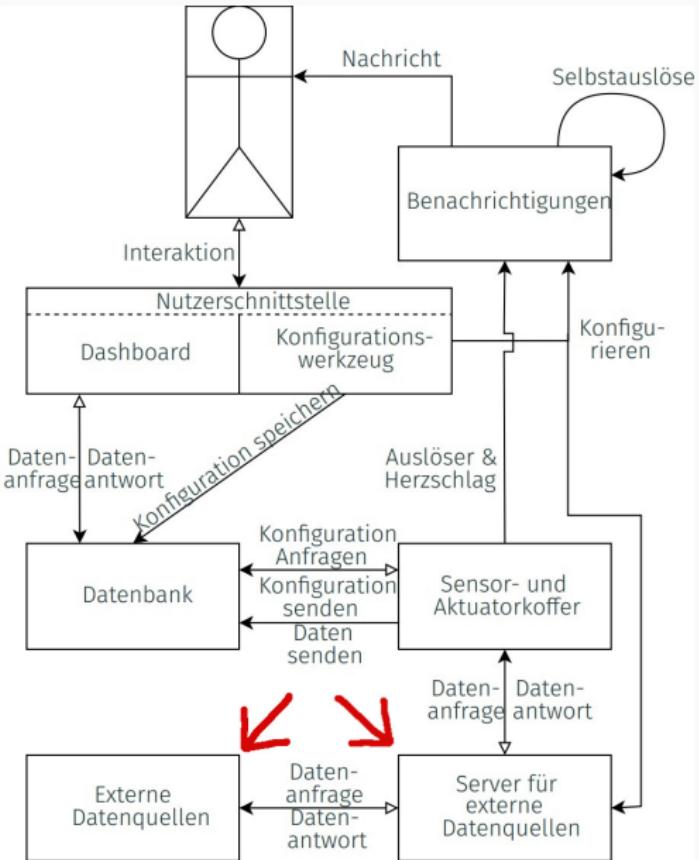
Systemkonzept



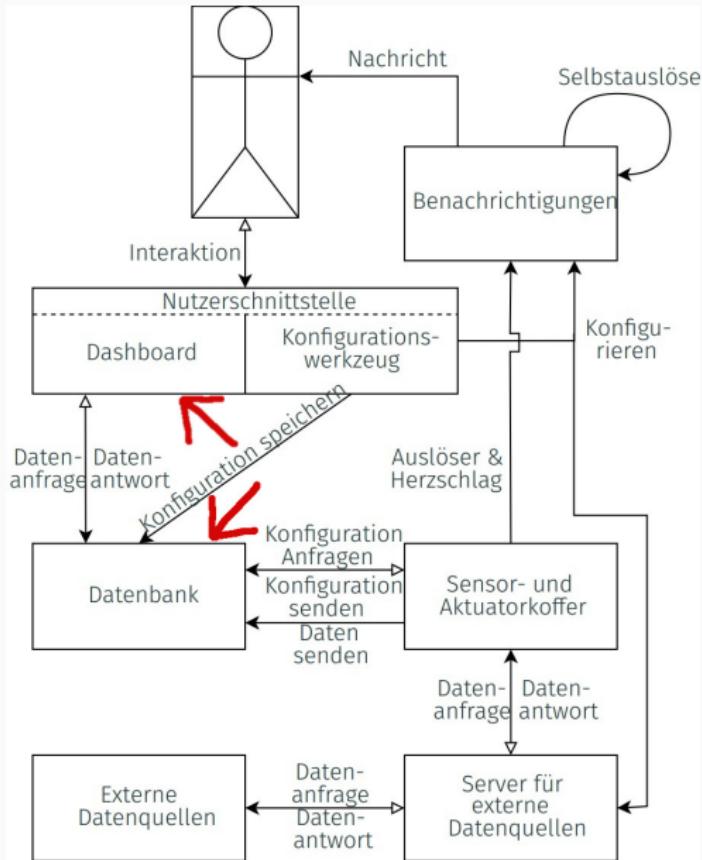
Systemkonzept



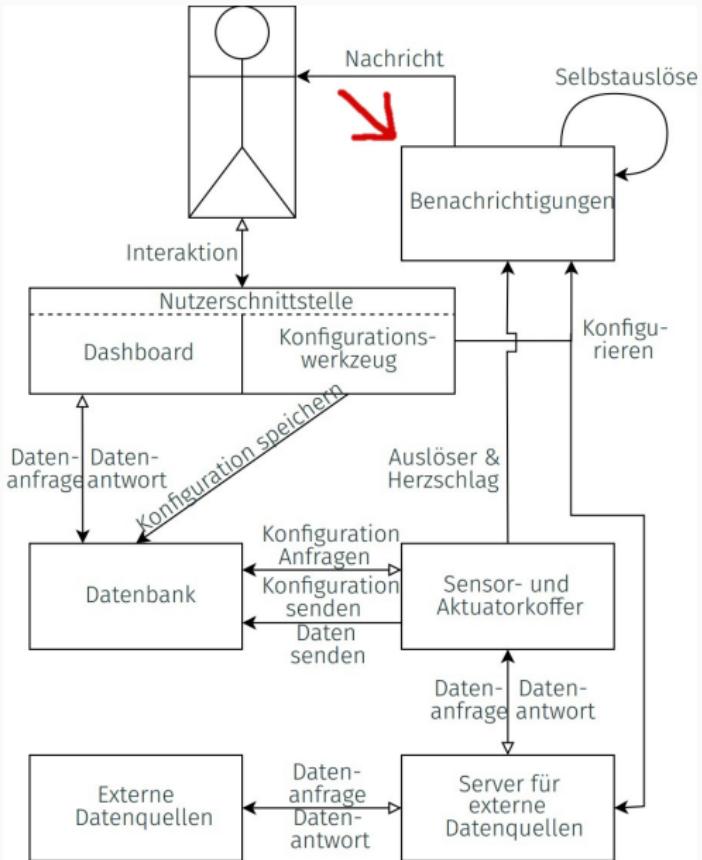
Systemkonzept



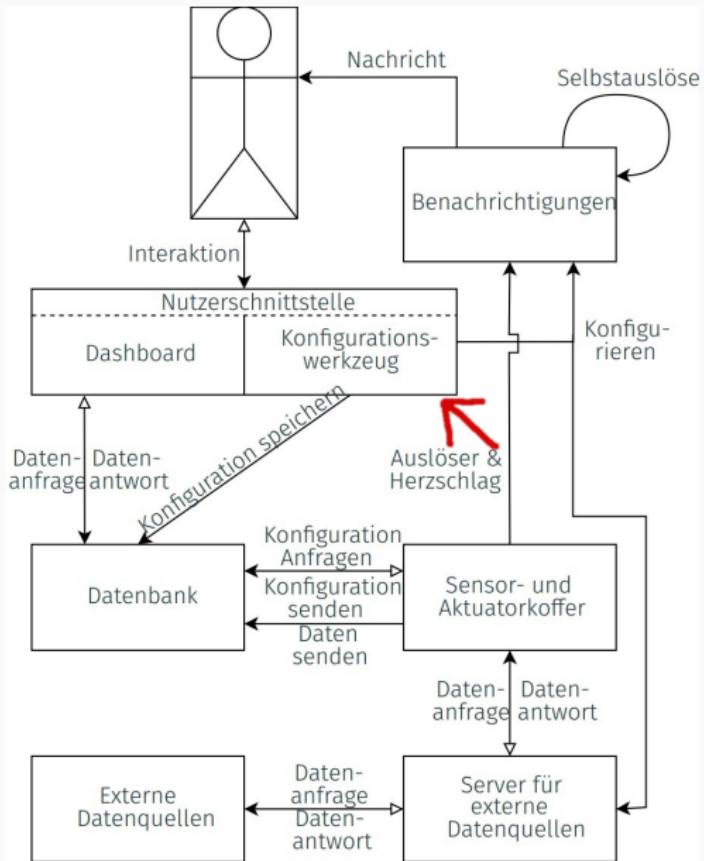
Systemkonzept



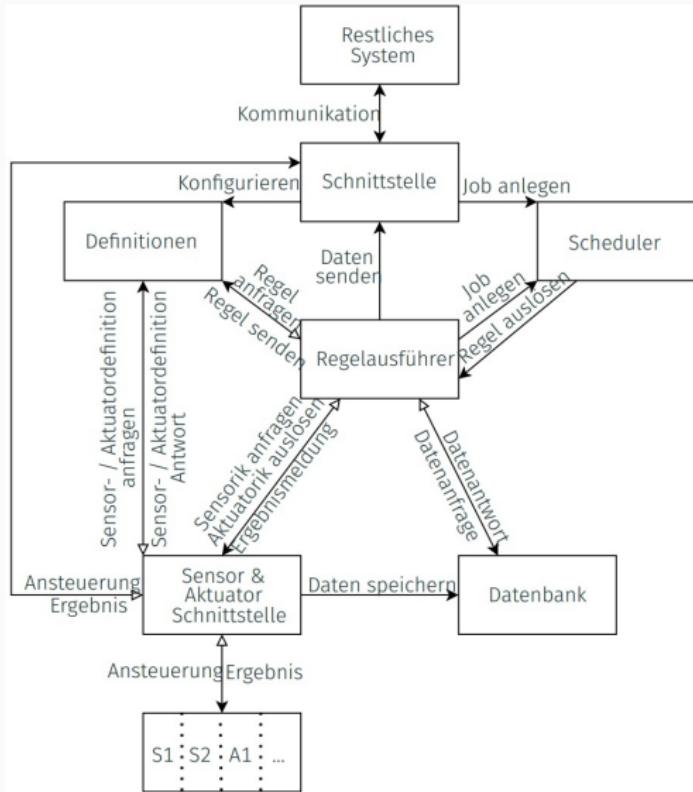
Systemkonzept



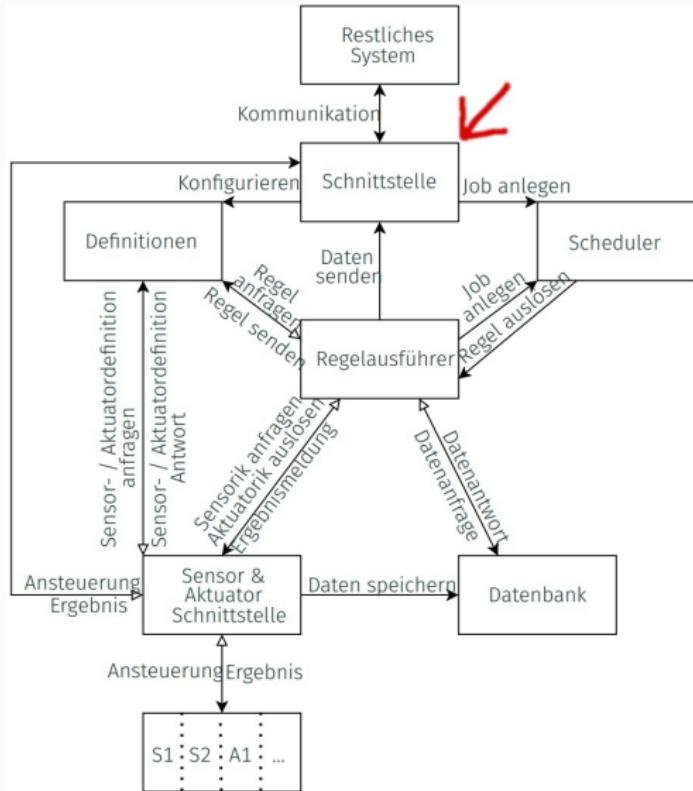
Systemkonzept



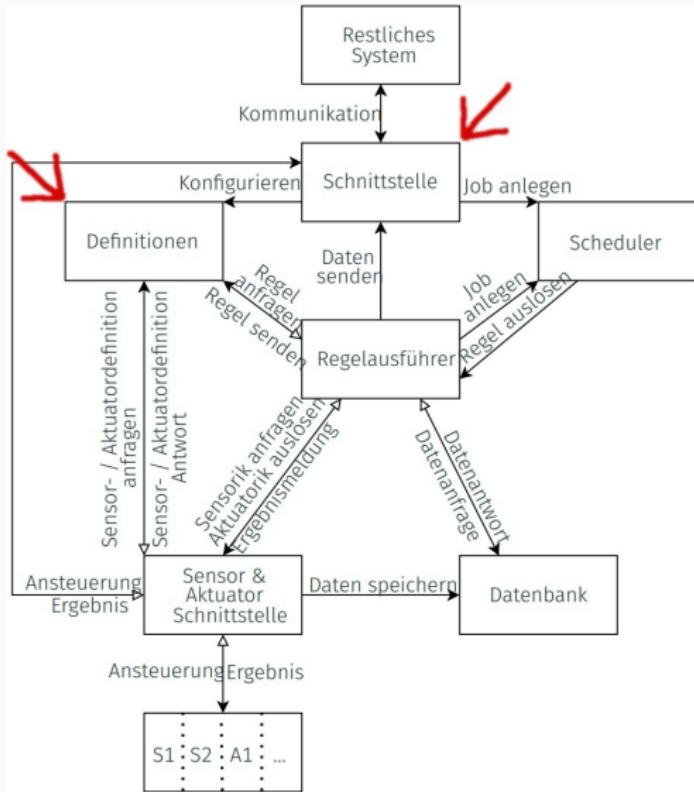
Kofferkonzept



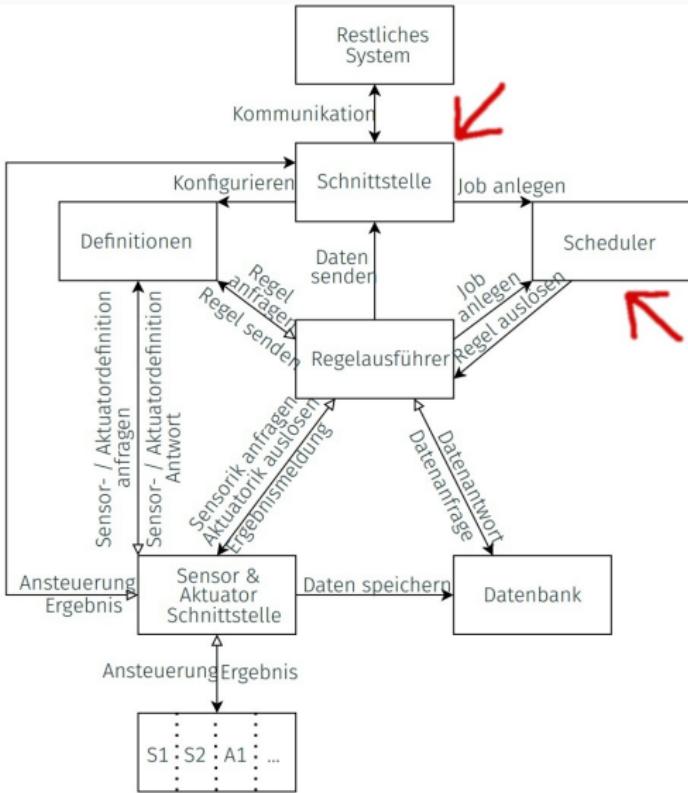
Kofferkonzept



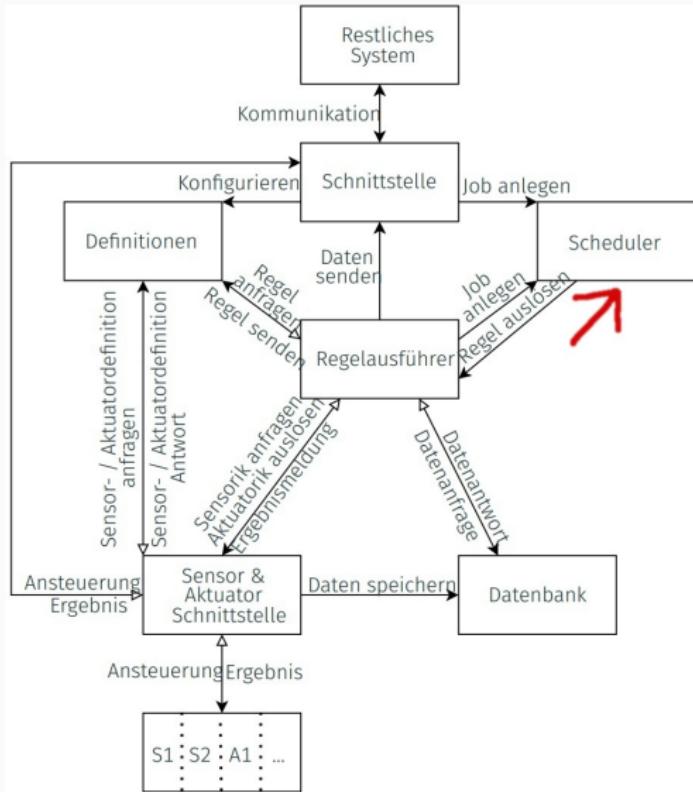
Kofferkonzept



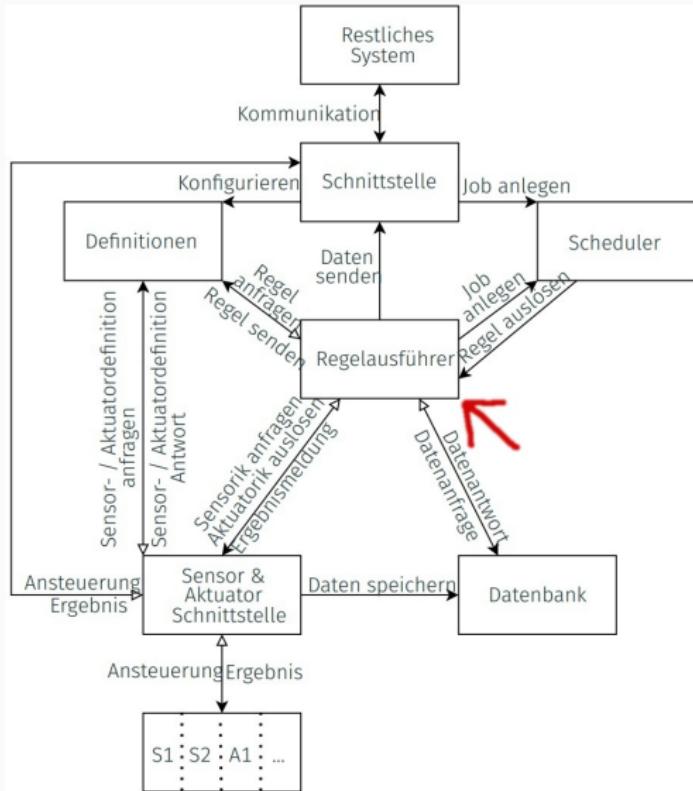
Kofferkonzept



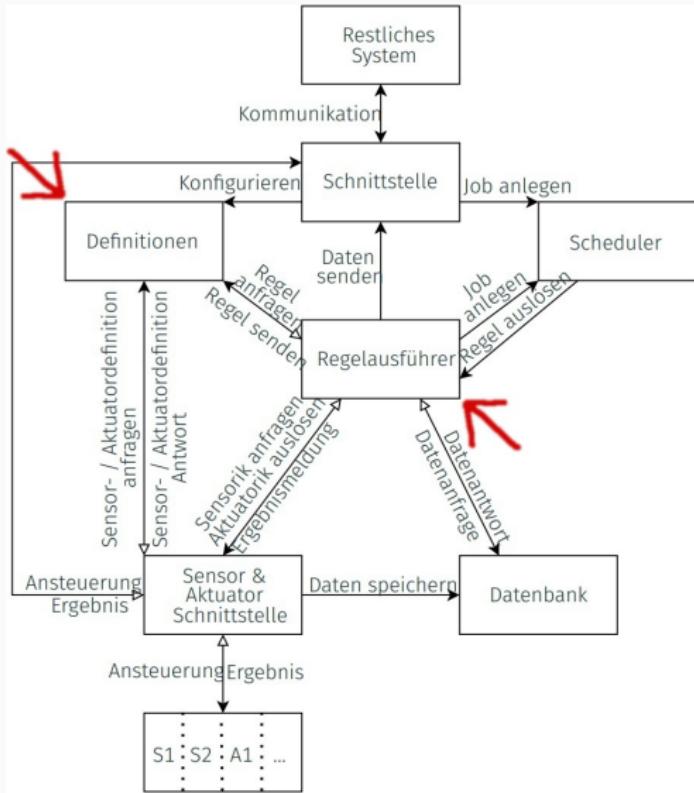
Kofferkonzept



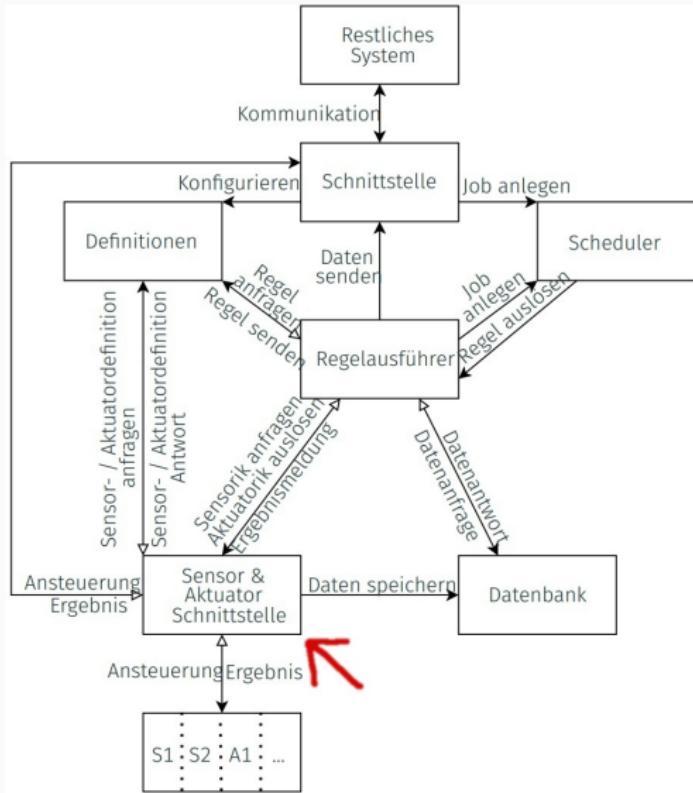
Kofferkonzept



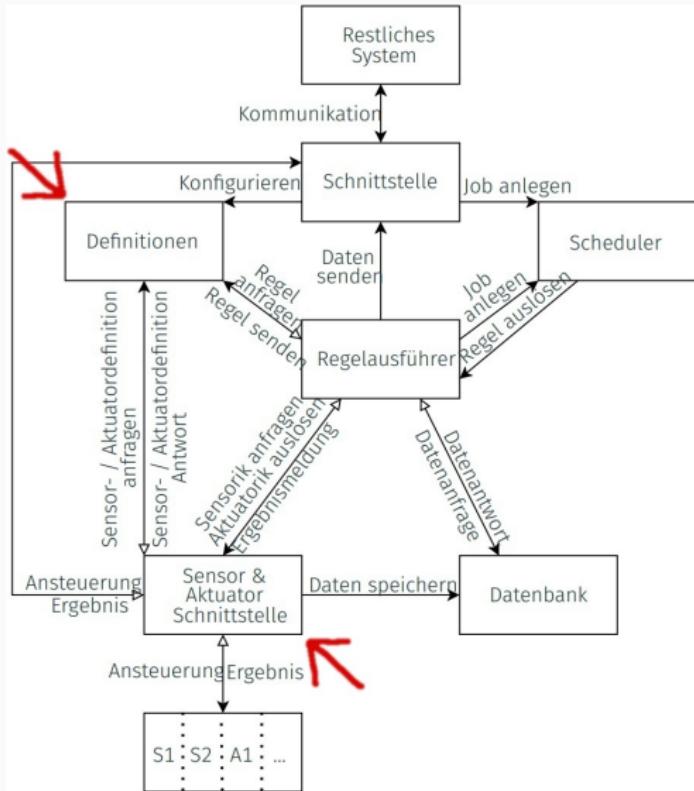
Kofferkonzept



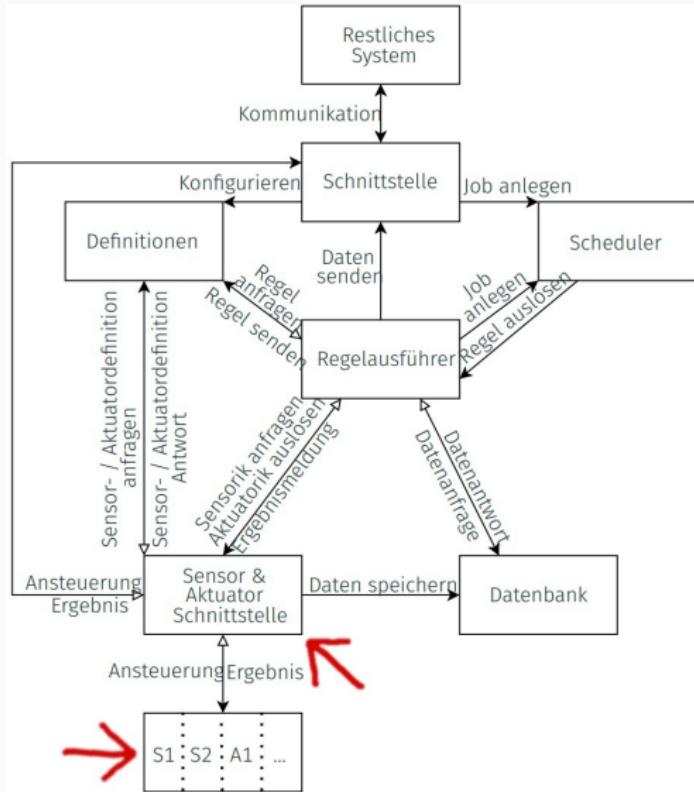
Kofferkonzept



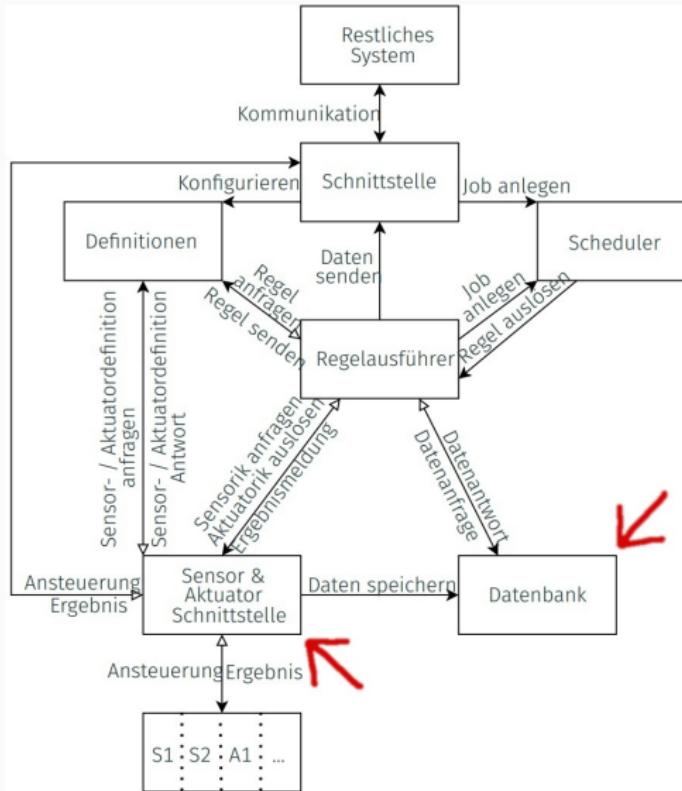
Kofferkonzept



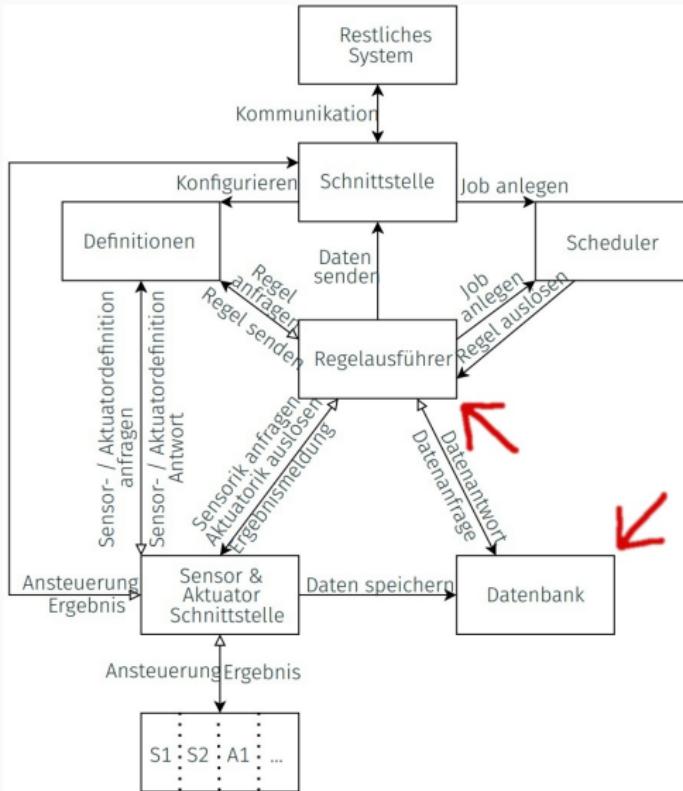
