

BACHELORTHESIS
Megan Hiller

Entwicklung eines individualisierbaren Monitoringdashboards für Solaranlagen im privaten Sektor

FAKULTÄT TECHNIK UND INFORMATIK
Department Informations- und Elektrotechnik

Faculty of Computer Science and Engineering
Department of Information and Electrical Engineering

Megan Hiller

Entwicklung eines individualisierbaren Monitoringdashboards für Solaranlagen im privaten Sektor

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang *Bachelor of Science Elektro- und Informationstechnik*
am Department Informations- und Elektrotechnik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Frerk Haase
Zweitgutachter: Dr. Claudius Noack

Eingereicht am: 29.04.2022

Megan Hiller

Thema der Arbeit

Entwicklung eines individualisierbaren Monitoringdashboards für Solaranlagen im privaten Sektor

Stichworte

Überwachung, Photovoltaik, Solar, erneuerbare Energien, Lastmanagement, SmartHome, Webdesign

Kurzzusammenfassung

Steigende Energiekosten sind der Grund für einen erneuten Aufschwung der Solarenergie in Deutschland. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird eine individualisierbare Web-Oberfläche zur Darstellung von Photovoltaik-Anlagen und Verbrauchern konzipiert und umgesetzt. Dieses Dashboard soll dem Benutzer dabei helfen, selbsterzeugten Strom optimal zu nutzen und ein besseres Gefühl für den eigenen Energieverbrauch zu entwickeln.

Megan Hiller

Title of Thesis

Development of a customizable monitoringplatform for private photovoltaic systems

Keywords

Monitoring, photovoltaics, solar power, renewable energies, load management, smart home, webdesign

Abstract

Rising energy costs are the reason for a renewed upswing of solar energy in Germany. As part of this bachelor thesis, a customizable web interface for the display of photovoltaic systems and consumers is designed and implemented. This dashboard should help the user to use self-generated electricity optimally and to develop a better feeling for the own energy consumption.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-------------|
| Abbildungsverzeichnis | vi |
| Tabellenverzeichnis | viii |
| Listings | ix |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Motivation / Problemstellung | 1 |
| 1.2 Zielsetzung | 2 |
| 1.3 Gliederung | 2 |
| 2 Grundlagen und theoretischer Hintergrund | 4 |
| 2.1 Monitoring | 4 |
| 2.1.1 Bestehende Systeme | 4 |
| 2.2 Dashboards | 11 |
| 2.2.1 UI-Design | 13 |
| 2.3 Modell zur Softwareentwicklung | 14 |
| 2.3.1 Prototyping | 14 |
| 3 Analyse | 15 |
| 3.1 Umfrage zu Präferenzen bei Solarmonitoring | 15 |
| 3.1.1 Konzeption und Durchführung der Befragung | 15 |
| 3.1.2 Stichprobe | 16 |
| 3.1.3 Fragestellungen und Ergebnisse | 18 |
| 3.1.4 Auswertung | 23 |
| 3.2 Anforderungsanalyse | 24 |
| 3.2.1 Funktionale Anforderungen | 24 |
| 3.2.2 Nicht-Funktionale Anforderungen | 26 |
| 3.3 Machbarkeit | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 4 Design | 27 |
| 4.1 Konzept des Dashboards | 27 |
| 4.2 nötige Funktionalitäten | 28 |
| 4.3 Webentwicklungstools | 29 |
| 4.3.1 Sprachen | 29 |
| 4.3.2 Bibliotheken | 30 |
| 4.4 Daten | 30 |
| 4.4.1 Dienste | 30 |
| 5 Umsetzung | 32 |
| 5.1 Elemente des Dashboards | 32 |
| 5.1.1 Kopfleiste | 32 |
| 5.1.2 Hauptteil | 33 |
| 5.2 Zugriff und Verarbeitung von Daten | 38 |
| 5.2.1 Echtzeitdaten | 39 |
| 5.2.2 Zugriff auf kumulierte Daten | 39 |
| 5.2.3 Historische Daten | 40 |
| 5.3 Szenario 1: neues Element hinzufügen | 40 |
| 5.4 Szenario 2: Diagramm aus der Auswahl löschen | 41 |
| 6 Evaluation | 42 |
| 6.1 Erfüllung der Anforderungen | 42 |
| 6.2 Erkenntnisse aus der Evaluation | 44 |
| 7 Schluss | 45 |
| 7.1 Zusammenfassung/Fazit | 45 |
| 7.2 Ausblick und Erweiterbarkeit | 45 |
| Literaturverzeichnis | 47 |
| A Anhang | 49 |
| A.1 Monitoring Portale | 49 |
| A.2 Fragebogen | 52 |
| A.3 Flussdaten Response Object | 57 |
| A.4 kumulierte Daten Response Object | 58 |
| A.5 historische Daten Response Object | 58 |
| Selbstständigkeitserklärung | 59 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | Fronius Energieflussdiagramm | 5 |
| 2.2 | SMA Energieflussdiagramm | 6 |
| 2.3 | SolarEdge Energieflussdiagramm | 6 |
| 2.4 | Fronius Tagesverlauf | 7 |
| 2.5 | SMA Tagesverlauf | 8 |
| 2.6 | SolarEdge Tagesverlauf | 9 |
| 2.7 | SolarEdge Tagesverlauf mit Cursor | 9 |
| 2.8 | SMA Ertragsvergleich | 10 |
| 2.9 | SolarEdge Ertragsvergleich | 11 |
| 2.10 | Visualisierungs-Pipeline | 12 |
| | | |
| 3.1 | Modelldarstellung des Boxplot-Diagramms | 16 |
| 3.2 | Altersverteilung | 17 |
| 3.3 | Beliebteste Wechselrichterhersteller | 17 |
| 3.4 | Zufriedenheit Monitoringlösung | 18 |
| 3.5 | Darstellung aller relevanten Daten | 19 |
| 3.6 | Wunsch nach mehr Personalisierbarkeit | 19 |
| 3.7 | Signifikanz einer ansprechenden graphischen Benutzeroberfläche | 20 |
| 3.8 | Darstellung einzelner Elemente | 21 |
| 3.9 | Darstellung finanzieller Erträge | 22 |
| 3.10 | Darstellung CO2 Einsparung | 23 |
| | | |
| 4.1 | erstes Konzept | 28 |
| | | |
| 5.1 | Kopfleiste bei deaktivierter Bearbeitung | 32 |
| 5.2 | Kopfleiste bei aktivierter Bearbeitung | 32 |
| 5.3 | Element der Klasse „card“ | 33 |
| 5.4 | Element der Klasse „quad“ | 33 |
| 5.5 | Element der Klasse „pie“ | 34 |

| | | |
|------|--|----|
| 5.6 | Element der Klasse „flow“ | 35 |
| 5.7 | Element der Klasse „graph“: Tagesverlauf | 36 |
| 5.8 | Element der Klasse „graph“: Monatsbilanz | 37 |
| 5.9 | Element der Klasse „graph“: Ertragsvergleich | 38 |
| 5.10 | Use-Case-Diagramm: Element hinzufügen | 41 |
| A.1 | Solar.web Portal | 49 |
| A.2 | Sunny Portal | 50 |
| A.3 | SolarEdge Monitoring | 51 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | Verwendete Likertskalen | 15 |
| 3.2 | Begriffserklärung zur Abb. 3.1: Boxplot Diagramm | 16 |

Listings

| | | |
|-----|--|----|
| 5.1 | Beispiel Aufruf für Flussdaten | 39 |
| 5.2 | Beispiel Aufruf für aggregierte Daten | 39 |
| 5.3 | Beispiel Aufruf für historische Daten (alle Kanäle) | 40 |
| 5.4 | Beispiel Aufruf für historische Daten (Produktion und Verbrauch) | 40 |

1 Einleitung

1.1 Motivation / Problemstellung

Der anthropogene Klimawandel¹ und steigende Energiekosten durch fossile Brennstoffe führen dazu, dass regenerative Energien wieder in den Fokus der deutschen Stromerzeugung geraten. Vor allem die CO₂-neutrale und dezentrale Energieerzeugung werden bei erneuerbaren Energien als Vorteil angebracht.

So viele positive Aspekte erneuerbare Energien auch mit sich bringen, gibt es nach wie vor den großen Nachteil, dass erneuerbare Energien eine sehr fluktuierende Energiequelle darstellen. Dadurch werden auch die Anforderungen an eine sichere und intelligente Stromversorgung höher. Bausteine für eine nachhaltige Energieversorgung bilden beispielsweise Smart Grids², die ihren Stromverbrauch der Produktion anpassen können. Durch die Steuerung von Wärmepumpenheizungen oder Ladestationen von Autos kann beispielsweise auf eine schwankende Energiebereitstellung reagiert werden und somit auch ein gewisser Pufferspeicher bereitgestellt werden. Auch der überregionale Transport und Ausgleich kann zu einer nachhaltigen Energieversorgung beitragen. Jedoch sind beide Bausteine an einen massiven Infrastrukturausbau gekoppelt, welcher einen langen Zeitraum beanspruchen wird [vgl. 6, S. 63]. Um als privater Endnutzer einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Versorgung des Energiebedarfs beizutragen, muss deshalb lokal produzierter Energieüberschuss verstärkt genutzt werden. Auch im privaten Bereich kann das System Smart Grid umgesetzt werden. Sogenannte Smart Homes vernetzen intelligent private Energieerzeugung wie eine Photovoltaikanlage mit Wärmepumpenheizungen, E-Ladestationen und die Steuerung von Lüftung und Licht. Dadurch wird eine optimale Energienutzung gewährleistet. Ein optionaler Akkuspeicher sorgt dafür, dass solche Smart Homes von Mai bis September quasi autark agieren können und sogar Überschüsse in das Netz einspeisen. Doch auch diese Technik ist mit einem Ausbau an Infrastruktur

¹vom Menschen verursachter Klimawandel

²intelligente Netze

im Haus verbunden. Es müssen vernetzbare Geräte und viele Sensoren angeschafft werden, um ein Smart Home zu realisieren. Daher sind Smart Homes eher für einen Neubau als eine Nachrüstung in Bestandsgebäuden sinnvoll. Um aber den Großteil der nutzbaren Flächen für Photovoltaik nachhaltig zu nutzen, müssen der Eigentümer und die Bewohner selbst den Verbrauch steuern. Dafür muss aber ein besserer Überblick über die derzeitige lokale Energieerzeugung entstehen, um direkter darauf reagieren zu können. Diese Bachelorarbeit soll diesen Überblick erleichtern, um eine nachhaltigere Nutzung von Photovoltaikanlagen zu ermöglichen.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel ist die Entwicklung einer Weboberfläche, die sowohl eine sinnvolle Ergänzung zum Herstellermonitoring von Solaranlagen bietet, als auch bestimmte Einzelverbraucher wie Ladestationen und Wärmepumpen in die Darstellung integriert. Der Fokus liegt dabei auf einer modularen und für jeden Nutzer individualisierbaren Oberfläche. Durch das individuelle Design soll die Nutzungsdauer erhöht werden und der Benutzer bei einer nachhaltigen Verwendung von Solarenergie unterstützt werden. Die Oberfläche soll auf jedem Monitor im lokalen Netzwerk dargestellt werden können und somit mehr in die Aufmerksamkeit des Nutzers geraten.

1.3 Gliederung

Die Arbeit ist in sieben Abschnitte gegliedert, wobei der erste Abschnitt die Einleitung darstellt. Dabei wird die Motivation für die Arbeit erläutert und das Ziel der Arbeit definiert. Im zweiten Kapitel werden Grundlagen, Begriffe und Konzepte, die zum weiteren Verständnis der Arbeit von Bedeutung sind, erklärt. Danach folgt im dritten Abschnitt die Analyse, die sich zunächst in die Auswertung der Befragung und danach auf die daraus resultierenden Anforderungen an das System aufteilt. In diesem Kapitel wird auch die Machbarkeit der Anforderungen diskutiert und anhand von Beispielprojekten verifiziert. Im vierten Kapitel werden verschiedene Ansätze und Techniken vorgestellt, um die Anforderungen zu erfüllen. Zudem wird ein grundlegender Designentwurf des Dashboards vorgestellt. Inhalt des fünften Kapitels ist die Umsetzung der im vorherigen Kapitel definierten Designentscheidungen. Das sechste Kapitel evaluiert die Realisierung. Dabei wird die Erfüllung der Anforderungen überprüft. Der siebte und letzte Abschnitt bildet den

Schluss. Es wird eine Zusammenfassung gegeben und die Arbeit auf die im ersten Kapitel definierte Zielsetzung reflektiert. Außerdem wird ein Ausblick gegeben, wie der Prototyp in Zukunft noch erweitert werden könnte.

2 Grundlagen und theoretischer Hintergrund

2.1 Monitoring

Nahezu jeder Wechselrichter Hersteller bietet ein Portal oder eine Schnittstelle an, über die Produktionsdaten und Messwerte ausgelesen werden können. Dadurch kann nicht nur die reine Funktionalität der Anlage überwacht, sondern auch Abweichungen vom Idealertrag erkannt werden.

Mögliche Störfaktoren wie Verschattungen oder Verschmutzungen der Solarmodule sind somit ohne regelmäßige Sichtkontrolle der Module ersichtlich. Dadurch ist auch eine Behebung dieser Probleme schneller möglich, als mit herkömmlichen regelmäßigen Kontrollen. Im Folgenden werden die Portale der gängigsten Hersteller dargestellt und verglichen.

2.1.1 Bestehende Systeme

Es werden Systeme aus den Portalen von Fronius (Solar.web), SMA (SunnyPortal) und SolarEdge (SolarEdge Monitoring) verglichen. Diese sind auch laut der Umfrage (3.3) die drei beliebtesten Wechselrichter Hersteller. Die Bilddaten stammen dabei von Demoanlagen der Anbieter, die für jeden frei zugänglich sind.

Damit eine möglichst große Vergleichbarkeit herrscht, wird jeweils eine Verbindung aus Photovoltaik-Anlage und Akkuspeicher dargestellt.

Um nur einen kurzen Überblick zu geben, werden nur ausgewählte Aspekte der einzelnen Portale diskutiert. Einen gesamten Überblick bietet der Anhang (A.1) und die dort verlinkten Webseiten zu den Demoanlagen.

Energieflussdiagramm

Ein Element, welches fast alle Anbieter vereint, ist das Energieflussdiagramm. Es zeigt an, welche Leistungen im Haus bezogen und wie diese gedeckt werden. Im folgenden Abschnitt werden unterschiedliche Energieflussdiagramme beschrieben und analysiert.

Fronius:

Die folgende Abbildung 2.1 zeigt ein Energieflussdiagramm aus dem Portal Solar.web. Im Mittelpunkt der Darstellung befindet sich ein Symbol eines Wechselrichters, in den äußeren Ecken sind die Bestandteile PV-Produktion, Verbrauch, Batterie und Netz symbolisch aufgetragen. Die jeweiligen Messwerte der Leistung sind links oben der Symbole eingetragen. Der Energiefluss und dessen Richtung wird durch eine Animation von sich bewegenden Kreisen von einem der äußeren Elemente zum Wechselrichter oder vom Wechselrichter zu einem der äußeren Elemente symbolisiert. Anteilig am gesamten Energiefluss, variieren diese sich bewegenden Kreise in ihrer Größe.

