

# ionpy Framework: Erweiterte Architektur-Spezifikation (Vollständig)

Dieses Dokument beschreibt die integrale Architektur-Erweiterung des ionpy-Frameworks. Es dient als verbindliche Grundlage für die Implementierung neuer Entitätstypen, haptischer Steuerungen und geräteübergreifender Automatisierung.

## 1. Dynamische Eingabesynchronisation (Race Condition Schutz)

Um zu verhindern, dass Hintergrund-Polling Benutzereingaben im Frontend überschreibt, wird ein duales Sperrsystem implementiert.

### 1.1 Backend: Mute-Timer (AbstractDevice)

[cite\_start]In der Klasse AbstractDevice (hardware/base.py) wird eine zeitbasierte Sperre pro Entität eingeführt[cite: 117, 120].

- [cite\_start]**Mechanismus:** Ein Dictionary `self._last_command_time: Dict[str, float]` speichert den Zeitpunkt des letzten Schreibbefehls[cite: 11, 54].
- **Logik:**
  - [cite\_start]Sobald `execute_command()` aufgerufen wird, erhält die `entity_id` einen Zeitstempel[cite: 13, 138].
  - [cite\_start]Die Methode `update_entity()` prüft diesen Zeitstempel: Liegt er weniger als **3,0 Sekunden** in der Vergangenheit, wird das Sample verworfen und nicht auf den Bus publiziert[cite: 87, 136].
- **Ziel:** Die Hardware hat Zeit, den Wert intern zu setzen, und der Polling-Loop liest keine "alten" Werte mehr zurück, während der User noch interagiert.

### 1.2 Frontend: Universeller Focus-Lock (JS)

In der Web-UI (settings.html) wird eine automatische Erkennung aktiver Eingabefelder implementiert.

- **Mechanismus:** Nutzung eines `Set()` namens `activeInputs`.
- **Event-Delegation:**
  - `focusin`: Fügt die Element-ID zum Set hinzu.
  - `focusout`: Entfernt die ID nach einer kurzen Verzögerung (ca. 300-500ms).
- **WebSocket-Logik:** Die Funktion `channel.onmessage` prüft vor dem Update eines HTML-Elements, ob dessen ID im Set vorhanden ist. [cite\_start]Falls ja, wird das Update verworfen[cite: 53, 54].

## 2. Strukturierte Daten: TableEntity (Deep Dive)

Die `TableEntity` ist das Herzstück für komplexe Geräteeigenschaften wie Speicherplätze (M1-M10), Profil-Listen (Sequenzen) oder Zell-Übersichten.

### 2.1 Datenstruktur & Schema

Eine `TableEntity` kapselt nicht nur Daten, sondern auch deren Bedeutung.

- **Schema (columns):** Definition der Spalten-Metadaten.
  - Jede Spalte definiert: `key`, `name`, `type` (number/text/toggle/action), `unit`, sowie Constraints (`min`, `max`, `step`).
- **Daten (value):** Eine Liste von Dictionaries, wobei jedes Dictionary eine Zeile darstellt.
- **Typen:** Unterscheidung zwischen `fixed_size` (z.B. genau 10 Speicherplätze) und `dynamic_size` (Zeilen hinzufügbar/löschbar).

### 2.2 Erweiterte Interaktions-Logik

- **Row-Updates:** Das Frontend sendet Koordinaten-Pakete: `{ "row": r, "col": "key", "val": value }`.
- **Atomic Row Actions:** Unterstützung einer Spalte vom Typ `button`. Dies ermöglicht "Apply"-Buttons pro Zeile, um einen kompletten Parametersatz (z.B. Volt und Ampere eines Presets) gleichzeitig an die Hardware zu senden, um instabile Zustände zu vermeiden.
- **Active Row Tracking:** Ein zusätzliches Attribut `active_row_index` markiert die Zeile, die das Gerät aktuell tatsächlich verwendet (z.B. welcher Speicherplatz gerade geladen ist).
- **Zell-basiertes Muting:** Die Mute-Logik aus Kapitel 1 wird auf Zellebene angewendet, sodass eine Bearbeitung in Zeile 1 nicht die Live-Updates von Zeile 2 blockiert.