Kofferkonzept



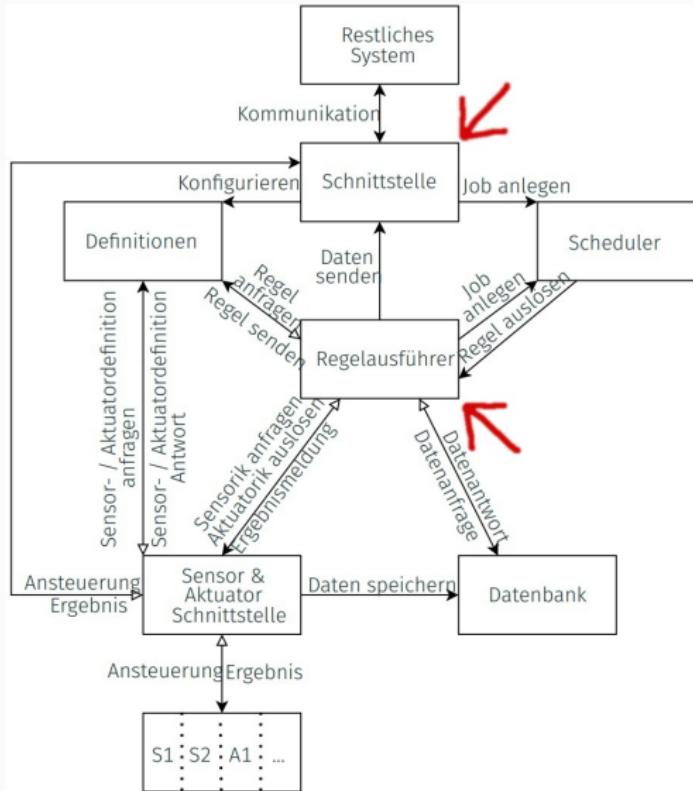
Kofferkonzept



Kofferkonzept



Kofferkonzept



Implementierung

Livedemo

Auszug aus dem Definitionsformat: Sensoren

```
1 "sensors": {  
2     "s_temperature": {  
3         "name": "Temperature of the shed in degrees  
4             Celsius",  
5         "type": "I2C",  
6         "i2c_address": "0x77",  
7         "actions": [...],  
8         "msb_first": false,  
9         "factor": 0.0095105250,  
10        "offset": -273.15  
11    },  
12    "s_weather": {  
13        "name": "Weather",  
14        "type": "network"  
15    }  
16}
```

Fazit und zukünftige Arbeiten

Fazit

- Modulares und erweiterbares Konzept
- Universelle Unterstützung von Sensorik und Aktuatorik
- Prototyp zeigt Machbarkeit und Erschwinglichkeit

Zukünftige Arbeiten

- Mehr Schnittstellen
- Mikrocontroller statt Raspberry Pi