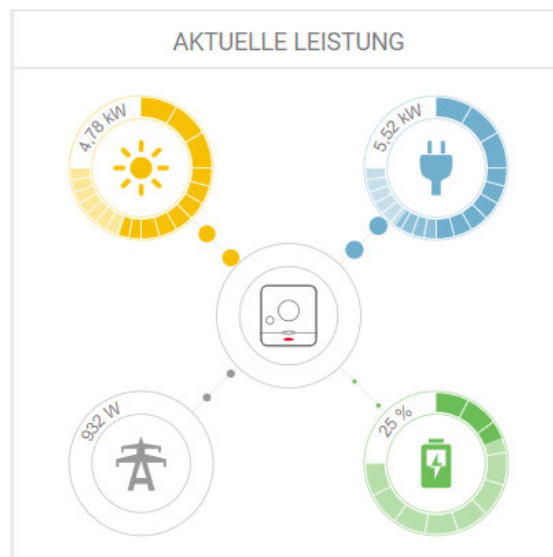


Abbildung 2.1: Fronius Energieflussdiagramm

SMA:

Beim SunnyPortal sind die Elemente PV-Erzeugung, Gesamtverbrauch und Netzeinspeisung nebeneinander als Blöcke angeordnet. Unter allen Blöcken befindet sich das Element für die Batterie. Die jeweiligen Messwerte werden in den Blöcken dargestellt. Der Leis-

tungsfluss wird sowohl durch eine Pfeilanimation innerhalb der Blöcke als auch durch einen richtungsweisenden Pfeil zwischen den einzelnen Blöcken symbolisiert.

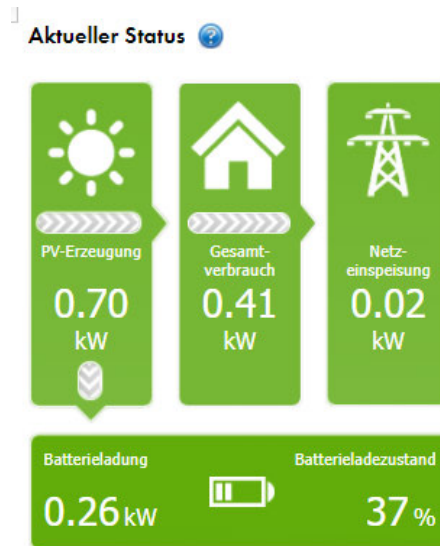


Abbildung 2.2: SMA Energieflussdiagramm

SolarEdge:

Im SolarEdge Monitoring werden die Elemente PV-Produktion und Batterie auf der linken Seite übereinander angeordnet. Rechts davon ist das Element für den Hausverbrauch und rechts vom Verbrauch wird das Netz dargestellt. Die Messwerte werden in den einzelnen Elementen entweder oben in der Mitte oder unten in der Mitte angezeigt. Der Leistungsfluss und dessen Richtung wird durch Pfeile zwischen den einzelnen Elementen signalisiert.

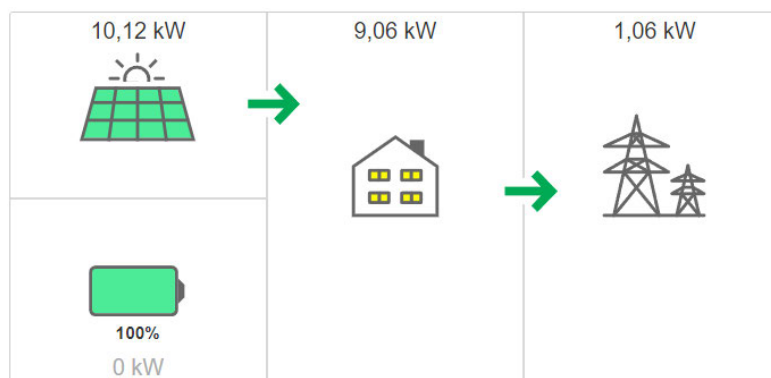


Abbildung 2.3: SolarEdge Energieflussdiagramm

Bei allen Anbietern ist die Unterteilung in Produktion, Verbrauch, Batterie und Netz ein Grundbaustein des Monitorings. Fronius bindet den Wechselrichter als Gerät, welches alle Bausteine verbindet, ein. Dies kann jedoch auch zu Verwirrung beim Benutzer führen, da bei inaktiver PV-Produktion der Energiefluss vom Netz über den Wechselrichter zum Hausverbrauch angezeigt wird. Dieses Problem besteht bei den Systemen von SMA und SolarEdge nicht. Eine weitere Gemeinsamkeit der Darstellungen ist die Anzeige des Energieflusses und der Flussrichtung. Die Designs unterscheiden sich natürlich, die Funktionalität ist aber in allen enthalten.

Tagesverlauf

Ein zweites zentrales Element eines Solar-Monitorings ist der Tagesverlauf. Typischerweise lassen sich die Erzeugung und der Verbrauch über die Stunden des Tages ablesen.

Fronius:

Beim Solar.web Portal werden PV-Produktion und Verbrauch gemeinsam mit dem Batterieladestand in einem Liniendiagramm dargestellt. Die Nutzung der PV-Energie zur Deckung des Eigenverbrauchs, der Ladung der Batterie oder der Netzeinspeisung wird farblich codiert. Der Batterieladestand ist an einer zweiten Y-Achse an der rechten Seite aufgetragen.

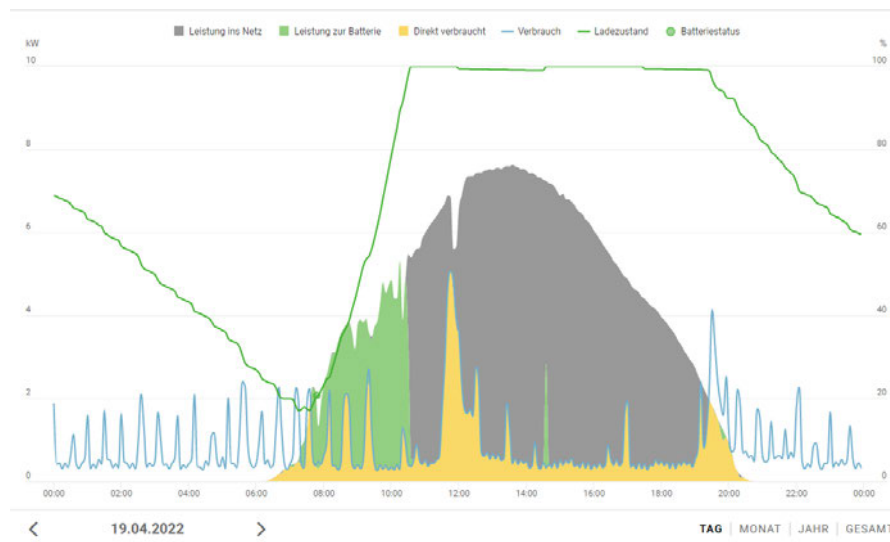


Abbildung 2.4: Fronius Tagesverlauf

SMA:

Beim SunnyPortal werden die Tagesverläufe von Verbrauch und Erzeugung separat untereinander angeordnet (siehe Abbildung 2.5). Die verschiedenen Daten sind dabei farbig codiert und die Gesamtwerte unterhalb der beiden Diagramme aufgetragen. Es gibt jedoch keinen Tagesverlauf für den Batterieladestand. Dadurch kann es für den Benutzer schwer sein einzuschätzen, wie lange er in der Nacht Strom aus der Batterie bezieht.

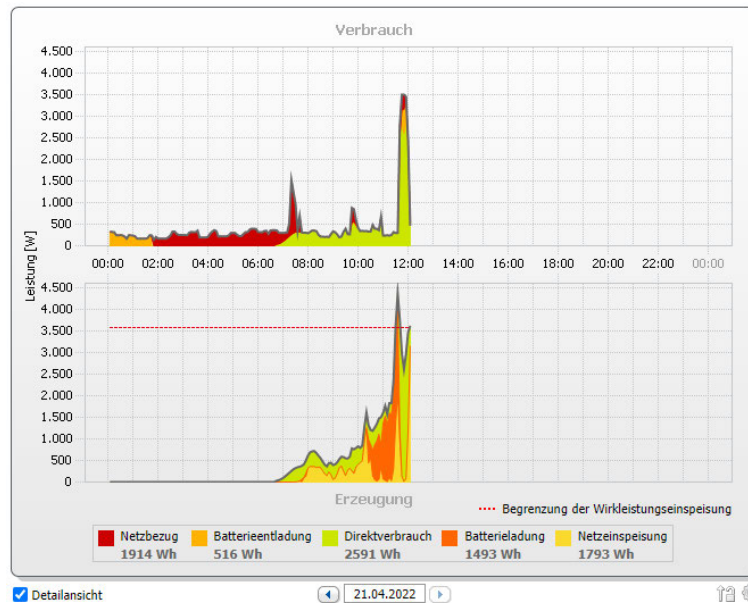


Abbildung 2.5: SMA Tagesverlauf

Solaredge

Der Solaredge Tagesverlauf (siehe Abbildung 2.6) zeigt Erzeugung und Verbrauch in einem Diagramm, außerdem gibt es ein separates Diagramm für den Batterieladestand. Problematisch ist jedoch, dass der Cursor mit den Momentanwerten nahezu das komplette Diagramm verdeckt und dadurch eher Nachteile mit sich bringt, als einen Informationsgewinn (siehe Abbildung 2.7).

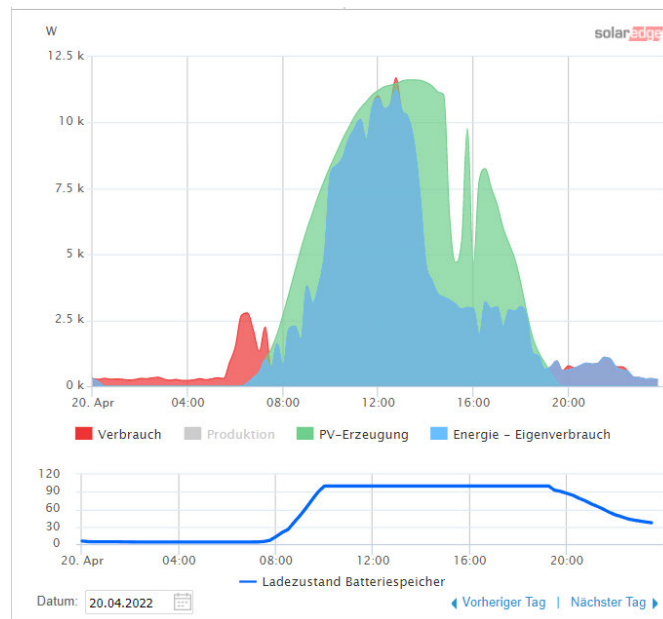


Abbildung 2.6: SolarEdge Tagesverlauf

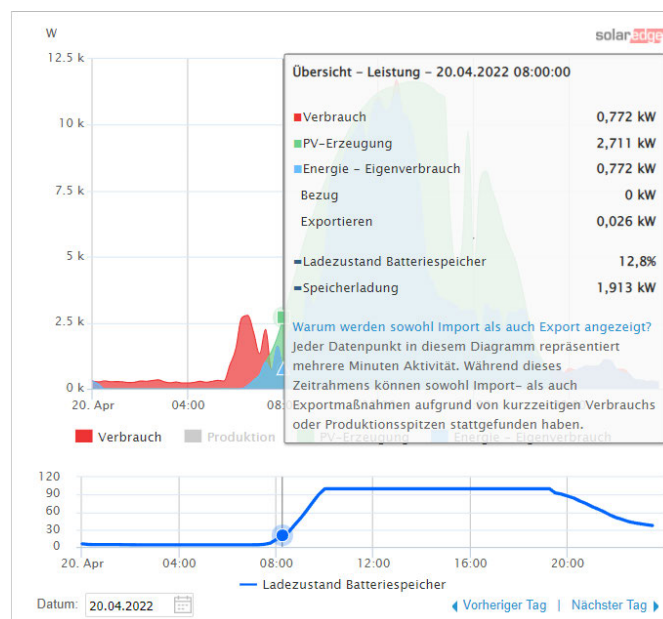


Abbildung 2.7: SolarEdge Tagesverlauf mit Cursor

Ertragsvergleich

Beim Ertragsvergleich können die Ertragswerte der Monate eines Jahres mit denen der vorherigen Jahre verglichen werden. Dadurch kann unter anderem eine Leistungsminde- rung durch Verschmutzung erkannt werden. Es können aber auch schlechtere Wetterver- hältnisse Grund für eine geringere Leistungsausbeute sein.

Fronius:

Bei Fronius gibt es keine Möglichkeit für einen Ertragsvergleich.

SMA:

Bei SMA sind die Erträge der Jahre als Liniendiagramm über die Monate eingezeichnet. Als Referenz ist ein Balkendiagramm mit den erwartbaren Erträgen in das Diagramm eingetragen. Zudem wird der Mittelwert aus den jeweiligen Monatswerten errechnet und wiederum als Linie eingetragen. Dies führt aber auch dazu, dass besonders bei älteren Anlagen mit vielen Betriebsjahren das Diagramm sehr unübersichtlich wird (siehe Ab- bildung 2.8). Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen, können einzelne Jahre ausgeblendet werden.

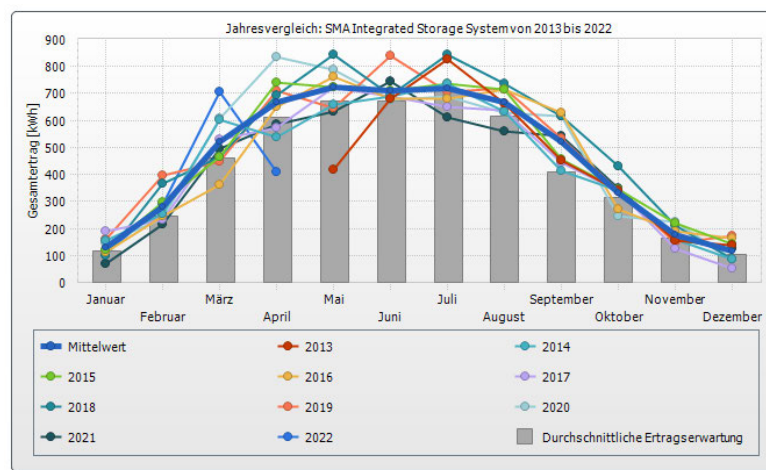


Abbildung 2.8: SMA Ertragsvergleich

SolarEdge:

Bei SolarEdge wurde der Ertragsvergleich in Form eines Balkendiagramms realisiert (siehe Abbildung 2.9). Wie auch bei SMA gibt es hierbei das Problem, dass bei alten Anlagen mit vielen Betriebsjahren die Übersichtlichkeit verloren geht. Jedoch lassen sich auch hier einzelne Jahre aus dem Diagramm ausblenden. Im Gegensatz zu der Lösung von SMA

gibt das Diagramm von SolarEdge keine Information über die gemittelten Werte oder einen erwartbaren Ertrag.

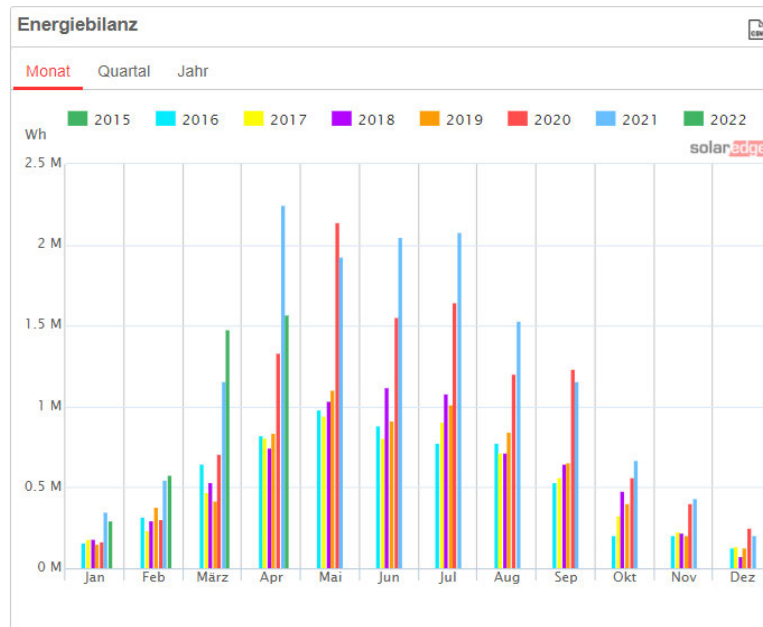


Abbildung 2.9: SolarEdge Ertragsvergleich

2.2 Dashboards

Der Begriff Dashboard bedeutet aus dem Englischen übersetzt Armaturenbrett. Zwar ist der Begriff in der Informationstechnologie nicht klar definiert, jedoch ist eine häufig verbreitete Eigenschaft die Darstellung von Kennzahlen in Form von Diagrammen oder tachoähnlichen Abbildungen. Sie ähneln also einer Armatur im Auto oder einem Flugzeugcockpit. Stephen Few hat den Begriff Dashboard in seinem Buch [4] wie folgt definiert:

Ein Dashboard ist eine visuelle Darstellung der wichtigsten Informationen, die nötig sind, um ein oder mehrere Ziele zu erreichen, zusammengefasst und angeordnet auf einem einzelnen Bildschirm, sodass die Informationen auf einen Blick erfasst werden können.

(Few, 2006)

Um Informationen im Dashboard darzustellen, müssen die Daten zunächst erfasst und dann analysiert werden. Diese Transformation wird durch die Visualisierungs-Pipeline von Diehl beschrieben [1, S.12]:

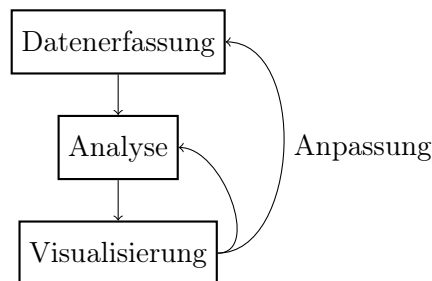


Abbildung 2.10: Visualisierungs-Pipeline

Datenerfassung

Bei der Datenerfassung werden die darzustellenden Informationen aus verschiedensten Quellen extrahiert. Die Datentypen und Extrahierungsmethoden unterscheiden sich dabei von Quelle zu Quelle.

Analyse

Die extrahierten Daten sind oftmals zu umfangreich und unübersichtlich, um sie dem Benutzer zu präsentieren. Bei der Analyse werden wichtige Daten herausgefiltert, die Daten statistisch ausgewertet und aufbereitet und somit auf ein Minimum reduziert.

Visualisierung

Die reduzierten Daten werden auf ein visuelles Modell abgebildet, z.B. durch Auftragen in ein Diagramm. Dabei wird eine für den Datentyp geeignete Darstellung gewählt. Der letzte Schritt ist die Ausgabe auf einem Bildschirm.

Bei interaktiven Visualisierungen lassen sich die Erfassung der Daten und die Analyse (bspw. Filterung) aus der Visualisierung heraus beeinflussen.

2.2.1 UI-Design

Das User Interface Design beschreibt die Schnittstelle der Mensch-Computer-Interaktion. Dieses Feld der Informationstechnik ist sehr breit aufgefächert und umfasst nicht nur die graphische Gestaltung (GUI), sondern auch die Gestaltung von Prozessen und Handlungen. Ziel ist es die Schnittstelle so zu gestalten, dass ein möglichst großer Kreis von Nutzern eine optimale Erfüllung der Bedürfnisse durch das Interface erfährt.

Im Folgenden werden die acht goldenen Regeln, aufgestellt von Ben Shneiderman [7, S. 95] hervorgehoben, die als Leitlinie für Interface Design gelten:

1. **Konsistenz:** In ähnlichen Situationen soll eine konsistente Abfolge von Aktionen zielführend sein. Über die komplette Anwendung sollen gleiche Funktionalitäten in Farbe, Layout etc. identisch sein.
2. **Universelle Bedienbarkeit:** Die Bedürfnisse und Fähigkeiten sollen die Nutzer nicht in der Bedienung einschränken. Fortgeschrittene Benutzer können durch Shortcuts¹ in der Benutzung unterstützt werden, wobei für Anfänger gesonderte Erklärungen geeignet sind.
3. **Informatives Feedback:** Für jede Benutzeraktion sollte ein Feedback angezeigt werden. Für geläufige und untergeordnete kann das Feedback simpel ausfallen, wobei bei wichtigen Aktionen eine Anzeige unverzüglich und im Vordergrund angezeigt werden muss.
4. **Abgeschlossenheit:** Funktionen und Prozesse sind in sich abgeschlossen. Der Nutzer hat den Überblick, in welchem Teil des Prozesses er sich gerade befindet.
5. **Fehlervermeidung:** So weit es möglich ist, sollen Fehleingaben vom Nutzer durch das Interface vermieden werden. Beispielsweise durch das Verbot von Buchstaben in einem Formularfeld für Telefonnummern. Des Weiteren sollte der Benutzer bei Fehlern, durch das Interface in deren Korrektur unterstützt werden.
6. **Umkehrbarkeit:** So weit es möglich ist, sollen Benutzeraktionen immer umkehrbar sein. Diese Funktion unterstützt den Benutzer dabei, Angst vor der falschen Bedienung zu vermindern und das freie Erkunden der Software zu unterstützen.

¹engl. Abkürzungen innerhalb einer Anwendung

7. **Gewährleistung der Benutzerkontrolle:** Der Nutzer soll die volle Kontrolle über alle Aktionen behalten. Die Reaktion des Systems auf die Nutzereingaben sollte erwartungsgemäß verlaufen.
8. **Entlastung des Kurzzeitgedächtnis:** Wiedereingaben sollten vermeiden werden. Außerdem sollte nur die wichtigsten und zielführenden Daten auf einmal dargestellt werden (siehe Zitat 2.2).

Die jeweiligen Prinzipien müssen für jedes System neu evaluiert und interpretiert werden. Sie sind jedoch eine solide Grundlage um ein gutes Interface zu designen.

2.3 Modell zur Softwareentwicklung

Da der Designprozess nicht geradlinig ist, muss auch das Softwaremodell dem Vorgehen angepasst werden. Im Gegensatz zum Wasserfallmodell, wo jede Phase der Entwicklung nacheinander abläuft und **keine** Rückschritte möglich sind, wird in Interface Design Prozessen auf ein iteratives und zyklisches Modell gesetzt [vgl. 7, S.131]. Ein gutes und häufig verwendetes Modell ist dabei das Prototyping.

2.3.1 Prototyping

Beim Prototyping wird der Verlauf von Anforderungen, Design, Implementierung und Evaluation mehrfach hintereinander durchgeführt. Dabei werden die einzelnen Zyklen jedoch nicht für das komplette System durchlaufen, sondern nur für einen kleinen Abschnitt. Diese recht kurzen Abschnitte lassen frühzeitig Feedback und dementsprechende Anpassungen zu, was vor allem bei Designentscheidungen von großem Vorteil ist. Für diese Arbeit wurde das evolutionäre Prototyping verwendet, welches zunächst nur die Grundfunktionalitäten enthält und sich mit jeder Iteration nach und nach erweitert. Dadurch lässt sich sehr früh ein grober Eindruck über das Endergebnis gewinnen, ohne dass alle Funktionalitäten durchimplementiert sein müssen.

3 Analyse

3.1 Umfrage zu Präferenzen bei Solarmonitoring

3.1.1 Konzeption und Durchführung der Befragung

Die Befragung wurde im November 2021 mit einer repräsentativen Stichprobe von 150 Solareigentümern durchgeführt. Der verwendete Fragebogen (siehe Anhang A.2) wurde in Zusammenarbeit mit dem Solargroßhändler VEH Solar- und Energiesysteme entwickelt. Die Teilnehmer konnten per Weblink, den sie per Email erhalten haben, an der Umfrage teilnehmen. Für die Umfrage wurde das Onlinetool „umfrageonline.de“ verwendet, welches auch die Erfassung der Antworten übernimmt. Da die Umfrage nur ein generelles Meinungsbild abgeben sollte, anstatt einer quantitativen Erhebung, wurde vor allem darauf geachtet, dass die Fragestellungen sehr einfach gehalten waren, um die Rücklaufquote zu erhöhen und mögliche Rückfragen zu vermeiden. Der Gesamtrücklauf beträgt mit 39 Teilnehmern 26%, wobei drei Teilnehmer nur die ersten vier Fragen der Umfrage beantwortet haben. Die Rücklaufquote liegt im Rahmen der erwartbaren Rückläufe [10, S.354].

Für Fragen zu Meinungen und Vorlieben wurde eine Likert-Skala verwendet. Bei einer Einordnung in den zeitlichen Kontext (Fragestellung 14) wurde eine abgewandelte Skala verwendet (siehe dritte Zeile Tabelle 3.1).

Tabelle 3.1: Verwendete Likertskalen

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------|----------------------|--------------|----------------|-----------|
| trifft nicht zu | trifft eher nicht zu | weder/noch | trifft eher zu | trifft zu |
| nie | selten | gelegentlich | oft | immerzu |

Zur Auswertung wird ein Boxplot-Diagramm verwendet. Dieser Diagrammtyp ist typisch für die Auswertung von Likert-Skalen und stellt Tendenzen und Kennwerte der Daten

graphisch dar. Die folgende Grafik soll dem Leser als Hilfestellung zum besseren Verständnis der Diagramme dienen.

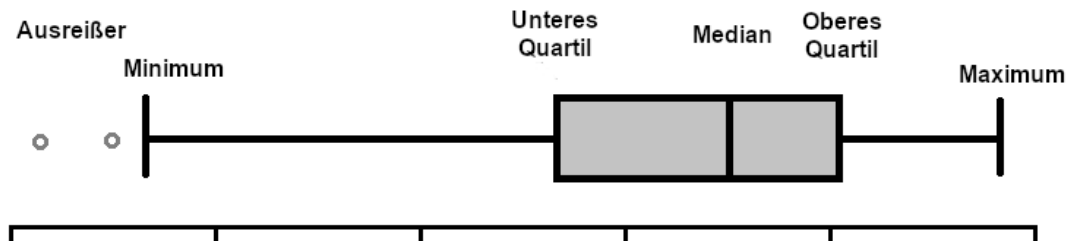


Abbildung 3.1: Modelldarstellung des Boxplot-Diagramms

Tabelle 3.2: Begriffserklärung zur Abb. 3.1: Boxplot Diagramm

| Kennwert | Beschreibung |
|-----------------|---|
| Minimum | Kleinster Wert des Datensatzes, der noch innerhalb von $1,5 \times \text{IQR}$ liegt |
| Unteres Quartil | Die kleinsten 25% der Datenwerte sind \leq diesem Kennwert |
| Median | Die kleinsten 50% der Datenwerte sind \leq diesem Kennwert |
| Oberes Quartil | Die kleinsten 75% der Datenwerte sind \leq diesem Kennwert |
| Maximum | Größter Datenwert des Datensatzes, der noch innerhalb von $1,5 \times \text{IQR}$ liegt |
| Ausreißer | Werte die noch unterhalb des Minimums bzw. überhalb des Maximums liegen |

Die ausführliche Analyse der Stichprobe und der Fragen erfolgt in den folgenden Abschnitten.

3.1.2 Stichprobe

Diese Merkmale der Teilnehmer wurden am Ende des Fragebogen erfasst, um die Ergebnisse besser einordnen zu können:

- Alter der Person (20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60 und älter)
- Geschlecht (männlich, weiblich, divers, keine Angabe)

Abbildung 3.2: Altersverteilung

- Wechselrichterhersteller (verschiedene Hersteller, Freitextfeld)
- Anlagen-/Einspeisekonzept (Volleinspeisung, Überschusseinspeisung)
- Nutzung eines externen Monitoringanbieters

Das Alter der Teilnehmer teilt sich wie folgt auf: 2,6% 20-29 Jahre, 23,7% 30-39 Jahre, 21,1% 40-49 Jahre, 28,9% 50-59 Jahre und 15,8% 60 oder älter. Die Auswertung des Altersmerkmals ergab eine sehr gleichmäßige Verteilung in den Sektoren zwischen 30 und 60+ Jahren. Der geringe Anteil an Teilnehmern unter 30 Jahren lässt sich leicht dadurch erklären, dass Personen dieses Alters meist noch keine eigene Solaranlage besitzen, da ihnen das Kapital dafür fehlt.

Bei der Geschlechtsverteilung ist ein starker Männerüberhang sichtbar. Fast 95% der Teilnehmer haben angegeben männlichen Geschlechts zu sein. Trotzdem lässt sich der Rücklauf als repräsentativ bezeichnen, da das technische Interesse an der Solartechnik bei den Männern überwiegt und auch die Kaufkraft und somit das finanzielle Interesse in der Investition noch oftmals bei den Männern liegt.

Der meistgenutzte Wechselrichter stammt vom Hersteller Fronius. Auch andere Hersteller wie beispielsweise SMA oder SolarEdge gehören zu den meistgenannten Herstellern (vgl. Abbildung 3.3).

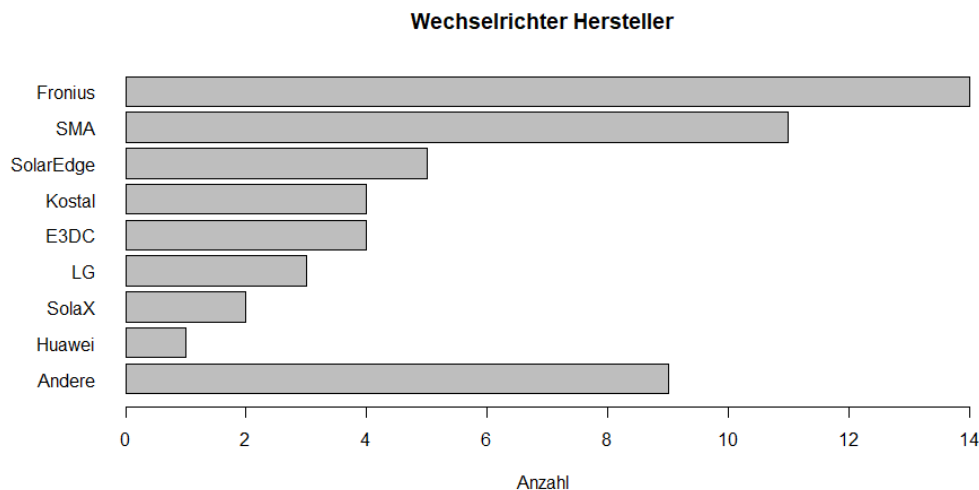


Abbildung 3.3: Beliebteste Wechselrichterhersteller

31,7% der Befragten gaben zusätzlich an, dass sie einen externen Monitoringanbieter nutzen.

Die Daten über den Wechselrichterhersteller und die Nutzung eines externen Monitorings lassen eine bessere Einschätzung zu, inwiefern das bisher genutzte Monitoringsystem ausgeführt ist.

3.1.3 Fragestellungen und Ergebnisse

Zunächst wurden die Zufriedenheit der Teilnehmer mit ihrer Monitoringlösung, sowie Präferenzen in der Darstellung ihrer PV-Anlage erfragt. Dies ist von grundlegendem Interesse, da dadurch grundlegende Probleme aber auch positive Aspekte bestehender Monitoringlösungen erkannt werden können.