### Software Liste

- Abspulen von Lastprofilen für PSU / Senke → rein Software basiert

## 3. Gamepad-Integration (HID-Steuerung)

Haptische Steuerung via USB-Controller, realisiert durch das `pygame`-Subsystem.

### 3.1 GamepadManager (hardware/system/gamepad.py)

Ein neuer Treiber-Typ, der autonom nach Controllern sucht.

- **Discovery:** Nutzt `pygame.joystick.get_count()` und `get_id()`, um Controller dynamisch zu finden, ohne Hardcoding in der Config [cite: 63, 64].
- **GamepadEntity:** Eine neue Entitätsklasse, die den Zustand (Axes, Buttons, Hats, Triggers) als Snapshot-Objekt im `value`-Feld hält [cite: 135].

## 3.2 Haptisches Feedback & Visualisierung

- [cite\_start]**UI-Widgets**: Spezielle Web-Komponenten für Joysticks (Fadenkreuz) und Trigger (Druckempfindliche Balken via `UIMode.LEVEL`)[cite: 422].
- **Sicherheitskonzept**: Implementierung eines "Deadman-Switch" (Totmannknopf). Steuerbefehle werden nur an andere Geräte weitergeleitet, wenn eine definierte Taste am Gamepad gehalten wird.

## 4. LogicService: Die Automation Bridge

[cite\_start]Zentraler asynchroner Dienst in der SystemEngine[cite: 81], der als Vermittler zwischen dem Bus und den Geräte-Kommandos fungiert.

### 4.1 Die Rule-Engine

[cite\_start]Der Dienst abonniert den EventBus [cite: 85, 427] und prozessiert Regeln aus einer `rules.json`.

- [cite\_start]**Trigger**: Ein Sample von Gerät A (z.B. Gamepad-Achse oder BMS-Temperatur)[cite: 424].
- **Transformation (Scaling)**: Mathematische Umwandlung von Eingangswerten (z.B. Gamepad-Stick -1.0...+1.0) in Zielwerte (z.B. Netzteil 0.0...32.0 V).
- [cite\_start]**Action**: Ausführung von `engine.execute_command(target_dev, key, transformed_val)`[cite: 84, 433].

### 4.2 Cross-Device Szenarien (Beispiele)

- **Synchronisation**: Die elektronische Last (Senke) folgt automatisch der Spannung des Netzteils (Quelle), um eine konstante Leistung (CP-Mode) über das Framework zu simulieren.
- **Master-Slave**: Zwei Netzteile werden so gekoppelt, dass Kanal 2 immer exakt dem Wert von Kanal 1 folgt.

## 5. Erweiterter Entitäten-Katalog

[cite\_start]Zusätzliche spezialisierte Typen für professionelle Laboranforderungen[cite: 421, 422, 423]:

Typ	UI-Repräsentation	Funktionalität
<b>LogEntity</b>	Scrollende Konsole	Lokaler Ereignis-Speicher für gerätespezifische Fehler (z.B. SCPI-Fehlermeldungen).
<b>StatusIndicator</b>	Virtuelle LED	Farb-Mapping für Zustände (z.B. 0=Off, 1=OK/Grün, 2=Warnung/Gelb, 3=Alarm/Rot-Blinkend).
<b>XYGraphEntity</b>	Kennlinien-Plot	Darstellung von X-Y-Beziehungen (z.B. Batterie-Entladekurve: Spannung über Kapazität).

Typ	UI-Repräsentation	Funktionalität
<b>FileEntity</b>	Upload/Download	Schnittstelle für Firmware-Dateien (z.B. ESPHome .bin) oder Konfigurations-Exports.
<b>RangeEntity</b>	Multi-Slider/Input	Gruppiert logisch zusammengehörige Werte für Sweeps (Start, Stop, Step, Intervall).
<b>ScheduleEntity</b>	Zeitplan-Editor	Verwaltung von Zeitereignissen (z.B. "Schalte Ausgang an Wochentagen um 08:00 Uhr an").