- Mehr Kommunikationsschnittstellen (LoRaWAN)
- Sicherheit
- Komplexere Messwertkorrektur
- Tiefergehende Datenanalysemöglichkeiten

Fragen?

Analyse

Funktionale Anforderungen

- Messung mittels Sensoren
- Konfiguration des Systems
- Regeldefinition
- Dashboard mit digitalem Zwilling basierend auf den Messwerten und Aktionen
- Steuerung von Aktuatoren
- Autonomer Betrieb
- Benachrichtigung des Nutzers

Nicht funktionale Anforderungen

- Preis
- Schutz vor den Elementen
- Nutzerfreundliche Bedienung
- Sicherheit (Datenintegrität, Datenschutz, Angriffssicherheit)
- Sparsamer Energieverbrauch
- Verfügbarkeit des Systems
- Einfache Wartbarkeit
- Visuelle Unauffälligkeit

Gartenarten - Zeugs

Garten	Strom	Wasser	Internet
Balkongarten	Teilweise	Selten	PAN, LAN, WAN
Gewächshaus	Selten	Selten	WAN
Vorgarten	Selten	Selten	PAN, LAN, WAN
Kleingarten	Teilweise	Teilweise	WAN
Hintergarten	Teilweise	Häufig	WAN
Großer Garten	Selten	Teilweise	WAN
Landschaftsgarten	Selten	Selten	WAN
Konventionelle Landwirtschaft	Selten	Selten	WAN

Gartenarten und Gartenelemente

	Balkongarten	Gewächshaus	Vorgarten	Kleingarten	Hintergarten	Landschaftsgarten	Landwirtschaft
Rasen	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Beet	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗
Baum	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Pflanzentopf	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Gewächshaus	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗
Regentonne	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Brunnen	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Gartenteich	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗
Pool	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗
Gartenhaus	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗
Gehege / Stall	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓
Bienenstock	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Kompost	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗

Stand der Technik

Erfüllung funktionaler Anforderungen

	Messung	Konfiguration	Regeldefinition	Dashboard	Steuerung	Autonomer Betrieb	Benachrichtigung
<i>IoT-Sensor</i>	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗
<i>Gateway</i>	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
<i>Messkoffer</i>	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Aktivitätsmesskoffer PET 2000	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
<i>Sensor-Hub</i>	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗
Universal Wireless Sensor Node	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗
Loggito Logger	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗
SCAMPI	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗
Smart Garden Hub von GreenIQ	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓
<i>Industrial Remote Monitoring</i>	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Journeo	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓
<i>Industrial Remote Monitoring and Control</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Jain Unity	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓

Erfüllung nicht funktionaler Anforderungen

	Preis	Elementschutz	Nutzerfreundlichkeit	Sicherheit	Energieverbrauch	Verfügbarkeit	Wartbarkeit	Unauffälligkeit
Aktivitätsskoffer	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Loggito Logger	?	✓	✓	✓	X	✓	✓	X
Universal Wireless Sensor Node	✓	X	X	?	✓	✓	✓	✓
SCAMPI	✓	/	✓	✓	/	✓	✓	/
Smart Garden Hub von GreenIQ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	✓
Journeo	X	/	?	✓	/	✓	?	/
Jain Unity	X	✓	?	✓	X	✓	?	X