Die erste Frage befasst sich mit der Zufriedenheit des Teilnehmers mit der derzeitigen Monitoringlösung

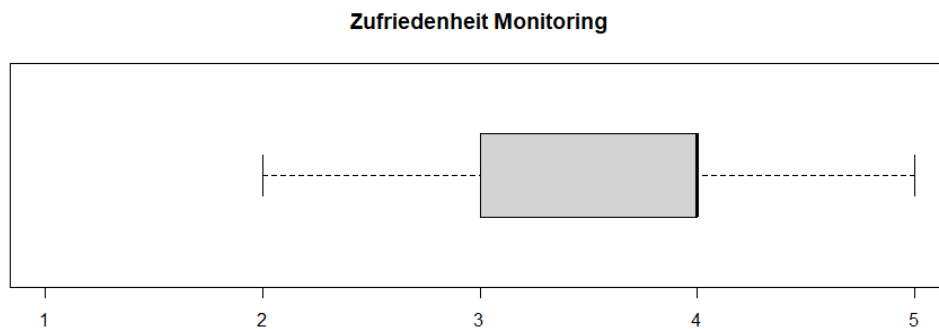


Abbildung 3.4: Zufriedenheit Monitoringlösung

Dabei ergibt sich, dass über 60% der Befragten mit ihrem Monitoring zufrieden oder eher zufrieden sind. Jedoch ist auch ein großer Anteil der Befragten entweder unentschlossen oder nicht besonders zufrieden mit ihrer Lösung.

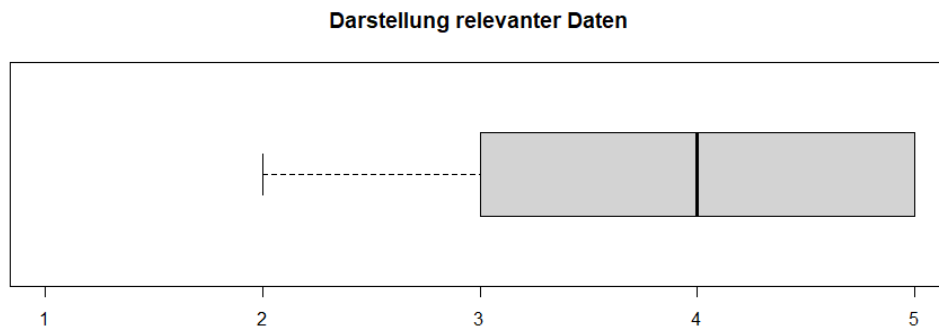


Abbildung 3.5: Darstellung aller relevanten Daten

Die Darstellung aller relevanten Daten wird als insgesamt gut bewertet. 73,4% der Teilnehmer sind mit der Darstellung der Daten zufrieden. Daraus lässt sich schließen, dass die Unzufriedenheit mancher Teilnehmer (vgl. Frage 1, Abbildung 3.4) nicht aus fehlenden Daten herrührt.

In der darauffolgenden Frage 3 wird der Wunsch nach mehr Personalisierbarkeit im Monitoring analysiert.

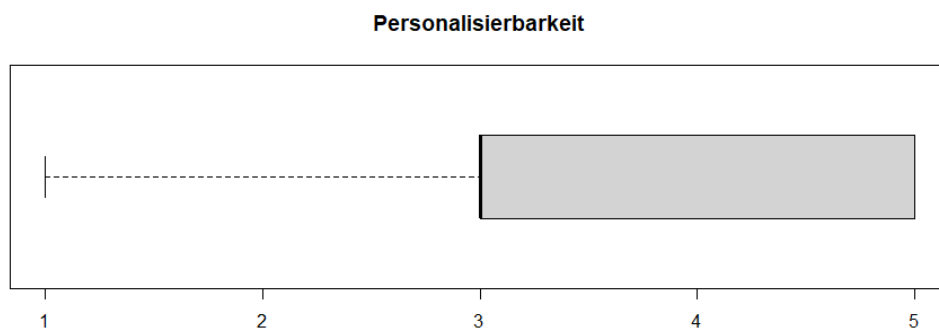


Abbildung 3.6: Wunsch nach mehr Personalisierbarkeit

Bei der Personalisierbarkeit liegen die Antworten weit auseinander. Während nur ein geringer Anteil von 7,89% sich keine Anpassbarkeit wünscht, antwortete der Großteil (31,58%) auf die Frage 3 mit weder / noch. Die Teilnehmer sind unentschlossen. Dies könnte daran liegen, dass kein Beispiel für Personalisierbarkeit vorliegt und der Teilnehmer sich dadurch keine klare Meinung bilden kann.

Die vierte Frage zur graphischen Benutzeroberfläche zeigt hingegen eine eindeutige Tendenz.

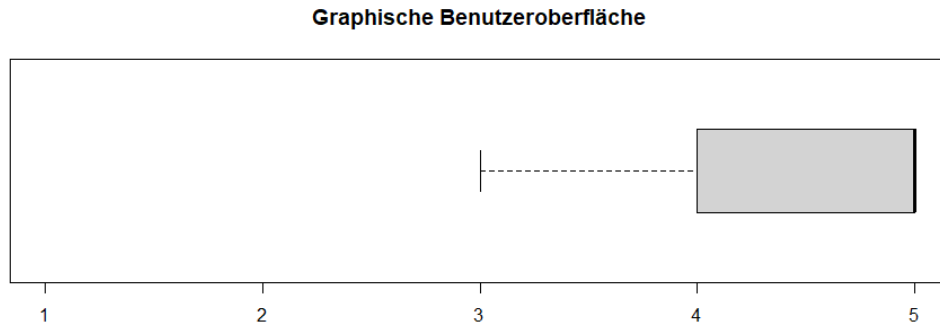


Abbildung 3.7: Signifikanz einer ansprechenden graphischen Benutzeroberfläche

Über die Hälfte aller Befragten gaben bei der Frage nach einer ansprechenden graphischen Benutzeroberfläche an, dass diese sehr wichtig für sie sei. Beim Design sollte also auf eine einladende und intuitive Darstellung geachtet werden.

Damit sind die grundlegenden Fragestellungen abgeschlossen, die Fragestellungen 5-8 befassen sich mit einzelnen Elementen eines Monitorings. Es werden Fragen sowohl zu visuellen (bspw. Diagramme), wie auch zu numerischen Darstellungen gestellt, um eine Priorisierung einzelner Elemente zu begründen. Zunächst werden gängige graphische Elemente eines Solarmonitorings, wie Energieflussdiagramme oder Tagesverläufe bewertet.

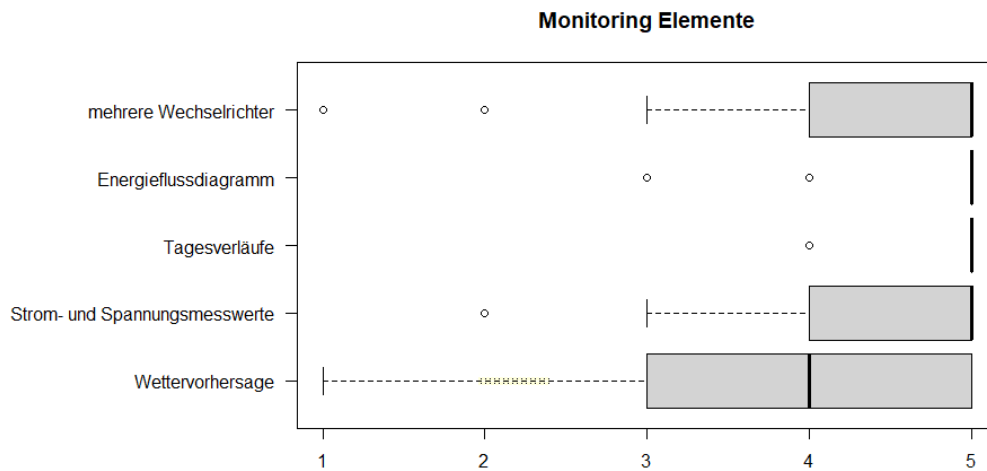


Abbildung 3.8: Darstellung einzelner Elemente

Es zeigt sich, dass Tagesverläufe und Energieflussdiagramme essentiell für ein Monitoring sind. Die Darstellung mehrerer Wechselrichter ist auch sinnvoll, wobei auch einige Teilnehmer „trifft gar nicht zu“ gewählt haben. Dies kann daran liegen, dass der Teilnehmer nur einen Wechselrichter besitzt und eine solche Funktion für ihn persönlich dementsprechend überflüssig ist. Trotzdem liegt der Median aller Teilnehmer bei 5. Ähnlich wurden die Relevanz von Strom- und Spannungsmesswerten bewertet. Die Wettervorhersage ist das einzige Element, welches von der Gesamtheit nicht als sehr wichtig bewertet wurde. Mit einem Median von 4 und einer Standardabweichung von 1.27 gibt es bei dieser Frage die größte Streuung der Antworten.

Die Darstellung von externen Verbrauchern wie beispielsweise Wallboxen und Wärmepumpen wird von den Teilnehmern als sehr wichtig erachtet. Über 85% der Teilnehmer haben bei dieser Fragestellung die Antwort „trifft zu“ gewählt. Dabei gilt die Einschränkung, dass die Geräte eine zugängliche Schnittstelle haben oder durch systemeigene Zähler dargestellt werden können.

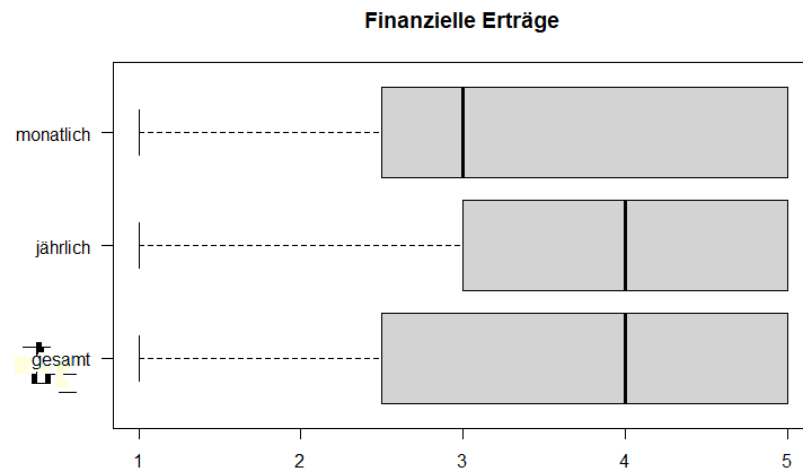


Abbildung 3.9: Darstellung finanzieller Erträge

Bei der Darstellung der finanziellen Erträge ist generell eine hohe Streuung in den Antworten festzustellen. Die monatlichen Erträge sind dabei am unwichtigsten (Median = 3, Standardabweichung = 1.31). Die jährlichen und gesamten Erträge werden im Vergleich als wichtiger erachtet, die Streuung bleibt jedoch unverändert hoch (Median = 4, Standardabweichung = 1.31 (monatlich) und 1.38 (jährlich)). Die hohe Standardabweichung lässt sich am wahrscheinlichsten mit den unterschiedlichen Einspeisekonzepten und EEG-Vergütungen erklären. Volleinspeisende Anlagen sind nur auf die Generierung von finanziellen Erträgen ausgelegt, wohingegen überschusseinspeisende Anlagen meist einen geringeren EEG-Vergütungssatz erhalten und die erzeugte Energie bestmöglich im eigenen Haushalt verbrauchen wollen.

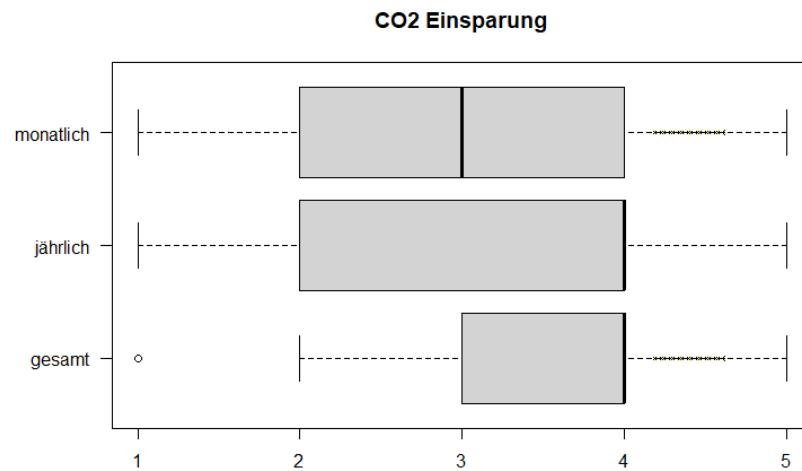


Abbildung 3.10: Darstellung CO2 Einsparung

Auch bei der Anzeige von CO₂-Einsparungen gibt es eine ähnlich hohe Streuung der Antworten. Generell werden die eingesparten CO₂-Emissionen aber als nicht so wichtig erachtet, im Gegensatz zu den finanziellen Erträgen. Am relevantesten ist die gesamte CO₂-Einsparung. Der Median der Antworten liegt bei 3 (monatlich) und jeweils (4) bei der jährlichen und des gesamten Einsparung. Die Standardabweichung beträgt für den monatlichen Wert 1.22, beim jährlichen 1.34 und bei der Gesamtersparnis 1.26.

3.1.4 Auswertung

Auswertend lässt sich sagen, dass die Präferenzen sehr unterschiedlich sind und sich somit die Notwendigkeit eines individualisierbaren Dashboards bestätigt. Auch wenn die Teilnehmer persönlich keinen großen Wunsch nach mehr Personalisierbarkeit zeigten, ergibt sich aus der teilweise sehr großen Streuung der Antworten dennoch die Notwendigkeit einer individuell anpassbaren Lösung. Vor allem ist den Nutzern dabei ein ansprechendes UI¹ wichtig.

Bei den einzelnen Elementen des Monitorings darf ein Energieflussdiagramm und Tagesverläufe der Produktion und des Verbrauchs nicht fehlen. Strom- und Spannungsmesswerte, sowie die Anzeige mehrerer Wechselrichter sind je nach Bedarf und Situation des Benutzers gefragt. Eine Wettervorhersage ist optional.

¹User Interface (engl. Benutzeroberfläche)

3.2 Anforderungsanalyse

Aus der Auswertung der Befragung und den in Kapitel 2 erarbeiteten Grundsätzen zu Dashboards und Interface Design wird die Spezifikation des Systems entwickelt. Sie teilt sich in funktionale und nicht funktionale Anforderungen auf.

3.2.1 Funktionale Anforderungen

Die funktionalen Anforderungen beschreiben Funktionen und Features, die das finale System enthalten soll.

Zusammenstellung eines individualisierbaren Dashboards

Zunächst wird das Hauptziel als Anforderung definiert: Die Möglichkeit zur Zusammenstellung eines individualisierbaren Dashboards.

- (1) Alle Daten werden auf einem Bildschirm angeordnet. Es gibt keine Möglichkeit zu scrollen oder weitere Daten in einem Untermenü zu finden. (Dashboard-Definition)
- (2) Der Benutzer soll in nur wenigen Schritten die Anordnung und Darstellung seines Dashboards variieren können. (Personalisierbarkeit)
- (3) Der Benutzer kann entscheiden, welche Daten er sieht und wie diese dargestellt werden. (Personalisierbarkeit)

Echtzeit

- (4) Die dargestellten Daten sind in Echtzeit. Aktuelle Flussdaten werden im 5 Sekunden-Intervall aktualisiert. Bei kumulierten Werten und Tagesverläufen muss die Anzeige alle 10 min aktualisiert werden. Um auf kurzzeitige Leistungsspitzen oder Verbräuche aufmerksam zu werden, muss die Darstellung der Flussdaten in sehr kurzen Intervallen von 5-10 Sekunden aktualisiert werden. Für die Tagesverläufe reicht ein Aktualisierungsintervall von 5-10 Minuten. Bei der Kumulierung von Total- oder Monatswerten (bspw. Gesamtenergieertrag) reicht eine Aktualisierung der Daten alle 60 Minuten, da in diesem Zeitraum überhaupt erst eine signifikante Änderung des Ertrages an der Gesamtmenge festzustellen ist.