## 6. Implementierungs-Leitfaden für KI-Entwicklung

- [cite\_start]**Concurrency**: Alle Logik-Operationen müssen asynchron (async/await) ausgeführt werden, um den Hardware-Poll-Loop nicht zu blockieren[cite: 1, 9].
- [cite\_start]**Caching**: Die SystemEngine nutzt ihren state\_cache als "Single Source of Truth" für die Logic-Regeln[cite: 81, 84].
- **Modularität**: Neue Entitäten müssen in structures/entities.py definiert und in der settings.html mit einem entsprechenden UI-Generator verknüpft werden.

## 7. Erweiterte Web-Views (Advanced Visualization)

Um die wachsende Komplexität der Daten (Gamepad, BMS, IMU-Sensoren) beherrschbar zu machen, werden spezialisierte Views implementiert.

### 7.1 XYZ / 3D-Visualisierung (Spatial View)

Diese View nutzt Bibliotheken wie **Three.js** oder **Plotly.js**, um Daten im dreidimensionalen Raum darzustellen.

- [cite\_start]**Anwendungsfall A: IMU/Orientierung**: Visualisierung der Fluglage oder Position eines Sensors (basierend auf der VectorEntity [cite: 419]). [cite\_start]Ein 3D-Modell (z.B. ein PCB oder eine Batteriebox) neigt sich in Echtzeit entsprechend der Daten aus dem VirtualLaboratory[cite: 252, 263].
- **Anwendungsfall B: Multi-Parameter-Sweeps**: Darstellung von Abhängigkeiten wie "Effizienz über Eingangsspannung und Laststrom". Hierbei entsteht eine 3D-Oberfläche (Surface Plot).
- **Anwendungsfall C: Raum-Mapping**: Wenn Sensordaten mit Positionsdaten gekoppelt sind (z.B. Temperatur-Mapping einer Oberfläche).

### 7.2 Multi-Device Dashboard (Global View)

[cite\_start]Die aktuelle UI ist stark auf einzelne Tabs pro Gerät fokussiert[cite: 16]. Die Global View bricht diese Struktur auf.

- **Konzept**: Eine frei konfigurierbare Kachel-Ansicht (Grid-Layout), in der Entitäten verschiedener Geräte gemischt werden können.
- [cite\_start]**Beispiel**: Ein "Power-Dashboard", das die Eingangsleistung vom UDP3305 [cite: 303][cite\_start], den Zellstatus vom JbdBms [cite: 145] [cite\_start]und die Lastdaten der

AtorchDL24 [cite: 211] auf einer einzigen Seite zusammenfasst.

### 7.3 Logic-Flow Visualizer (Automation View)

Da der geplante LogicService komplex werden kann, ist eine textuelle Regel-Liste oft unübersichtlich.

- **Konzept:** Eine Node-basierte Darstellung (ähnlich wie Node-RED).
- [cite\_start]**Darstellung:** Blöcke repräsentieren Trigger (z.B. Gamepad [cite: 255][cite\_start]), Logik-Gatter und Aktionen (z.B. Netzteil-Kommando [cite: 326]).
- [cite\_start]**Live-Feedback:** Linien zwischen den Blöcken leuchten kurz auf, wenn ein Event über den EventBus fließt[cite: 85].

### 7.4 Session Replay & Analyse (History View)

[cite\_start]Basierend auf dem SessionManager.

- **Konzept:** Eine Ansicht zum "Zurückspulen" vergangener Messungen.
- [cite\_start]**Funktion:** Über eine Timeline kann eine aufgezeichnete Session (identifiziert durch die `session_id`) ausgewählt werden. Die UI zeigt dann die historischen Daten so an, als würden sie gerade live passieren.
- **Vergleichs-Modus:** Zwei Sessions können übereinandergelegt werden (z.B. Entladekurve von Batterie A vs. Batterie B).

### 7.5 Synoptic View (Prozessgrafik)

- **Konzept:** Ein statisches Hintergrundbild (z.B. ein Foto deines Versuchsaufbaus oder ein Schaltplan), auf dem die Live-Werte der Entitäten an den physikalisch korrekten Stellen eingeblendet werden.
- **Nutzen:** Extrem intuitive Überwachung von komplexen Verdrahtungen.

### Sonstiges

Was ich mir sonst noch vorstellen könnte:

- Virtuelle Instrumente (Skins): Dass du für das UDP3305 eine View baust, die exakt so aussieht wie die Frontplatte des echten Geräts. Das macht die Bedienung im Web viel natürlicher.
- Webcam-Integration mit Overlay: Wenn dein Pi eine Kamera hat, könntest du den Videostream anzeigen und die Messwerte (z.B. Temperatur) direkt über das Bild legen (ähnlich wie Augmented Reality).
- Alarm-Management: Eine View, die nur dann aufpoppt, wenn Grenzwerte überschritten werden (z.B. BMS-Alarm).

### 7.6 Webcam & Augmented Reality (AR) Overlay

Diese View kombiniert visuelles Feedback der Hardware mit den Live-Daten des EventBus.

## Architektur des Datenflusses

- **Video-Pfad:** Webcam → OpenCV → FastAPI StreamingResponse (MJPEG) → Browser <img>.
- **Daten-Pfad:** Hardware → EventBus → WebSocket → Browser Canvas.
- **Vorteil:** Die hohe Last des Videos beeinträchtigt nicht die Echtzeit-Messdaten auf dem Bus.

## Features

- **AR-Overlay:** Positionierung von Messwerten direkt über dem Videobild (z.B. Temperaturanzeige direkt auf dem Kühlkörper im Bild).
- **Visual CV:** Optionale Bilderkennung im Backend, die Ergebnisse (z.B. "Gerät eingeschaltet") als reguläre Samples auf den Bus publiziert.

## Implementierung (Code-Skizze)

- **Backend:** Neuer API-Endpunkt unter `/api/video/stream`.
- **Frontend:** Dynamisches Canvas-Mapping. Koordinaten für Overlays werden in der `config.yaml` des Geräts gespeichert.

### 7.7 Visual Event Trigger (Virtual Sensor)

Zusätzlich zum Videostream kann das System Bildbereiche (ROI) analysieren, um "virtuelle Sensoren" zu generieren.

- **Funktion:** Überwachung von analogen Anzeigen oder LEDs, die keine Datenschnittstelle besitzen.
- **Verarbeitung:**

1. ROI Definition via Koordinaten.

```
2. HSV-Farbraumfilterung zur Detektion von Statusfarben.  
3. State-Machine zur Vermeidung von Bus-Spam (nur Änderungen werden publiziert).  
* **Anwendung** : "BMS Alarm LED" -> EventBus -> "PSU OFF".
```

### 7.8 Optical Character Recognition (OCR) Sensor

Verwandelt visuelle Anzeigen in digitale Datenströme.

- **Technologie:** Integration von Tesseract oder SSOCR in den Webcam-Treiber.
- **Datenfluss:**

1. Extraktion der Anzeige via ROI.

```
2. Bildvorbehandlung (Grayscale, Thresholding, Morphologie).  
3. Konvertierung String -> Float/Int.  
4. Publikation als 'NumericSample' oder 'TextSample' auf dem EventBus.
```

\* **Anwendung**: Digitalisierung von Legacy-Hardware ohne Schnittstellen (DMMs, Waagen, analoge Anzeigen).

## 8. Zusammenfassung der Datenfluss-Architektur

Der Datenfluss im erweiterten System folgt nun diesem Muster:

1. **Hardware/Input** (z.B. Owon HDS [cite: 270] oder Gamepad) → **Bus** [cite: 85].
2. **LogicService** (Abonniert Bus) → Berechnet Transformation → **Engine.execute\_command** [cite: 84].
3. **Web-Views** (Abonnieren Bus via WebSocket [cite: 427]) → Filtern nach Focus-Lock → **Visualisierung** (3D, Table, Graph).

From:

<https://www.drklipper.de/> - **Dr. Klipper Wiki**

Permanent link:

<https://www.drklipper.de/doku.php?id=projekte:ionpy:ideen&rev=1771144195>

Last update: **2026/02/15 09:29**