Implementierung

Configuration

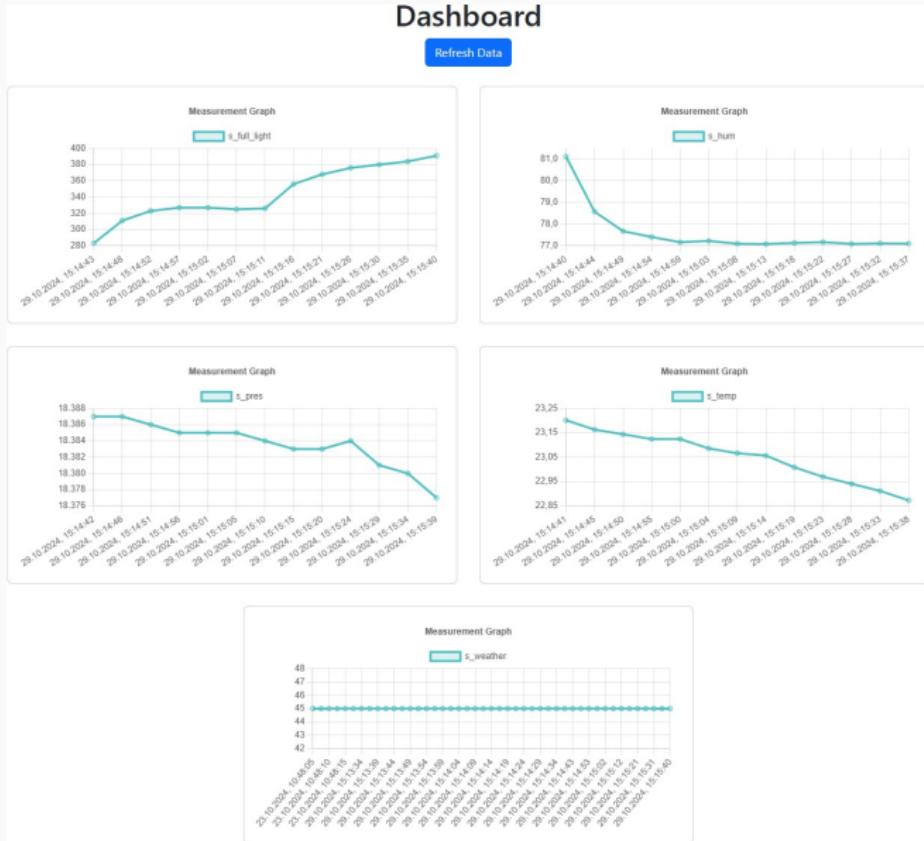
This is the configuration page. Here you can configure the rules for the system.

Datei auswählen

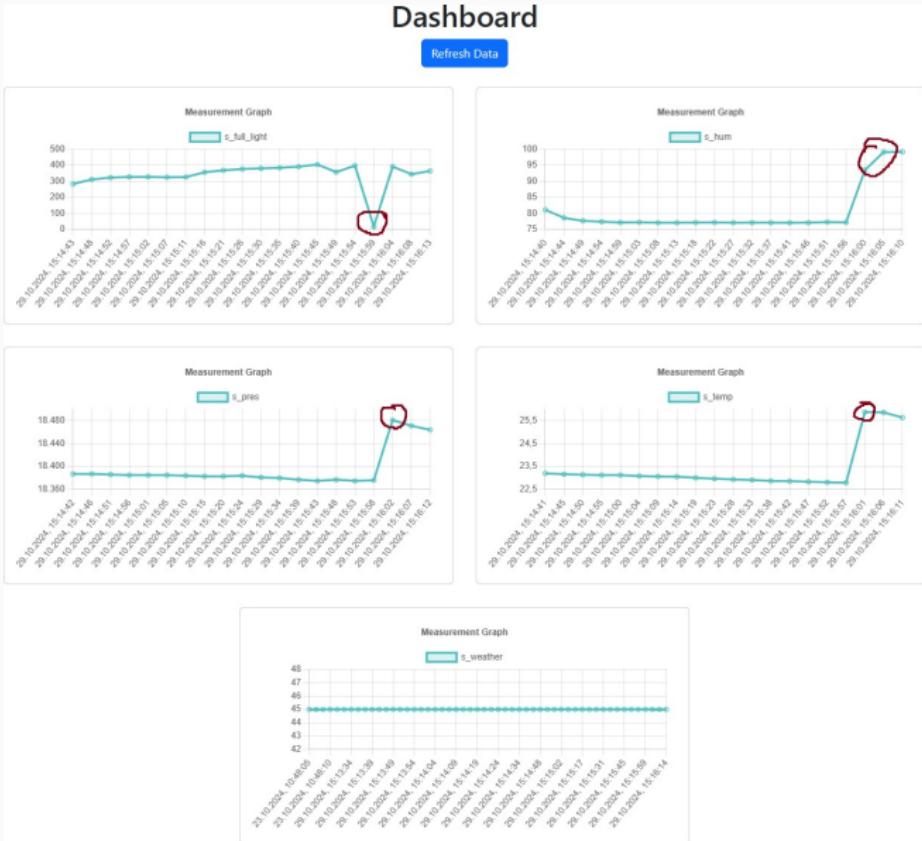
config.json

Submit

Dashboard - Vorher



Dashboard - Nachher



Ganzes Definitionsformat

```
1  {
2    "sensors": {...},
3    "actors": {...},
4    "external": {...}
5    "rules": {...},
6 }
```

Sensoren Definitionsformat

```
1 "sensors": {  
2     "s_temperature": {  
3         "name": "Temperature of the shed in degrees  
4             Celsius",  
5         "type": "I2C",  
6         "i2c_address": "0x77",  
7         "actions": [...],  
8         "msb_first": false,  
9         "factor": 0.0095105250,  
10        "offset": -273.15  
11    },  
12    "s_weather": {  
13        "name": "Weather",  
14        "type": "network"  
15    }  
16}
```

I2C Sensoraktionen Definitionsformat

```
1 "actions": [
2 {
3     "type": "write",
4     "data": ["0xF4", "0b00100101"],
5     "length": 0
6 },
7 {
8     "type": "sleep",
9     "data": [1],
10    "length": 0
11 },
12 {
13     "type": "read",
14     "data": ["0xFA"],
15     "length": 2
16 }
17 ]
```