- (5) Bei inaktivem Gerät, beziehungsweise nicht vorhandener PV-Leistung, kann die Aktualisierungsrate reduziert werden. Wenn das Gerät keine Daten liefert ist es aus Energiespargründen sinnvoll die Aktualisierungsraten zu verringern. Tagesverläufe und kumulierte Erträge bedürfen keiner Aktualisierung, wenn die Flussdaten keine Werte über 0 W liefern.

Darstellung mehrerer Geräte in einem System

- (6) Wenn mehrere Wechselrichter vorhanden sind, können diese auf Wunsch einzeln / getrennt dargestellt werden. Da mehrere Wechselrichter meist auch auf verschiedene Himmelsrichtungen aufgeteilt sind, lässt die Trennung eine bessere Vergleichbarkeit der Erträge zu. (Personalisierbarkeit)
- (7) Wallboxen, Wärmepumpen oder andere Verbraucher können im Dashboard eingebunden werden, wenn die Daten auslesbar sind. Um ein besseres Gefühl für den eigenen Verbrauch zu entwickeln, ist es sinnvoll bei auslesbaren Geräten den derzeitigen Energieverbrauch im Dashboard anzuzeigen.
- (8) Das System stellt passende Widgets für verschiedene Verbrauchsszenarien dar. Die Darstellung einer ansprechenden Benutzeroberfläche und damit einhergehend auch selbsterklärenden Symbole erleichtert den Umgang mit dem Dashboard.

Speicherung von Daten

- (9) Tagesverläufe können bis zu einem Monat lokal gespeichert werden.
- (10) Kumulierte Erträge werden dauerhaft gespeichert, wobei die Auflösung der Daten mit dem Alter der Daten sinkt.

Detailansichten beim Auswählen eines Widgets

- (11) Beim Auswählen einer Grafik soll das ausgewählte Element vergrößert und in den Vordergrund geraten sowie dem Benutzer weiterführende Informationen zur Verfügung stellen.

3.2.2 Nicht-Funktionale Anforderungen

Zuverlässigkeit

(12) Das System ist zuverlässig. Die Daten sind durchgehend aktuell und korrekt.

Sicherheit

(13) Die Darstellung und somit auch die Daten sind nicht für Dritte zugänglich.

Erweiterbarkeit

(14) Das bestehende System lässt sich einfach auf weitere Wechselrichterhersteller erweitern.

3.3 Machbarkeit

Die Anforderungen sind definitiv realisierbar, da die Darstellung mithilfe von Webentwicklungstools umsetzbar ist und die Daten-Schnittstelle des Fronius Wechselrichters frei zugänglich ist.

Die Machbarkeit eines Dashboards für Solaranlagen wurde zudem schon mehrfach durch verschiedene Anbieter bestätigt. Von kleinen DIY² Lösungen bis zu Firmen, die Monitoringlösungen im großen Stil anbieten, ist die Produkt- aber auch die Preisspanne breit gefächert. Viele dieser Anbieter haben auch flexible Lösungen, jedoch sind diese teilweise an komplizierte Editoren geknüpft, um nur simple Änderung an der Visualisierung vorzunehmen. Beispiele für solche Systeme sind der OpenEnergyMonitor³, eine Open-Source Software zur Darstellung von PV-Produktion und Verbräuchen oder der kommerzielle Anbieter Solar-Fox⁴, der sich vor allem auf Großdisplays und Dashboards spezialisiert hat.

²Do-it-Yourself (engl. Mach-es-selbst): Amateur-Arbeiten ohne gesondertes Fachwissen

³<https://openenergymonitor.org/> Zugriff: 22.04.2022

⁴<https://www.solar-fox.de/de/> Zugriff: 22.04.2022

4 Design

Dieses Kapitel beinhaltet den Aufbau des Dashboards.

Zunächst werden die Designentscheidungen erläutert, danach werden die genutzten Webentwicklungstools und Bibliotheken kurz dargestellt und der Zugriff auf die Daten durch Dienste erklärt.

4.1 Konzept des Dashboards

Um der Darstellung als Dashboard gerecht zu werden, wurde bewusst von Anfang an darauf verzichtet, eine mobiloptimierte Version des Monitorings zu entwickeln. Der Bildschirm eines Handys ist schlicht zu klein, um als Dashboard genutzt zu werden. Außerdem würden die Darstellung auch nur genutzt werden, wenn der Benutzer das Monitoring bewusst aufruft, wohingegen bei einem separaten größeren Monitor die Möglichkeit zur dauerhaften Darstellung besteht.

Das Design setzt sich aus einer Kopfleiste, die zum Bearbeiten des Dashboards genutzt wird und einem Hauptteil, der den Inhalt und die Daten visualisiert, zusammen.

Um den Fokus auf dem Dashboard zu halten wird die Kopfleiste sehr simpel konzipiert. Im Standard-Modus besteht sie aus einem einfarbigen Balken, welcher über die komplette Bildschirmbreite verläuft und einem kontrastreichen Zahnrad-Button in der oberen rechten Ecke. Bei aktiver Bearbeitung (Klick auf den Zahnrad-Button) erscheint in der Mitte eine etwas breitere weiße Fläche mit einem Mülleimer Symbol und am linken Bildrand ein weißes Quadrat mit dunklem Plus-Symbol. Der Zahnrad-Button passt sich während der Bearbeitung dem Design der anderen beiden Elemente an. Beim Klick auf den Plus-Button erscheint ein Ausklappmenü unterhalb des Buttons. Es werden alle möglichen hinzufügbaren Elemente untereinander aufgelistet.

Der Hauptteil besteht aus einem Raster. In dieser Gitterstruktur können verschiedene Elemente angeordnet werden. Die Elemente sind von unterschiedlicher Größe und können

flexibel neben- und untereinander angeordnet werden. Je nach Bildschirmformat und -größe wird die Zeilen und Spaltenanzahl angepasst, um eine fehlerfreie Darstellung zu garantieren.

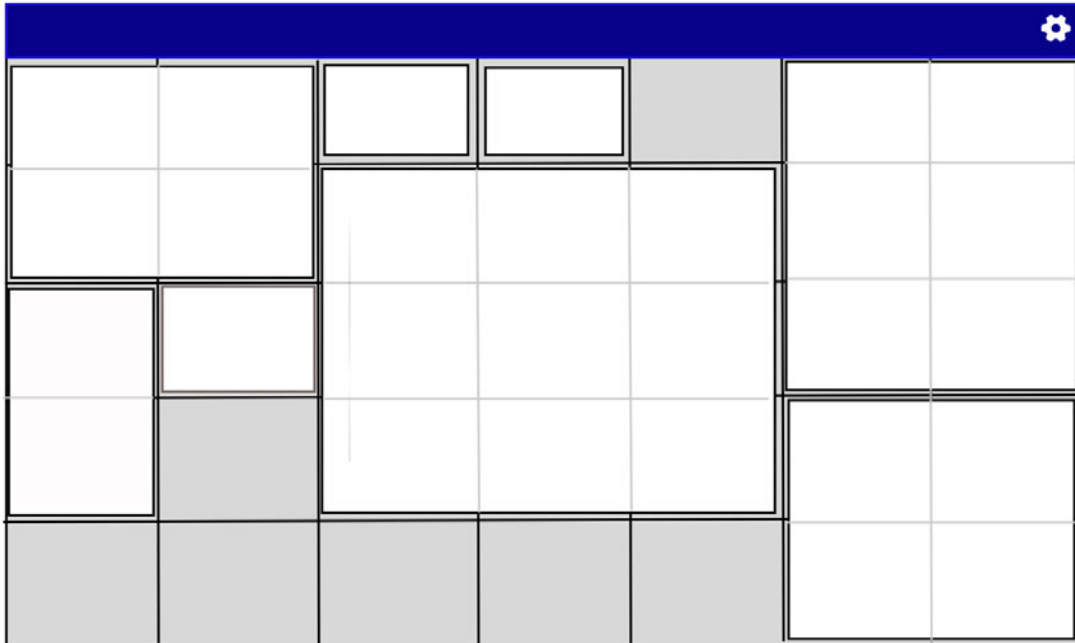


Abbildung 4.1: erstes Konzept

4.2 nötige Funktionalitäten

Die Grundlegenden Funktionalitäten neben der korrekten Darstellung der Daten sind

- (1) Das Verschieben von Elementen
- (2) Das Hinzufügen von Elementen
- (3) Das Entfernen von Elementen

Um das Design und die Funktionalitäten in einem System umzusetzen wurden verschiedene Programmier- und Skripttsprachen verwendet. Diese werden in den folgenden Abschnitten kurz erläutert.

4.3 Webentwicklungstools

4.3.1 Sprachen

HTML

HTML (Hypertext Markup Language) ist die Standard Auszeichnungssprache des World Wide Web Consortiums (W3C) zur Strukturierung von Webseiten [12]. Sie legt die Struktur von Inhalten wie Text und Bilder fest und ermöglicht die Verknüpfung (Hyperlinks) zwischen Seiten und Dokumenten. Außerdem hinterlegt HTML Metadaten der Website, wie beispielsweise den Autor oder eine Zusammenfassung des Inhalts.

CSS

CSS (Cascading Style Sheets) ist eine Stylesheet-Sprache und wird benötigt, um die in HTML festgelegte Struktur visuell zu gestalten [11]. Durch CSS werden Farben, Layouts und Schriftarten definiert. HTML und CSS sind voneinander unabhängig, um Inhalt und Struktur bestmöglich zu trennen.

Javascript

Javascript (kurz JS) ist eine objektorientierte Skript-Sprache [2, vgl. ECMAScript] und wird dazu verwendet Benutzerinteraktionen auszuwerten, Inhalte zu verändern und während der Anzeige Inhalte nachzuladen. Dadurch lassen sich statische HTML Webseiten dynamisch manipulieren.

JSON

Javascript Object Notation ist eine kompakte Syntaxschreibweise für den Datenaustausch zwischen Anwendungen [3]. Zwar basiert JSON auf der Skriptsprache Javascript, das Format ist jedoch von Programmiersprachen unabhängig. Mit JSON lassen sich Daten in Textform strukturieren und sind somit auch in Rohform für einen Menschen lesbar.

4.3.2 Bibliotheken

Zur leichteren Entwicklung des Dashboards werden Bibliotheken verwendet, die bestimmte Inhalte darstellen.

Chart.js

Chart.js ist eine OpenSource-Javascript-Bibliothek, die eine vereinfachte Schnittstelle zur Erstellung von Diagrammen bietet. Sie liefert eine Vielzahl an verschiedenen Diagrammtypen, wie beispielsweise Balken-, Linien- und Kreisdiagramme. Außerdem werden unterschiedlichste Skalentypen unterstützt, sodass eine simple Integration in das Dashboard ermöglicht wird.

FontAwesome

FontAwesome ist eine OpenSource-Icon-Bibliothek. Dadurch kann eine Vielzahl von Symbolen auf der Website dargestellt werden, welche das Design intuitiver und simpler gestalten, als eine rein textuelle Darstellung.

4.4 Daten

4.4.1 Dienste

Solar.web Query API

Das Solar.web Query Application Programming Interface (im Folgenden SWQAPI genannt) ist eine Anwendung-zu-Anwendung Schnittstelle der Firma Fronius International GmbH für den Zugriff auf die Rohdaten von PV Systemen auf den Solar.web Servern. Es können sowohl Echtzeitdaten als auch historische und aggregierte Daten des PV-Systems ausgelesen werden. Der Zugriff auf die Daten erfolgt dabei über ein HTTP¹-Request². Die Response³ wird als JSON-Objekt geliefert. Da die Daten bereits auf Servern gespeichert werden, kann der Zugriff von überall erfolgen. Jedoch ist der Zugriff auf

¹HyperText Transfer Protocol

²engl. Anfrage

³engl. Antwort

die Schnittstelle kostenpflichtig und erfordert einen Internetzugang. Für die Erstellung der Arbeit wurde ein Demozugang für die Schnittstelle genutzt, der freundlicherweise von Fronius zu Verfügung gestellt wurde. Der Zugriff erfolgt über API Requests und wird durch eine Authorisierung mittels Access Key ID und Access Key Value abgesichert. Im Gegensatz dazu gibt es auch die lokale Schnittstelle Solar API.

Solar API

Die Solar API ist ebenso wie die SWQAPI eine Schnittstelle zum Auslesen von Rohdaten eines Fronius PV-Systems. Diese werden jedoch nicht von den Solar.web Servern ausgelesen, sondern direkt über den Datenmanager des Wechselrichters. Da der Wechselrichter jedoch keine Speicherung von historischen Werten übernimmt, müssen Echtzeitdaten in einem regelmäßigen Intervall ausgelesen und auf einem externen Medium / Server gespeichert werden.

Um den zeitlichen Rahmen dieser Bachelorarbeit nicht zu überschreiten, wurde das System auf Grundlage der SWQAPI entwickelt, da diese bereits historische Daten speichert und bereitstellt und daher einen erleichterten Datenzugriff zulässt.

5 Umsetzung

In diesem Kapitel wird die Umsetzung der in Kapitel 4 getroffenen Designentscheidungen erläutert. Dabei werden zuerst die einzelnen Elemente des Dashboards dargestellt und erklärt. Anschließend wird die Datenverarbeitung und Einbindung der Daten in die graphische Darstellung beschrieben. Zuletzt soll die Nutzung des Systems anhand mehrerer Nutzungsszenarien verdeutlicht werden.

5.1 Elemente des Dashboards

5.1.1 Kopfleiste

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Kopfleiste im Standard- und im Bearbeiten-Modus.



Abbildung 5.1: Kopfleiste bei deaktivierter Bearbeitung



Abbildung 5.2: Kopfleiste bei aktivierter Bearbeitung

Um ein versehentliches Löschen von Elementen zu vermeiden, ist die Bearbeitung nicht standardmäßig aktiviert.

5.1.2 Hauptteil

Die Klasse „**card**“ hat die Größe 1x1 (Reihen x Spalten) und enthält nur textuellen Inhalt. Dadurch ist sie sehr gut geeignet, um beispielweise den Gesamtertrag der Anlage darzustellen.

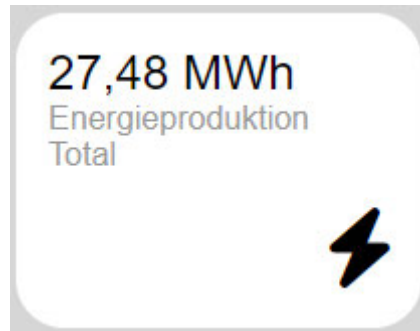


Abbildung 5.3: Element der Klasse „card“

Die Klasse „**quad**“ hat die Größe 2x1, darauf können einzelne Verbraucher aber auch Stromerzeuger visualisiert werden. Zu der Darstellung gehört im oberen Teil ein großes Icon, welches das darzustellende Gerät anzeigt. Darunter befindet sich der Messwert in Kilowatt und bei E-Ladestationen eine Aussage über den Lade-Modus.

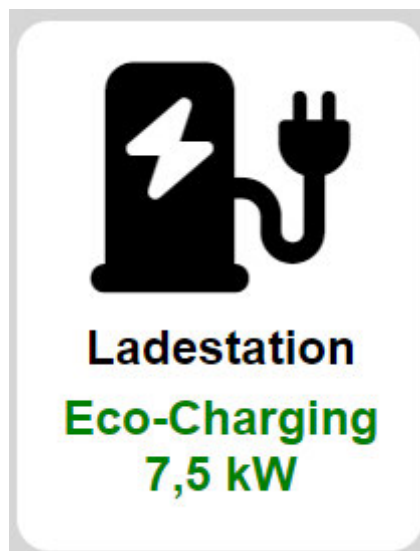


Abbildung 5.4: Element der Klasse „quad“

Die Klasse „**pie**“ hat ebenso wie die Klasse „**quad**“ die Größe 2x1. Auf ihr lassen sich Kreis- bzw. Donutdiagramme für den Anteil des Eigenverbrauchs und den Grad an Autarkie darstellen. Farblich wird der „schlechte“ Anteil (die Netzeinspeisung oder der Netzbezug) grau dargestellt. Die Summe der farblichen Anteile des Rings bilden dann den Autarkie- bzw. Eigenverbrauchsgrad.

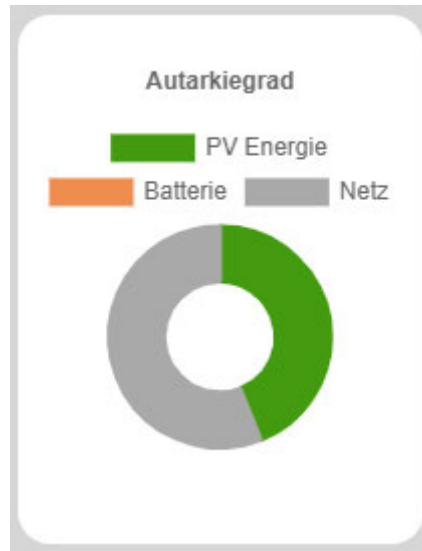


Abbildung 5.5: Element der Klasse „pie“

Die Klasse „**flow**“ hat eine Größe von 3x3 und stellt ein Energieflussdiagramm dar. Dafür wurde das Energieflussdiagramm vom Portal Solar.web als Vorlage genommen. Die Leistungswerte sind jedoch deutlich größer dargestellt und das Design wurde generell vereinfacht, um den übersichtlichen Charakter des Dashboards beizubehalten.

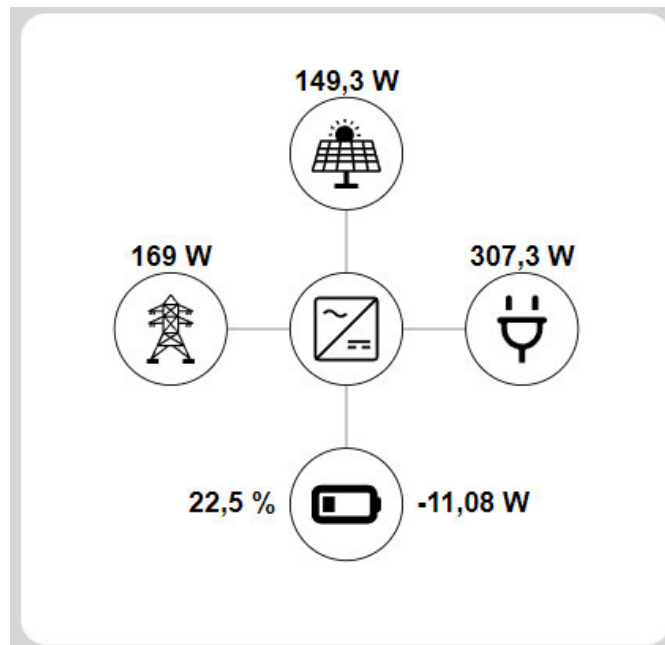


Abbildung 5.6: Element der Klasse „flow“

Bei der Klasse „**graph**“ werden verschiedene Diagramme zu einer Klasse zusammengefasst. Je nach Inhalt unterscheidet sich der Diagrammtyp von Linien- zu Balkendiagrammen. Das erste Diagramm ist der Tagesverlauf:

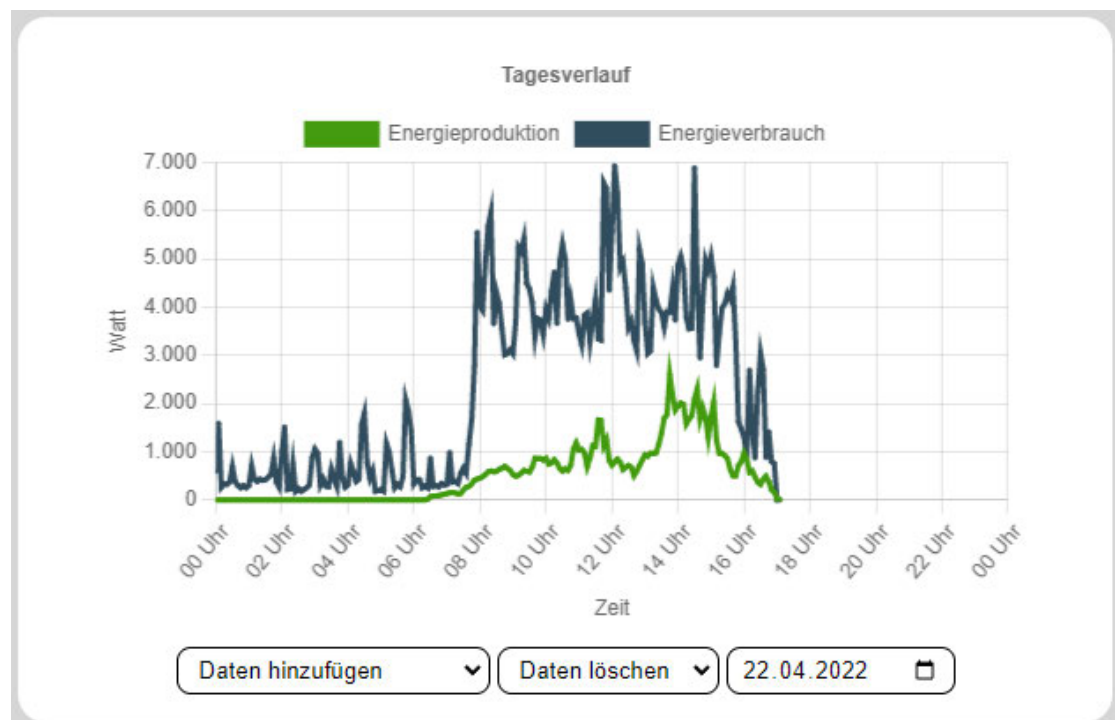


Abbildung 5.7: Element der Klasse „graph“: Tagesverlauf

Beim Tagesverlauf handelt es sich um ein Liniendiagramm. Verschiedene Daten, wie Energieproduktion oder der Verbrauch, werden über einen Zeitraum von 24 Stunden dargestellt. Die x-Achse beginnt dabei um 00:00 Uhr des jeweiligen Tages und endet um 00:00 Uhr des darauffolgenden Tages. Auf der y-Achse ist die jeweilige Leistung in Watt (W) angegeben. Die Skalierung erfolgt automatisch anhand der Daten.

Unter dem Diagramm sind drei Buttons zur Filterung (vgl. 2.10) der Visualisierung angeordnet. Die ersten beiden: „Daten hinzufügen“ und „Daten löschen“ manipulieren die Datensets. Der dritte Button zeigt das Datum des Tagesverlaufs. Bei Auswahl des Buttons öffnet sich eine 2D-Kalender-Ansicht und der Benutzer kann entweder durch Tastatureingaben oder durch das Navigieren in dem Kalender ein neues Datum auswählen.

Beim zweiten Diagramm „Monatsbilanz“ handelt es sich um ein gestapeltes Balkendiagramm.

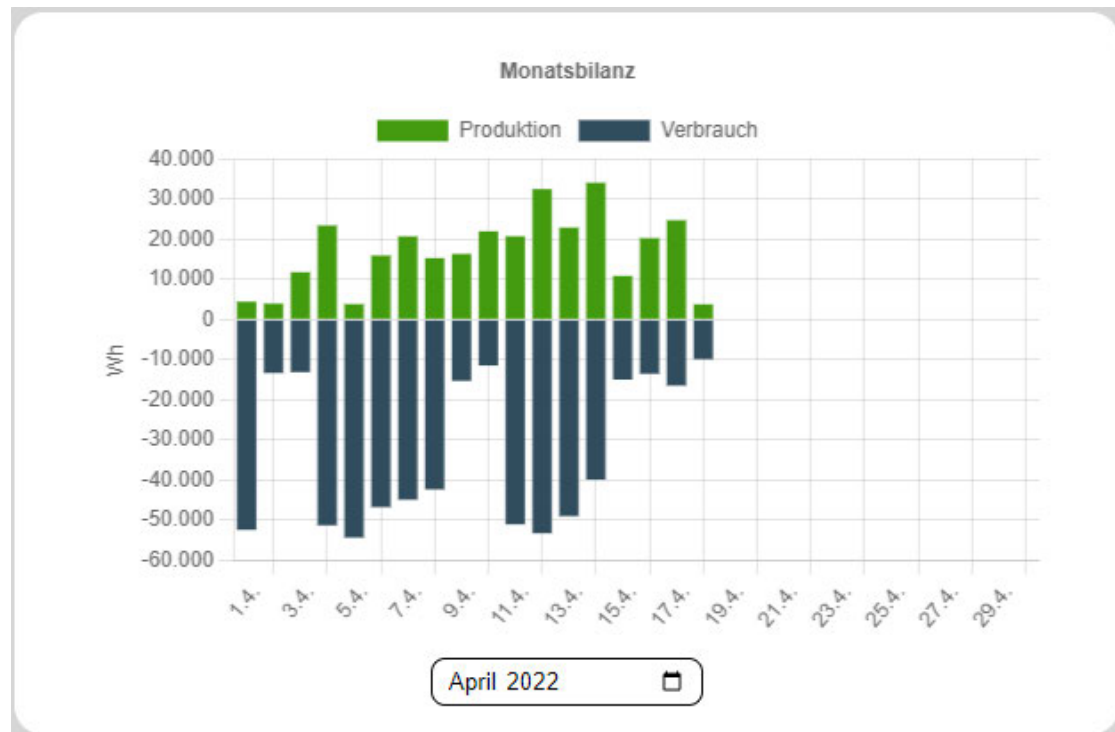


Abbildung 5.8: Element der Klasse „graph“: Monatsbilanz

Es werden die kumulierten Tageswerte der Stromproduktion mit denen des Verbrauchs verglichen. Die x-Achse stellt dabei jeweils einen kompletten Monat dar. Auf der positiven y-Achse wird die Produktion aufgetragen, auf der negativen Seite der Verbrauch. Unter dem Diagramm befindet sich ein Button zur Auswahl des Monats. Ähnlich wie beim Tagesverlauf öffnet sich bei Auswahl des Buttons eine 2D-Kalender-Ansicht, jedoch nur mit den Monaten des Jahres.

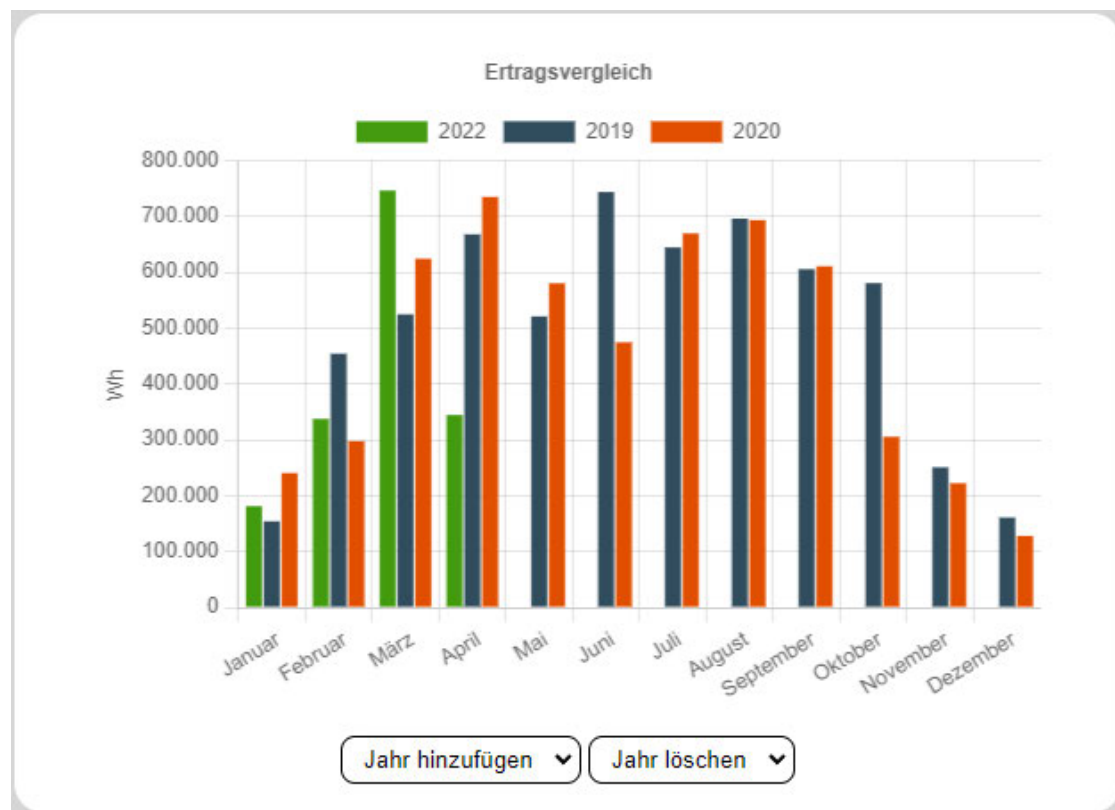


Abbildung 5.9: Element der Klasse „graph“: Ertragsvergleich

Das dritte und letzte Diagramm ist der „Ertragsvergleich“. Auch dieses Diagramm ist ein Balkendiagramm. Es zeigt die kumulierten Monatswerte der Energieproduktion eines Jahres. Auf der x-Achse sind die Monate von Januar bis Dezember aufgetragen, die y-Achse gibt die kumulierte Leistung in Wattstunden an. Durch die zwei Buttons unterhalb des Diagrammes lassen sich weitere Jahre zum Vergleich der Erträge hinzufügen und auch wieder löschen.

5.2 Zugriff und Verarbeitung von Daten

Der Zugriff auf die Daten der SWQAPI erfolgt über die `fetch`-Methode¹. Bei dem Aufruf der API müssen die Authorisierungs-Credentials im HTTP-Header übergeben werden. Als Datenquelle wird die Solar.web Demoanlage „Fronius PL Gliwice“ verwendet.

¹https://developer.mozilla.org/de/docs/Web/API/Fetch_API Zugriff: 22.04.2022

5.2.1 Echtzeitdaten

Für die Flussdaten muss dann noch die ID vom PV-System sowie der Zusatz, dass es sich um die Flussdaten handelt, hinzugefügt werden. Ein Beispiel für einen solchen API-Call sieht man hier:

```
GET api.solarweb.com/swqapi/pvsystems/20bb600e-019b-4e03-9df3-a0a900cda689/flowdata
// gets current power flow information for the given PV system
```

Listing 5.1: Beispiel Aufruf für Flussdaten

Die Daten der Antwort (siehe Anhang A.3) müssen gefiltert und in die Darstellung integriert werden. Die gefilterten Daten werden sowohl für das Energieflussdiagramm als auch für Darstellung von Autarkie- und Eigenverbrauchsgrad verwendet. Dafür wird jeweils der Wert und die Einheit aus dem JSON-Objekt in Variablen gespeichert. Da die Zahlenwerte nur in Watt übergeben werden, müssen sie zuerst gerundet und mit Präfixen versehen werden, bevor sie in die Darstellung implementiert werden. Für die Darstellung von Autarkie- und Eigenverbrauchsgrad wurden Kreis- bzw. Donutdiagramme verwendet, die mithilfe der Chart.js Bibliothek erstellt wurden.

5.2.2 Zugriff auf kumulierte Daten

Für die kumulierten Daten muss ein Zeitraum angegeben werden, über den die Daten aufsummiert werden. Dieser kann in Jahren, Monaten, Tagen oder über die gesamte Betriebsdauer (Total) angegeben werden.

```
GET api.solarweb.com/swqapi/pv-systems/20bb600e-019b-4e03-9df3-a0a900cda689/aggrdata?
period=total
// get aggregated total energy flow values of this system for total lifetime
```

Listing 5.2: Beispiel Aufruf für aggregierte Daten

Die Daten der Antwort (siehe Anhang A.4) sind dann bereits für den gesetzten Zeitraum zusammengefasst und können direkt genutzt werden. Zu den auslesbaren Daten (channels) gehören außer den Leistungsmengen von PV-Produktion, Verbrauch, Batterieladung etc. auch finanzielle Erträge. Es können die Ersparnis, die Vergütung und der Gewinn (Ersparnis + Vergütung) ausgelesen werden. Die Daten werden immer in der Währung des jeweiligen Anlagenstandortes angegeben, sofern keine Änderung im Solar.web Portal vorgenommen wurde. Auch die CO₂-Ersparnis kann in den Einheiten Kilogramm, Bäume, Autokilometer oder Flugmeilen ausgelesen werden.

5.2.3 Historische Daten

Die historischen Daten werden für den Tagesverlauf benötigt. Da die Abfrage aller Datenkanäle (siehe 5.3) jedoch sehr datenintensiv und somit langsam ist, empfiehlt es sich die Abfrage zunächst auf nur ein oder zwei Kanäle (bspw. Produktion und Verbrauch) zu beschränken und weitere Kanäle in späteren Aufrufen abzufragen (siehe 5.4).

```
GET api.solarweb.com/swqapi/pvsystems/20bb600e-019b-4e03-9df3-a0a900cda689/histdata?
from=2018-10-10T00:00:00Z&to=2018-10-11T00:00:00Z
// gets all historical values for 10th of October, 2018, for PV system
```

Listing 5.3: Beispiel Aufruf für historische Daten (alle Kanäle)

```
GET api.solarweb.com/swqapi/pvsystems/20bb600e-019b-4e03-9df3-a0a900cda689/histdata?
from=2018-10-10T00:00:00Z&to=2018-10-11T00:00:00Z&channel=EnergyProductionTotal%2
CEnergyConsumptionTotal
// gets all historical values of production and consumption for 10th of October, 2018,
for PV system
```

Listing 5.4: Beispiel Aufruf für historische Daten (Produktion und Verbrauch)

Das Schema der Antwort ist im Anhang A.5 zu finden.

5.3 Szenario 1: neues Element hinzufügen

Um ein neues Element dem Dashboard hinzuzufügen, muss zunächst das Bearbeiten aktiviert werden. Danach wird durch Klicken auf das Plusymbol in der oberen linken Ecke ein Menü aufgeklappt, welches die verschiedenen Elementtypen aufzählt. Je nach Auswahl, wird das Element entweder direkt dem Dashboard hinzugefügt oder es wird zunächst ein Abfrageelement eingefügt, welches nach erfolgter Eingabe durch das finale Element ersetzt wird. Das folgende Use-Case-Diagramm visualisiert das Szenario: „Neues Element hinzufügen“.

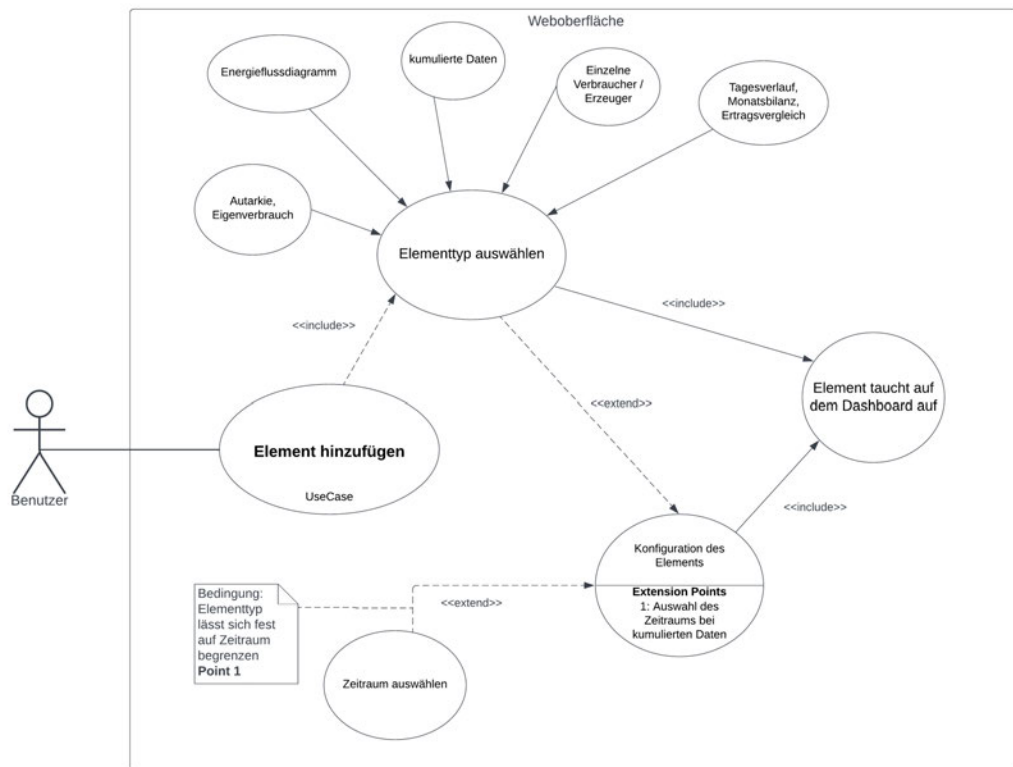


Abbildung 5.10: Use-Case-Diagramm: Element hinzufügen

5.4 Szenario 2: Diagramm aus der Auswahl löschen

Um ein Element vom Dashboard zu entfernen, muss auch wieder die Bearbeitung aktiviert sein. Da die Elemente dauerhaft frei verschiebbar sind, muss dann lediglich das zu löschende Element auf die Schaltfläche mit dem Mülleimer gezogen werden. Wenn ein Element auf diese Schaltfläche gezogen wird, verfärbt sie sich rot, um zu signalisieren, dass das betreffende Element gelöscht wird, wenn der Mausklick beendet wird.

6 Evaluation

6.1 Erfüllung der Anforderungen

Im nachfolgenden Kapitel wird überprüft, ob die Anforderungen aus 3.2 in der Umsetzung berücksichtigt worden sind. Falls die Anforderung nicht erfüllt wurde, folgt eine Begründung.

- (1) wurde erfüllt. Alle Elemente werden auf einem Bildschirm angeordnet, außerdem gibt es keine Untermenüs.
- (2) wurde zum Teil erfüllt. Die Elemente lassen sich per Drag-and-Drop innerhalb des Rasters verschieben. Die farbliche Darstellung und das grundlegende Design sind jedoch nicht anpassbar, da diese Auswahlmöglichkeiten nicht zum eigentlichen Ziel der übersichtlichen Darstellung der Daten beitragen.
- (3) wurde erfüllt. Durch die Möglichkeit Elemente zu löschen, neu hinzuzufügen und zu konfigurieren ist das System sehr individuell anpassbar. Jeder Benutzer kann seine eigenen Vorlieben in den Vordergrund stellen.
- (4) wurde erfüllt. Die genannten Zeitintervalle wurden für die verschiedenen Datentypen implementiert.
- (5) nicht erfüllt. Aus Zeitgründen wurde dieser Aspekt noch nicht implementiert. In einer möglichen Erweiterung kann diese Funktionalität jedoch leicht eingebaut werden.
- (6) zum Teil erfüllt. Die Diagramme liefern stets Daten des gesamten Systems ohne eine Aufteilung zu berücksichtigen. Es können jedoch Momentanwerte verschiedener Wechselrichter mithilfe des Erzeuger/Verbraucher-Elements dargestellt werden.

- (7) zum Teil erfüllt. Die Darstellung von Verbrauchern wurde implementiert, jedoch wurde die Einbindung von Messwerten und Daten noch nicht realisiert. Diese sollte in einer Erweiterung implementiert werden.
- (8) erfüllt. Für verschiedene gängige Verbraucher (bbspw. Ladestation, Waschmaschine, Wärmepumpe) wurde die graphische Darstellung angepasst.
- (9) nicht erfüllt. Da der Fokus der Arbeit auf dem Design und der Umsetzung der graphischen Oberfläche liegt, wurde die SWQAPI als Datenschnittstelle genutzt. Deswegen war es nicht nötig, die Daten zu speichern. In einer zukünftigen Version sollte jedoch auch die Solar API als Schnittstelle nutzbar sein und somit muss auch eine Speicherung der Daten umgesetzt werden.
- (10) nicht erfüllt. Siehe Anforderung (9)
- (11) nicht erfüllt. Da das Dashboard in seiner Gesamtheit bereits alle darzustellenden Daten enthält, ist es nicht nötig eine Detailansicht zu implementieren.
- (12) zum Teil erfüllt. Das System ist zum derzeitigen Zeitpunkt nur maximal so zuverlässig, wie der Fronius SolarWeb Server, der die Daten bereitstellt. Dieser hat jedoch in der letzten Zeit durch teilweise fehlende Daten oder fehlende Aktualisierungen nicht unbedingt zur Zuverlässigkeit des Systems beigetragen. Zudem ist für die derzeitige Version ein dauerhafter Internetzugang nötig, um die Daten zu aktualisieren. Im Hinblick auf eine Erweiterbarkeit und die Nutzung der lokalen SolarAPI gibt es hier definitiv Verbesserungsmöglichkeiten.
- (13) Die Sicherheit ist zum derzeitigen Zeitpunkt schwer einzuschätzen. Bei der Programmierung wurde darauf geachtet, dass Benutzereingaben sicher gestaltet sind und man durch Eingaben keine sensiblen Daten erfassen kann, jedoch ist die Gewährleistung der Sicherheit aufgrund des Sendens der Daten an den Fronius Server und die Abfrage davon nicht grundlegend zu gewährleisten. Bei der Nutzung der SolarAPI wäre der Datenaustausch nur auf das lokale Netzwerk beschränkt und dadurch maximal so sicher wie die Firewall des eigenen Routers.
- (14) zum Teil erfüllt. Um eine einfache Erweiterbarkeit zu gewährleisten, ist es sinnvoll ein ähnliches Datenschema zur Übertragung zu nutzen, wie die SWQAPI.

6.2 Erkenntnisse aus der Evaluation

Die designtechnische Umsetzung des Dashboards wurde bereits in vielen Anforderungspunkten umgesetzt. Bei der Datenverarbeitung sowie den Schnittstellen müssen jedoch noch mehrere Funktionen und Schnittstellen implementiert werden. Vor allem die Speicherung der Daten und die Einbindung externer Geräte ist als zukünftige Erweiterung hervorzuheben.

7 Schluss

7.1 Zusammenfassung/Fazit

Anhand der in Kapitel 2 gewonnenen Wissensbasis zu Interface Design und Dashboards und den Ergebnissen der Umfrage konnte ein eigenes Solar-Monitoring designt werden. Der Prototyp dieses Designs ermöglicht einen guten Einblick in die Möglichkeiten einer solchen Benutzeroberfläche. Durch das iterative Vorgehen bei der Implementierung der Funktionen konnten auch nicht erforderliche Anforderungen gestrichen werden. Die abschließende Evaluation durchleuchtet die Umsetzung der gesetzten Anforderungen und geht auch kritisch auf nicht erfüllte Anforderungen ein.

Rückblickend auf die Zielsetzung dieser Arbeit lässt sich sagen, dass es durchaus gelungen ist, eine Weboberfläche zu entwickeln, die für jeden Nutzer individuell gestaltbar ist. Durch die Einbindung verschiedenster Diagrammtypen in ein modernes Layout ist sowohl der informelle als auch der ästhetische Aspekt nicht zu kurz gekommen.

7.2 Ausblick und Erweiterbarkeit

Wie so häufig bei Softwareprojekten entstehen während der Umsetzung noch viele weitere Ideen wie das System erweitert werden könnte. Von einer Smart-Home-Steuerung über das Dashboard, bis hin zur statistischen Auswertung der Daten und daraus resultierenden Optimierungsmöglichkeiten sind Erweiterungsideen keine Grenzen gesetzt. Zunächst sollte jedoch der Fokus auf die Implementierung der lokalen Schnittstelle gesetzt werden, um das System real zu nutzen und beeinflussen zu können. Dabei wird sich das eigentliche Potential, nämlich die Anpassung des Verbrauchs an die PV-Produktion erst richtig entfalten. Danach sollte auch die Erweiterbarkeit auf andere WR-Hersteller untersucht werden.

Eine weitere mögliche Option wäre die Bereitstellung des Dashboards im Internet. Dafür

müssten natürlich noch einige Sicherheitsaspekte bedacht werden, die aufgrund des derzeitigen Prototyps noch keine Relevanz hatten. Diese Erweiterung hätte aber natürlich auch nennenswerte Vorteile im Bezug auf die Überwachung der Anlage.

Abschließend lässt sich sagen, dass dieses Projekt definitiv noch nicht abgeschlossen ist und ich mich persönlich sehr freuen würde, wenn es zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal fortgeführt wird.

Literaturverzeichnis

- [1] DIEHL, Stephan: *Software visualization: Visualizing the structure, behaviour, and evolution of software*. Springer, 2010
- [2] ECMA-262: ECMAScript® 2021 language specification / Ecma International. Geneva, CH, Juni 2021. – Standard
- [3] ECMA-404: The JSON Data Interchange Syntax / Ecma International. Geneva, CH, Dezember 2017. – Standard
- [4] FEW, Stephen: *Information dashboard design*. O’Reilly, 2006
- [5] FRONIUS INTERNATIONAL GMBH: *Fronius Solar.web*. – URL <https://www.solarweb.com/>. – Zugriffsdatum: 15.03.2022
- [6] QUASCHNING, Volker: *Regenerative Energiesysteme Technologie - Berechnung - Klimaschutz*. Hanser, 2022
- [7] SHNEIDERMAN, Ben ; PLAISANT, Catherine ; COHEN, Maxine ; JACOBS, Steven M. ; ELMQVIST, Niklas: *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction*. Pearson, 2018
- [8] SMA SOLAR TECHNOLOGY AG: *Sunny Portal*. – URL <https://www.sunnyportal.com/>. – Zugriffsdatum: 15.03.2022
- [9] SOLAREEDGE TECHNOLOGIES LTD.: *SolarEdge Monitoring*. – URL <https://monitoring.solaredge.com/solaredge-web/p/home>. – Zugriffsdatum: 15.03.2022
- [10] THEOBALD, Axel: *Praxis Online-Marktforschung Grundlagen – Anwendungsbereiche – Durchführung*. Springer Gabler, 2017
- [11] WORLD WIDE WEB CONSORTIUM: CSS Snapshot 2021. URL <https://www.w3.org/TR/css-2021/>. – Zugriffsdatum: 29.03.2022. – Snapshot

[12] WORLD WIDE WEB CONSORTIUM: HTML - Living Standard. URL <https://html.spec.whatwg.org/>. – Zugriffsdatum: 28.03.2022. – Standard

A Anhang

A.1 Monitoring Portale

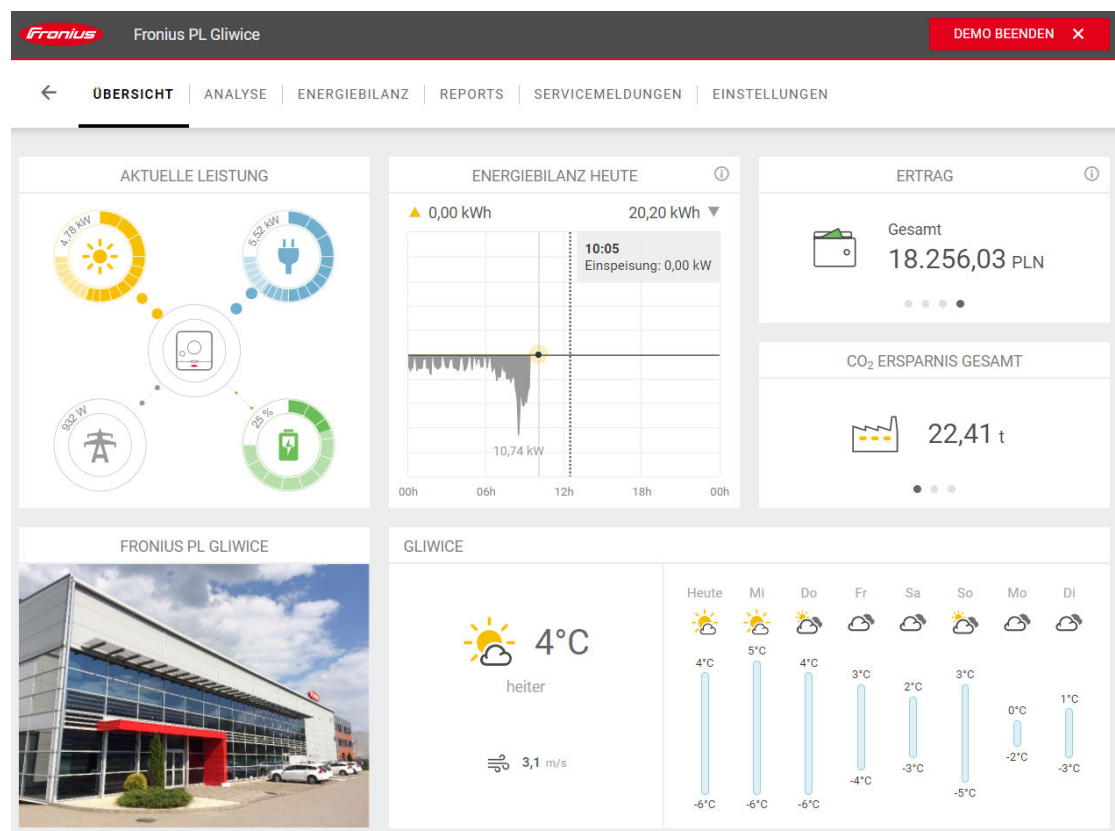


Abbildung A.1: Solar.web Portal

<https://www.solarweb.com/> [5] -> Demo ansehen -> „Fronius PL Gliwice“.

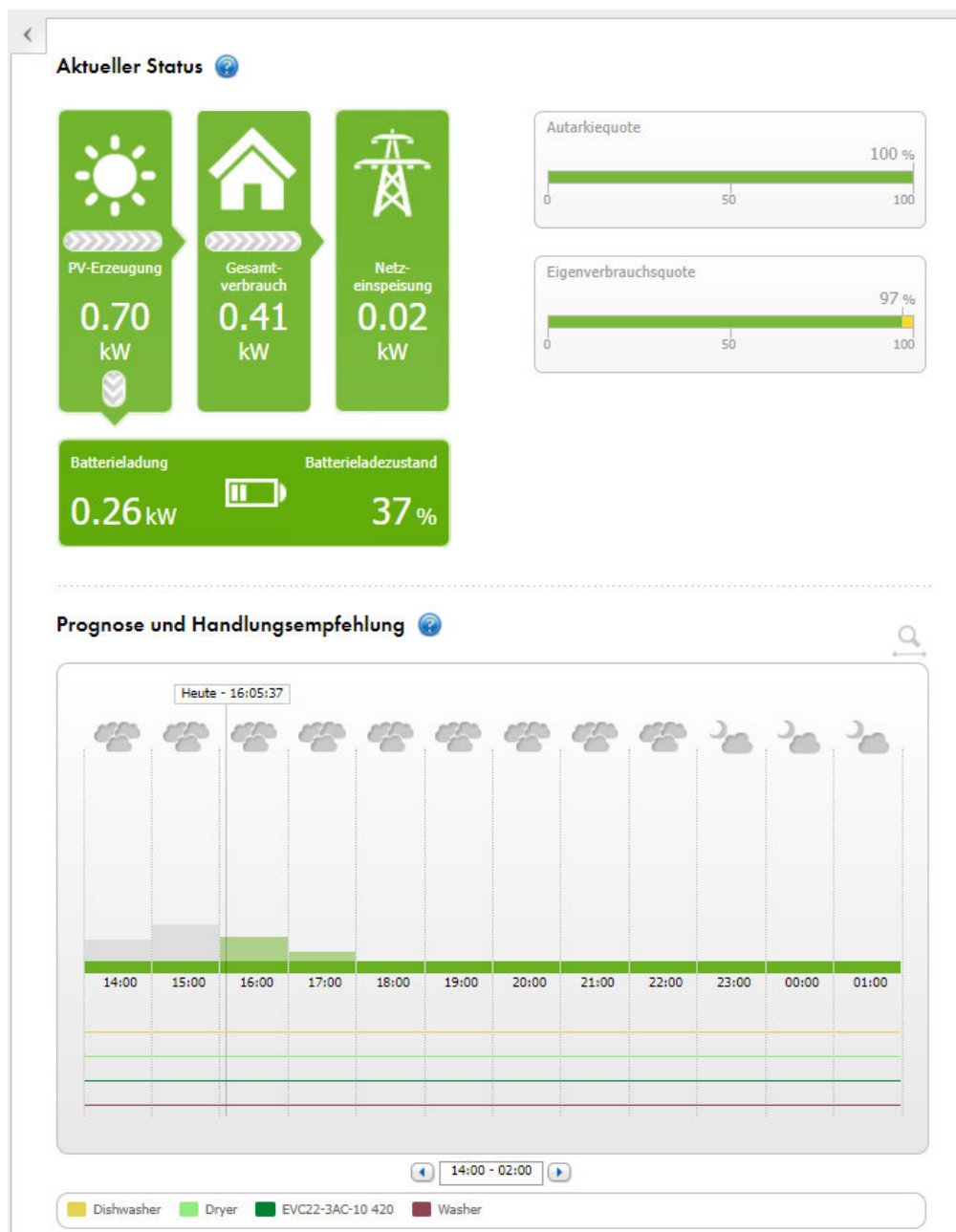


Abbildung A.2: Sunny Portal

<https://www.sunnyportal.com/> [8]

-> Beispielanlagen -> „SMA Integrated Storage System“.

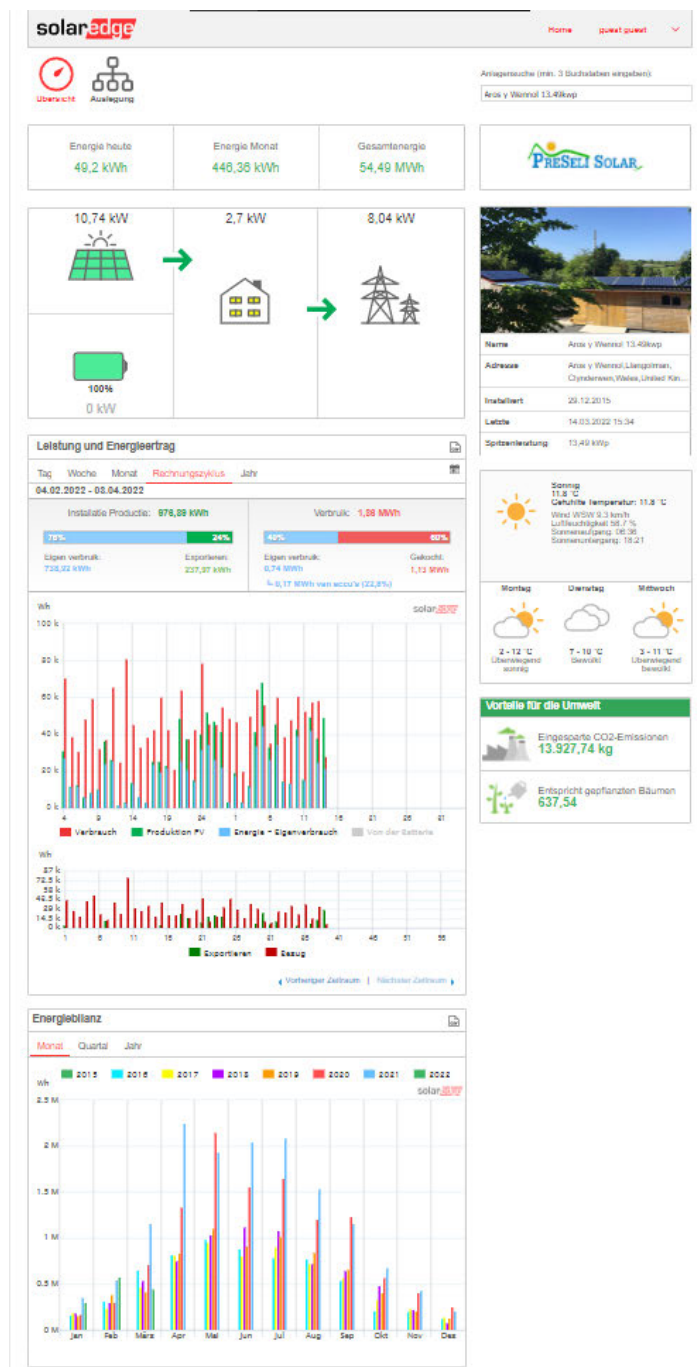


Abbildung A.3: SolarEdge Monitoring

<https://monitoring.solaredge.com/solaredge-web/p/home> [9]

-> Beispielkonto -> „Aros y Wennol 13.49kwp“.

A.2 Fragebogen

Monitoring von Solaranlagen

Seite 1

Hallo,

mein Name ist Megan Hiller, ich studiere Elektro- und Informationstechnik an der HAW Hamburg und verfasse derzeit meine Bachelorarbeit in Zusammenarbeit mit VEH Solar- und Energiesysteme.

Dazu würde ich gerne mehr zu Ihren persönlichen Vorlieben und Ihrem Nutzungsverhalten im Bezug auf das Monitoring Ihrer Solaranlage erfahren.

Das Ausfüllen der Umfrage wird etwa 5 Minuten in Anspruch nehmen.

Für den Erfolg der Umfrage ist es wichtig, dass die Fragen vollständig beantwortet werden.

Alle Daten werden vollständig anonymisiert erhoben und streng vertraulich behandelt.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Seite 2

Ich bin mit meiner derzeitigen Monitoring Lösung zufrieden

trifft nicht zu trifft eher nicht zu weder / noch trifft eher zu trifft zu

Es werden alle für mich relevanten Daten dargestellt.

trifft nicht zu trifft eher nicht zu weder / noch trifft eher zu trifft zu

Ich würde mir mehr Personalisierbarkeit wünschen.

trifft nicht zu trifft eher nicht zu weder / noch trifft eher zu trifft zu

Eine ansprechende graphische Benutzeroberfläche ist für mich von großer Bedeutung.

trifft nicht zu trifft eher nicht zu weder / noch trifft eher zu trifft zu

Das folgende Element sollte in einem Solarmonitoring dargestellt werden:

| | trifft nicht zu | trifft eher nicht zu | weder / noch | trifft eher zu | trifft zu |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Mehrere Wechselrichter (eines Systems/ einer Anlage) separat | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Wettervorhersage | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Strom- und Spannungsmesswerte | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Energieflussdiagramm | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Tagesverläufe | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Externe Geräte, wie Wallboxen oder Wärmepumpen sollten im Monitoring angezeigt werden.

(technische Voraussetzungen müssen gegeben sein)

trifft nicht zu trifft eher nicht zu weder / noch trifft eher zu trifft zu

Die Darstellung des finanziellen Ertrags ist für mich wichtig.

| | trifft nicht zu | trifft eher nicht zu | weder / noch | trifft eher zu | trifft zu |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| monatlich | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| jährlich | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| gesamt | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Ich möchte wissen, wie viel CO2 meine Solaranlage eingespart hat.

| | trifft nicht zu | trifft eher nicht zu | weder / noch | trifft eher zu | trifft zu |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| monatlich | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| jährlich | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| gesamt | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Geschlecht

- weiblich männlich divers keine Antwort

Alter

- 20-29 30-39 40-49 50-59 60 und älter

Mein(e) Wechselrichter ist/sind von folgendem Hersteller:

(Mehrfachnennungen möglich)

- Fronius
 Huawei
 Kostal
 LG
 SMA
 SolarEdge
 Anderer:

Die Anlage wird nach folgendem Konzept betrieben:

- Volleinspeisung (kein Eigenverbrauch)
 Überschusseinspeisung (mit Eigenverbrauch)

Ich nutze einen externen Anbieter zur Darstellung meines Monitorings.

(Beispielsweise SolarLog etc.)

- ja
 nein

In den letzten 30 Tagen haben ich mein Solarmonitoring aufgerufen:

nie

selten

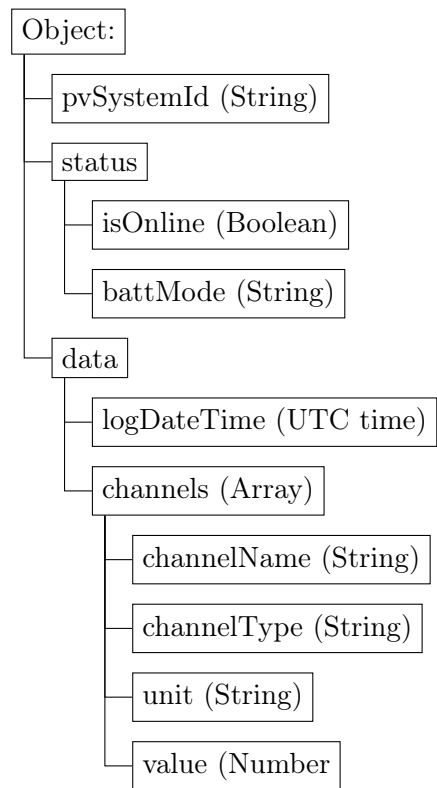
gelegentlich

oft

immerzu

» Umleitung auf Schlussseite von Umfrage Online

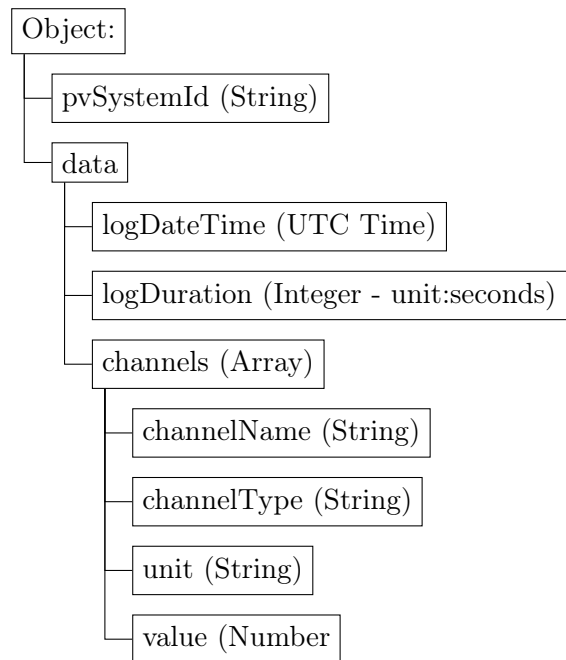
A.3 Flussdaten Response Object



A.4 kumulierte Daten Response Object



A.5 historische Daten Response Object



Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Ort

Datum

Unterschrift im Original