Externe Datenquellen Definitionsformat

```
1 "external": {  
2     "s_weather": {  
3         "type": "url",  
4         "url": "https://api.open-meteo.com/v1/forecast  
5             ?latitude=52.8342444419322  
6             &longitude=10.704168884802847  
7             &daily=precipitation_probability_max  
8             &timezone=Europe%2FBerlin  
9             &forecast_days=3",  
10        "keys": ["daily",  
11                  "precipitation_probability_max"],  
12        "function": "max",  
13    }  
}
```

Regeln Definitionsformat

```
1 "rules": {  
2     "r_temperature_low": {  
3         "name": "Check for low temperature",  
4         "elements": [...],  
5         "repeating": true,  
6         "repeat_interval": 3600  
7     }  
8 }
```

Regelaktion Definitionsformat

```
1 "elements": [
2 {
3     "name": "Measuring Temperature",
4     "type": "action",
5     "action_type": "notify",
6     "text": "Measuring temperature",
7     "priority": "info"
8 },
9 { ... },
10 { ... },
11 { ... }
12 ]
```

Regelbedingung Definitionsformat

```
1 "elements": [
2     { ... },
3     {
4         "name": "Check temperature level",
5         "type": "condition",
6         "first_argument": {
7             "type": "sensor",
8             "argument": "s_temperature",
9         },
10        "comparison_operator": "greater than",
11        "second_argument": {
12            "type": "constant",
13            "argument": 0,
14        },
15    }
16]
```

```
15 "then": [...],  
16 "else": [  
17 {  
18     "name": "Temperature is freezing",  
19     "type": "action",  
20     "action_type": "notify",  
21     "text": "WARNING: Temperature is freezing",  
22     "priority": "high"  
23 }  
24 ]  
25 },  
26 { ... },  
27 { ... }  
28 ]
```

Messen Regelaktion Definitionsformat

```
1 "elements": [
2     {...},
3     {...},
4     {
5         "name": "Sense rain probability",
6         "type": "action",
7         "action_type": "sense",
8         "sensor_id": "s_weather"
9     },
10    {...}
11 ]
```

Senden Regelaktion Definitionsformat

```
1 "elements": [
2     { ... },
3     { ... },
4     { ... },
5     {
6         "name": "Send temperature level",
7         "type": "action",
8         "action_type": "send",
9         "values_to_send": [
10             "s_temperature", "s_weather"
11         ],
12         "negative_time_offset_start": 8000,
13         "negative_time_offset_end": 0
14     }
15 ]
```

Evaluation

Erfüllte funktionale Anforderungen

Anforderung	Konzept	zu real. System	Prototyp
Messung	✓	✓	✓
Konfiguration	✓	✓	✓
Regeldefinition	✓	✓	✓
Dashboard	✓	✓	✓
Steuerung	✓	✗	✗
Autonomer Betrieb	✓	✗	✗
Benachrichtigung	✓	?	?

Nicht erfüllte funktionale Anforderungen

Anforderung	zu real. System	Prototyp
Preis	✓	✓
Elementschutz	✗	✗
Nutzerfreundlichkeit	✗	?
Sicherheit	✗	?
Energieverbrauch	✗	✗
Verfügbarkeit	✗	✗
Wartbarkeit	✗	✓
Unauffälligkeit	✗	✓

Preis des Prototyps

Bauteil	Preis
Raspberry Pi 4 Modell B mit 4 GB RAM	58,99 €
Raspberry Pi Netzteil	7,79 €
32 GB microSD Speicherkarte	5,75 €
TSL2591	8,80 €
BME280	18,60 €
Qwiic SHIM Header	1,30 €
2 * 50 mm Qwiic	2,30 €
Summe ohne Sensoren und Sensorzubehör	72,53 €
Gesamtsumme	103,53 €

Metrikvergleich der Systeme

System	Preis	Energieeffizienz	Skalierbarkeit
Prototyp	✓	✗	✓
IoT-Sensoren	✓	✓	✓
Gateways	/	/	/
Messkoffer	✗	/	✗
UWSN	/	/	/
Logitto Logger	✗	✗	✓
SCAMPI	/	/	✓
GreenIQ	/	✗	✓
Journeo	✗	✗	✓
Jain Unity	✗	✗	✓

UWSN = Universal Wireless Sensor Node

Quellen

Motivation

- [1]: DALL-E 3 - „Old man with back pain mowing grass“
- [2]: DALL-E 3 - „Woman watering plants in the rain“
- [3]: DALL-E 3 - „City with green roofs where robots care for the plant life“
- [4]: DALL-E 3 - „The tomato plant, heavy with large, ripe tomatoes, thrives under the care of discreet soil sensors monitoring moisture and nutrients. An automatic watering system precisely delivers water, ensuring the plant remains healthy and vibrant.“

Zielgruppe

[5]: DALL-E 3 - „hobby gardener caring for her plants in her backyard, view from the behind and far away“

[6]: DALL-E 3 - „Professional gardener caring for the plants in the park using professional tools, view from behind and far away. The gardener is not the focus of the image“

[7]: DALL-E 3 - „farmer towing a corn field“

[8]: tlcoles, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

[9]: Vanellus Foto, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

[10]: Selso, CC BY-SA 2.5, via Wikimedia Commons

[11]: Sebastian Martin Dicke, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons

[12]: Journey234, Public Domain, via Wikimedia Commons

[13]: peganum, CC BY-SA 2.0, via Wikimedia Commons

[14]: Ingo Rickmann Ricki, CC BY-SA 2.5, via Wikimedia Commons

[15]: Herbert Heim, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons

- [16]: Natubico, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons
- [17]: Johann Jaritz, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons
- [18]: Burkhard Mücke, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons
- [19]: Kcloveclock, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons
- [20]: Martin Bahmann, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons
- [21]: Vanellus Foto, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons
- [22]: Selso, CC BY-SA 2.5, via Wikimedia Commons
- [23]: Pengo, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

- [24]: Naturpuur, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons
- [25]: Acabashi, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons
- [26]: Matthias Wilke, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons
- [27]: Ra Boe, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons
- [28]: Allotmenteer, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons
- [29]: Phil Catterall, CC BY-SA 2.0, via Wikimedia Commons
- [30]: Axel Hindemith, Public Domain, via Wikimedia Commons
- [31]: Mussklprozz, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons