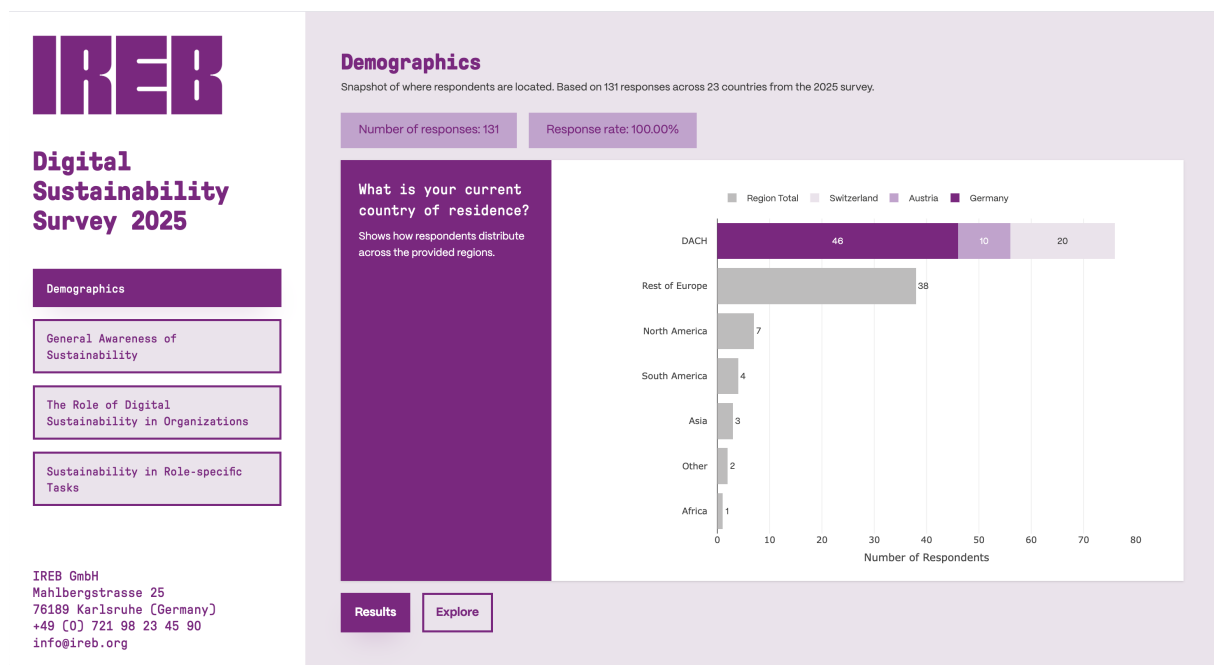


Interactive Dashboard for Longitudinal Analysis of Digital Sustainability Survey Data

P5-Arbeit

Windisch, Februar 2026



Studentin/Student

Orkun Atasoy

Timon Gisler

Fachbetreuer/in

Dr. Nitish Patkar

Prof. Dr. Norbert Seyff

Auftraggeberin

IREB GmbH

Projektnummer

25HS IIT30

Fachhochschule Nordwestschweiz, Hochschule für Informatik

Abstract

Digitale Nachhaltigkeit gewinnt im modernen Software Engineering zunehmend an Bedeutung. Um aktuelle Trends und Herausforderungen in diesem Bereich zu erfassen, führt das International Requirements Engineering Board (IREB) jährlich die «Digital Sustainability Survey» durch.

Die Analyse und breitenwirksame Kommunikation dieser komplexen Datenmengen ist jedoch herausfordernd und mittels statischer Berichte oft nur eingeschränkt möglich.

Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung eines interaktiven Dashboards, das diese Daten einer breiten Öffentlichkeit zugänglich macht und durch intuitive Visualisierung das Verständnis für digitale Nachhaltigkeit fördert. Unter Anwendung eines User-Centred Design (UCD) Ansatzes wurde eine Lösung konzipiert, die sowohl aktuelle Ergebnisse als auch Längsschnittanalysen über mehrere Jahre abbildet.

Die Umsetzung erfolgte als moderne Webanwendung mit Fokus auf Automatisierung und Performance. Anstelle einer reinen technischen Auflistung stand die Wahl adäquater Diagrammtypen – beispielsweise zur Darstellung zeitlicher Entwicklungen – im Vordergrund. Das Ergebnis ist ein öffentlich verfügbares Instrument, das komplexe Zusammenhänge verständlich macht, die Datenpflege automatisiert und das IREB dabei unterstützt, Wissen im Bereich der digitalen Nachhaltigkeit effektiv zu verbreiten.

Keywords: Digitale Nachhaltigkeit, Dashboard, Längsschnittanalyse, User-Centred Design, IREB

Danksagung

Mit der Fertigstellung dieser Arbeit an der Fachhochschule Nordwestschweiz möchten wir die Gelegenheit nutzen, um uns bei jenen Personen zu bedanken, die uns während der Durchführung dieses Projekts unterstützt haben.

Unser besonderer Dank gilt unseren Betreuern, Dr. Nitish Patkar und Prof. Dr. Norbert Seyff. Insbesondere möchten wir uns bei Dr. Nitish Patkar bedanken, der uns als primäre Ansprechperson mit wertvollem Input und stetiger Unterstützung durch das Projekt begleitet hat.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vii
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage und Motivation	1
1.2 Zielsetzung	1
1.3 Fragestellungen	1
1.4 Methodisches Vorgehen	2
2 Grundlagen, Stand der Forschung	3
2.1 Domäne: Digitale Nachhaltigkeit im Software Engineering	3
2.2 Das Erhebungsinstrument: Die Digital Sustainability Survey	3
2.3 Existierende Umfrage-Plattformen und Marktanalyse	4
2.4 Single-Page-Applications und Client-Side Data Processing	5
2.5 Prinzipien der Datenvisualisierung und Dashboard-Design	5
2.5.1 Grundlagen der Diagrammgestaltung	5
2.5.2 Definition und Anforderungen an Dashboards	6
2.5.3 Interaktionsdesign und Exploration	6
2.6 Längsschnittanalyse und Trends	6
3 Methodik und Anforderungsanalyse	8
3.1 Vorgehensmodell: Lean-Kanban	8
3.2 Analyse der Ist-Situation (Legacy-System)	9
3.2.1 Identifizierte Defizite	9
3.3 Anforderungsanalyse (Requirements Engineering)	10
3.3.1 Funktionale Schwerpunkte	10
3.4 Datenanalyse	10
3.4.1 Struktur des Erhebungsinstruments	10
3.4.2 Verarbeitungsarchitektur	11
3.5 Design- und Validierungsprozess	12
3.5.1 Iterative Validierung & Abnahme	12

4	Konzeption des Dashboards und Visualisierungsstrategie	13
4.1	Informationsarchitektur & Navigation	13
4.1.1	Seitenstruktur	13
4.1.2	Navigationsmuster & Längsschnittanalyse	13
4.1.3	Diagramm-Interaktion	13
4.2	Visualisierungskonzept	15
4.2.1	Primäre Resultate (Einzeljahresansicht)	15
4.2.2	Explore-Bereich (Vertiefte Analyse)	15
4.2.3	Qualitative Daten (Freitext)	15
4.2.4	Trend-Darstellung (Jahresvergleiche)	15
4.2.5	Umgang mit variablen Stichprobengrößen	16
4.3	User Interface (UI) Design & Barrierefreiheit	16
4.3.1	Design-System & Corporate Identity (CI)	16
4.3.2	Responsivität	16
4.4	Prototyping & Validierung	16
4.4.1	Interaktiver Klick-Prototyp als Spezifikation	17
4.4.2	Design-Approval als Startschuss	17
5	Technische Implementierung und Architektur	19
5.1	Systemarchitektur & Setup	19
5.1.1	Architekturübersicht	19
5.1.2	Projekt-Setup & Entwicklungsumgebung	19
5.2	Datenverarbeitung (Data Processing)	20
5.2.1	Import & Parsing	20
5.2.2	Mapping & Aggregation	20
5.3	Frontend-Entwicklung	21
5.3.1	Komponenten-Struktur	21
5.3.2	Integration von Plotly.js	21
5.3.3	State Management	21
5.3.4	Styling & Responsiveness	21
5.4	Deployment & Automatisierung	21
5.4.1	CI/CD Pipeline	22
5.4.2	Hosting-Strategie	22

6	Ergebnisse	23
6.1	Erfüllung der Anforderungen (Technische Validierung)	23
6.2	Benutzer-Validierung (User Evaluation)	24
6.3	Beantwortung der Forschungsfragen	24
6.3.1	RQ1: Komplexität der Analyse und Darstellung	24
6.3.2	RQ2: Visualisierung von Trends und Längsschnitten	26
6.3.3	RQ3: Exploration komplexer Zusammenhänge	26
6.3.4	RQ4: Förderung des Bewusstseins und Minimierung kognitiver Belastung	26
7	Schlussbemerkungen	28
7.1	Fazit	28
7.2	Kritische Würdigung und Reflexion der Umsetzung	28
7.2.1	Umgang mit Design-Anforderungen (User Interface)	28
7.2.2	Technische Architektur und Datenkomplexität	28
7.3	Ausblick	28
	Quellenverzeichnis	30
	Eigenständigkeitserklärung	32
A	Aufgabenvereinbarung	33
B	Umfragebogen	42
C	Evaluationsbögen der Validierung	50
D	Sitzungsprotokolle	60

Abbildungsverzeichnis

3.1	Ansicht des verwendeten GitHub Projects Boards mit definierten Spalten	8
3.2	Legacy-System (Pyhton Dashboard): Inkonsistente visuelle Darstellung der Daten (Farben)	9
3.3	Visualisierung des zweistufigen Datenverarbeitungs-Ansatzes: Die technische Umwandlung erfolgt zentral, während die geschäftslogische Aufbereitung direkt in der Visualisierungskomponente stattfindet.	11
3.4	Ausschnitt aus dem Figma-Prototypen, der das neue Designkonzept und die Integration der CI-Vorgaben zeigt.	12
4.1	Design-System Übersicht: Links die definierte Farbpalette mit Abstufungen (generiert), rechts die typografischen Vorgaben.	17
4.2	Visualisierung der Interaktionspfade («Noodles») im Figma-Prototyp, die den logischen Ablauf der Anwendung definieren.	18
5.1	Architektur-Modell: Automatisches Deployment via Vercel und clientseitiges Nachladen der statischen Daten.	19

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Motivation

Digitale Nachhaltigkeit entwickelt sich zu einem zunehmend zentralen Thema in der modernen Softwareentwicklung [1]. Um aktuelle Trends, Praktiken und Herausforderungen in diesem Bereich fundiert zu erfassen, führt das International Requirements Engineering Board (IREB) jährlich eine umfassende Umfrage zur digitalen Nachhaltigkeit im Software Engineering durch. Diese Erhebungen generieren wertvolle Datensätze, deren volles Potenzial für die Forschung und die breite Öffentlichkeit jedoch nur durch eine adäquate Aufbereitung ausgeschöpft werden kann.

Obwohl diese Erhebungen wertvolle Datensätze generieren, sind die Ergebnisse derzeit oft über verschiedene Forschungsarbeiten verstreut oder nur als statische Berichte verfügbar. Dies beschränkt den Zugang faktisch auf einen kleinen Kreis von Forschenden und Experten. Einer breiten Öffentlichkeit bleibt der direkte Zugriff auf diese Erkenntnisse weitgehend verwehrt. Zudem erschwert die fragmentierte Publikation die Analyse von Langzeittrends, da eine robuste zentrale Plattform fehlt, die Daten über mehrere Jahre hinweg bündelt und vergleichbar macht. Es besteht daher der Bedarf nach einer Lösung, die diese Barrieren abbaut und die Daten transparent zugänglich macht.

1.2 Zielsetzung

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, die Hürden für den Zugang zu komplexen Daten der digitalen Nachhaltigkeit abzubauen. Während klassische Berichte oft auf einer statischen Primäranalyse verharren, ist es das Ziel dieser Arbeit, durch ein interaktives Dashboard eine eigenständige Sekundäranalyse durch die Nutzer zu ermöglichen.

Das Dashboard soll als «Übersetzer» fungieren, der die umfangreichen Datensätze der IREB-Umfrage so aufbereitet, dass sie für eine breite Öffentlichkeit – von Fachexperten bis zu interessierten Laien – verständlich und interessant sind. Die Zielsetzung gliedert sich dabei in vier Kernbereiche:

1. **Befähigung zur Sekundäranalyse (Längsschnitt):** Nutzer sollen nicht nur Momentaufnahmen sehen, sondern durch interaktive Vergleiche Trends und Entwicklungen über mehrere Jahre hinweg eigenständig explorieren können.
2. **Intuitive Informationsvermittlung:** Der Einsatz fortgeschrittener, aber klarer Visualisierungen (z. B. Heatmaps, Stacked Bar Charts oder Dumbbell-Plots für Vergleiche) soll komplexe Zusammenhänge auf einen Blick erfassbar machen und das Interesse an der Thematik wecken.
3. **Automatisierung:** Die Entwicklung eines Prozesses, der neue Umfragedaten (z. B. via Git-Schnittstelle) automatisch einliest, bereinigt und visualisiert, um die Aktualität und Langlebigkeit der Plattform zu sichern.
4. **Globale Zugänglichkeit:** Durch eine öffentliche Web-Lösung werden die Erkenntnisse demokratisiert und stehen weltweit als verlässliche Informationsquelle zur Verfügung.

1.3 Fragestellungen

Ausgehend von der Zielsetzung werden in dieser Arbeit folgende zentralen Forschungsfragen beantwortet:

1. Welche etablierten Visualisierungsprinzipien und -richtlinien sind am effektivsten, um die Komplexität der Analyse und Darstellung von Umfragedaten zu bewältigen – von der primären Analyse einzelner Antworttypen (z.B. Likert-Skalen, nominale Daten, Mehrfachauswahl) bis hin zur anspruchsvolleren sekundären Analyse, die Zusammenhänge und Korrelationen zwischen Variablen aufzeigt?
 - (a) Welche Entscheidungsregeln bestimmen die angemessene Verwendung von absoluten Häufigkeiten gegenüber prozentualen Anteilen, um Fehlinterpretationen zu vermeiden, insbesondere beim Filtern von Daten oder beim Vergleich von Jahren mit unterschiedlichen Stichprobengrößen?
2. Welche Visualisierungstechniken eignen sich am besten, um Trends und Vergleiche zwischen den Jahren in den Umfragedaten effektiv zu kommunizieren?
3. Wie können komplexe Korrelationen und Zusammenhänge zwischen Umfragevariablen (demografische Faktoren, Likert-Skalen, Multiple-Select) durch benutzerfreundliche, interaktive Visualisierungsmethoden explorierbar gemacht werden?
4. Inwiefern kann das interaktive Dashboard das Bewusstsein für digitale Nachhaltigkeit fördern und in welchem Ausmass minimiert das gewählte Visualisierungskonzept dabei die kognitive Belastung der Nutzer bei der Dateninterpretation?

1.4 Methodisches Vorgehen

Die Umsetzung des Projekts erfolgt nach der «Lean-Kanban»-Methode, um einen kontinuierlichen Arbeitsfluss und eine effiziente Abarbeitung des Backlogs zu gewährleisten. Für die Gestaltung des Dashboards wird ein User-Centred Design (UCD) Ansatz verfolgt, der die Erstellung von UI-/UX-Konzepten und Prototypen sowie deren Validierung durch Nutzerfeedback beinhaltet. Dabei orientiert sich die Visualisierung an wissenschaftlichen Grundlagen und bewährten Gestaltungsprinzipien, die durch Literaturrecherche ermittelt werden, um Verständlichkeit und Aussagekraft sicherzustellen.

2 Grundlagen, Stand der Forschung

2.1 Domäne: Digitale Nachhaltigkeit im Software Engineering

Digitale Nachhaltigkeit wird oft missverständlich auf die Energieeffizienz von Hardware reduziert («Green IT»). Der vom IREB und der Special Interest Group on Sustainability (SIGsus) vertretene Ansatz ist jedoch ganzheitlicher. Er basiert unter anderem auf dem Karlskrona Manifesto, welches Nachhaltigkeit in verschiedenen Dimensionen betrachtet: ökonomisch, ökologisch, sozial, individuell und technisch [2] [3].

- **Ökologisch:** Energieverbrauch, CO₂-Fussabdruck, Hardware-Lebenszyklus [4].
- **Sozial:** Auswirkungen von Software auf gesellschaftliche Strukturen, Demokratie und Gerechtigkeit [4].
- **Technisch:** Langlebigkeit und Wartbarkeit von Softwaresystemen («Sustainability of the system itself») [4].

Die IREB-Umfrage operiert in diesem Spannungsfeld und erhebt Daten in Kategorien wie «Awareness» (Bewusstsein), «Organization» (Unternehmensrichtlinien) und «Role-Specific Tasks» (konkrete Tätigkeiten im Arbeitsalltag). Eine besondere Herausforderung für die Visualisierung dieser Daten ist ihre Natur als Längsschnittdaten. Da sich das Verständnis von Nachhaltigkeit dynamisch wandelt, ändern sich auch Fragen und Antwortmöglichkeiten über die Jahre, was eine flexible Datenverarbeitung (Mapping) erfordert.

2.2 Das Erhebungsinstrument: Die Digital Sustainability Survey

Die vom IREB jährlich durchgeführte «Digital Sustainability Survey» dient der Erfassung von Trends und Herausforderungen im Bereich der Nachhaltigkeit im Software Engineering (der vollständige Fragebogen befindet sich in Anhang B). Der Fragebogen ist thematisch in vier Hauptblöcke unterteilt:

- **Demografie:** Erfassung von Alter, Erfahrung, Rolle, Unternehmenstyp und Domäne zur Kontextualisierung der Teilnehmer.
- **General Awareness:** Abfrage des allgemeinen Verständnisses von «Sustainable Software» und «Sustainable by Software».
- **Organizational Practices:** Untersuchung von Unternehmensrichtlinien, Zielen und Trainingsangeboten.
- **Role-Specific Tasks:** Konkrete Anwendung von Nachhaltigkeitsprinzipien im Arbeitsalltag (z. B. als Requirements Engineer oder Developer).

Das Instrument nutzt verschiedene Fragetypen, die spezifische Anforderungen an die spätere Visualisierung stellen:

- **Single-Select & Drop-Down:** Für eindeutige Klassifizierungen (z. B. «Country of Residence»).

- **Multiple-Select:** Erlaubt Mehrfachnennungen, etwa bei den betrachteten Nachhaltigkeitsdimensionen.
- **Freitext:** Qualitative Erfassung von Gründen oder Tools.
- **Bedingte Logik (Preconditions):** Die Umfrage enthält Verzweigungen. Bestimmte Fragen werden nur gestellt, wenn eine Vorbedingung erfüllt ist (z. B. erscheint Frage 11 nur, wenn Frage 10 mit «Nein» beantwortet wurde).

2.3 Existierende Umfrage-Plattformen und Marktanalyse

Für die digitale Datenerhebung und elementare Auswertung existieren am Markt diverse etablierte Standardlösungen. Zu den verbreitetsten Werkzeugen zählen **LimeSurvey**, **SurveyMonkey** sowie die in Office-Suiten integrierten Lösungen **Google Forms** und **Microsoft Forms** [5], [6], [7], [8]. Diese Tools zeichnen sich durch eine hohe Reife in der Erfassungsphase aus: Sie ermöglichen eine effiziente Gestaltung von Fragebögen, das Management von Teilnehmenden und bieten grundlegende Export-Funktionen (z. B. CSV oder Excel) [5], [6], [7], [8], [9].

Hinsichtlich der Anforderungen an die hier angestrebte Analyse und öffentliche Kommunikation weisen diese Plattformen jedoch relevante Limitationen auf:

- **Eingeschränkte Längsschnittanalyse:** Einzelne Tools wie SurveyMonkey unterstützen Trendansichten für laufende Erhebungen (z. B. über die Funktion «Data Trends»), indem Antwortverläufe im Zeitablauf innerhalb derselben Umfrage visualisiert werden [10]. Die automatisierte Zusammenführung mehrerer, technisch getrennter Erhebungswellen (z. B. Jahreswellen 2025 vs. 2026 mit separaten Umfragen) ist hingegen nur begrenzt vorgesehen, sodass komplexe Zeitvergleiche in der Praxis meist den Export der Rohdaten und eine externe Konsolidierung in Drittwerkzeugen (z. B. Excel, Google Sheets, SPSS) erfordern [5], [6], [8]. Dies korrespondiert mit der Empfehlung der Anbieter, für weitergehende Analysen Exporte in Statistik- oder BI-Werkzeuge zu nutzen [9], [10].
- **Limitierte Visualisierungsmöglichkeiten:** Die integrierten Auswertungsoberflächen dieser Standardlösungen fokussieren primär auf typische Diagrammtypen wie Balken-, Linien- und Kreisdiagramme zur schnellen Ergebnisübersicht [5], [6], [7], [8], [9]. Spezialisierte Visualisierungsformen, die für ein narratives Daten-Storytelling besonders geeignet sind – wie die in Kapitel 2.6 beschriebenen Dumbbell-Plots zur Darstellung von Gaps – lassen sich mit Bordmitteln in der Regel nicht direkt umsetzen und erfordern den Einsatz externer Visualisierungs- oder BI-Werkzeuge [9]. Auch die tiefe Anpassung an eine spezifische Corporate Identity (z. B. konsistentes Farb-, Typografie- und Layoutsystem über mehrere Dashboards hinweg) ist häufig nur eingeschränkt möglich [5], [6], [7], [8].
- **Öffentliche Zugänglichkeit und Interaktion:** Die Analyse-Ansichten der genannten Plattformen sind in erster Linie für den internen Gebrauch durch Umfrageerstellerinnen und -ersteller sowie definierte Stakeholder konzipiert [7], [8]. Zwar erlauben einige Lösungen (z. B. SurveyMonkey oder LimeSurvey) das Teilen von Ergebnisansichten über Links, diese sind jedoch funktional auf grundlegende Filter- und Betrachtungsoptionen beschränkt und adressieren primär einfaches Stakeholder-Reporting [7], [8]. Ein vollwertiges, interaktives Public-Dashboard, das einer breiten Öffentlichkeit eine eigenständige Exploration der Daten (Filtern, Zoomen, Perspektivwechsel) erlaubt, ohne direkten Zugriff auf Rohdaten

oder Backend-Komponenten zu gewähren, ist in der Regel nur durch zusätzliche BI- oder Web-Technologien realisierbar.

Fazit: Während die genannten Tools die Anforderungen an eine effiziente, standardisierte Datenerhebung gut unterstützen, decken sie die Anforderungen an eine nachhaltige, vergleichende und öffentlich orientierte Datenkommunikation nur teilweise ab. Diese Lücke motiviert die Entwicklung einer massgeschneiderten Dashboard-Lösung, welche die Limitationen der Standardsoftware durch spezialisierte Visualisierungen sowie eine auf Längsschnittanalysen ausgerichtete Logik gezielt adressiert.

2.4 Single-Page-Applications und Client-Side Data Processing

Moderne Webanwendungen nutzen häufig Client-Side Rendering (CSR), um Interaktivität und Benutzerfreundlichkeit zu steigern. Eine populäre Umsetzung dieses Konzepts sind Single-Page Applications (SPA). Wie Peltonen et al. erläutern, wird bei einer SPA initial nur eine einzelne HTML-Datei in den Browser geladen [11]. Statt bei jeder Interaktion die Seite komplett neu zu laden, wird das Document Object Model (DOM) dynamisch mittels JavaScript aktualisiert. Dies führt zu einer «smoother user experience», da Wartezeiten reduziert werden und sich die Anwendung eher wie eine native Desktop-Applikation anfühlt [11].

Bibliotheken wie React bieten hierfür eine Abstraktionsschicht, die die komplexe DOM-Manipulation vereinfacht [11]. In der vorliegenden Arbeit kommt eine solche React-basierte Architektur zum Einsatz. Eine Besonderheit ist dabei die Datenhaltung: Ein CSV-Datensatz ist direkt in die Applikation eingebettet und wird initial an den Client übertragen. Unabhängig von einer Backend-Infrastruktur dient diese Datei als lokale Datenquelle. Die gesamte Verarbeitung der Rohdaten und die Generierung der Graphen finden anschliessend clientseitig im Browser statt, was die Rechenlast vollständig auf das Endgerät des Nutzers verlagert.

2.5 Prinzipien der Datenvisualisierung und Dashboard-Design

2.5.1 Grundlagen der Diagrammgestaltung

Die effektive Visualisierung erfordert laut Claus Wilke mehr als nur Reduktion. In «Fundamentals of Data Visualization» betont er die Balance zwischen Daten und Kontext: Hintergrundelemente wie Gitterlinien sind kein «Abfall» (Chartjunk), sondern essenzielle Anker für die menschliche Wahrnehmung [12].

Ein zentrales Gebot ist das Prinzip der «Proportional Ink»: Die Menge der verwendeten Tinte (oder Pixel) muss direkt proportional zum repräsentierten Datenwert sein, um Verzerrungen zu vermeiden [12]. Wilke klassifiziert Probleme in drei Kategorien:

- **Ugly:** Ästhetisch unbefriedigend, aber inhaltlich korrekt [12].
- **Bad:** Unklar, verwirrend oder kognitiv überlastend [12].
- **Wrong:** Faktisch irreführend (z. B. Balkendiagramme, die nicht bei null beginnen) [12].

Das Ziel ist eine Darstellung, die sowohl mathematisch akkurat als auch intuitiv erfassbar ist.

2.5.2 Definition und Anforderungen an Dashboards

In der wissenschaftlichen Literatur und Praxis existieren diverse Definitionen für den Begriff «Dashboard», die oft unterschiedliche Schwerpunkte in Bezug auf Funktion und Gestaltung setzen. Im Kern fungieren Dashboards als eine kuratierte Linse, durch die Nutzer grosse und komplexe Datensätze auf einen Blick erfassen können. Sie kombinieren visuelle Repräsentationen mit grafischen Elementen, um Abstraktionsebenen zu schaffen, die dem Betrachter eine zeiteffiziente Übersicht über relevante Informationen ermöglichen [13].

Eine der prominentesten Definitionen stammt von Stephen Few, der ein Dashboard beschreibt als eine

«visuelle Anzeige der wichtigsten Informationen, die benötigt werden, um ein oder mehrere Ziele zu erreichen; konsolidiert und auf einem einzigen Bildschirm angeordnet, sodass die Informationen auf einen Blick überwacht werden können» [14].

Andere Autoren, wie Kitchin, betonen, dass Dashboards nicht bloss Daten widerspiegeln, sondern als Übersetzer fungieren, die Parameter festlegen, wie Daten kommuniziert werden und wie mit ihnen interagiert werden kann [15].

Trotz dieser Definitionen herrscht kein vollständiger Konsens darüber, was exakt als Dashboard gilt – insbesondere in Abgrenzung zu komplexen visuellen Analysesystemen. Während klassische Definitionen oft den statischen Monitoring-Aspekt auf einem einzigen Bildschirm betonen, umfassen modernere Ansätze auch interaktive Systeme, die Exploration und Drill-down-Funktionen bieten [13].

2.5.3 Interaktionsdesign und Exploration

Für die Interaktion mit komplexen Datenmengen folgt das Design dem **Visual Information Seeking Mantra** von Ben Shneiderman:

«Overview first, zoom and filter, then details-on-demand» [16].

Dieses Prinzip beschreibt einen dreistufigen Prozess:

1. **Overview:** Der Nutzer erhält zunächst einen Gesamtüberblick über die Datenlage (z. B. Startseite mit Demografie).
2. **Zoom & Filter:** Durch Interaktion können spezifische Teilbereiche fokussiert werden (z. B. Filterung nach Jahren oder Rollen).
3. **Details-on-demand:** Detaillierte Werte werden erst bei Bedarf, etwa durch Mouseover-Events (Tooltips), eingeblendet.

Dieser Ansatz verhindert, dass der Nutzer initial von der Datenmenge überwältigt wird, und unterstützt die progressive Informationserschliessung.

2.6 Längsschnittanalyse und Trends

Für die Darstellung von Veränderungen oder Abständen zwischen zwei Datenpunkten (z. B. im Zeitverlauf) empfiehlt Evergreen den Einsatz von **Dumbbell Plots** (Connected Dot Plots). Der wesentliche Vorteil gegenüber einfachen Punktdiagrammen liegt in der Verbindungslinie, welche die Distanz zwischen den Punkten explizit hervorhebt. Dies eignet sich besonders, um

Geschichten über Wachstum oder Lücken («Gap») zu erzählen, da der Fokus direkt auf das Delta gelenkt wird. Die Sortierung der Daten basierend auf diesem Wachstum erleichtert zudem das Ablesen der relevanten Informationen erheblich. Zusammenfassend stellt Evergreen fest: «Nothing else shows the gap or growth in the dataset quite as well» [17].

3 Methodik und Anforderungsanalyse

3.1 Vorgehensmodell: Lean-Kanban

Um die Zusammenarbeit in unserem Team effizient zu gestalten, setzten wir auf das agile Vorgehensmodell «Lean-Kanban» [18]. Dieser Ansatz ermöglichte es uns durch einen kontinuierlichen Arbeitsfluss («Continuous Flow») und den Verzicht auf starre Sprints, den organisatorischen Aufwand gering zu halten und den Fokus konsequent auf den Abschluss von Aufgaben zu legen.

Unseren Arbeitsfluss visualisierten und steuerten wir über ein GitHub Projects Board. Die Spalten «Todo», «In Progress», «Review» und «Done» bildeten dabei den Lebenszyklus unserer Aufgaben ab. Um Multitasking zu vermeiden und die Durchlaufzeiten zu optimieren, limitierten wir die parallele Arbeit durch strikte «Work in Progress»-Grenzen (WIP-Limits) von maximal zwei Tickets pro aktiver Spalte.

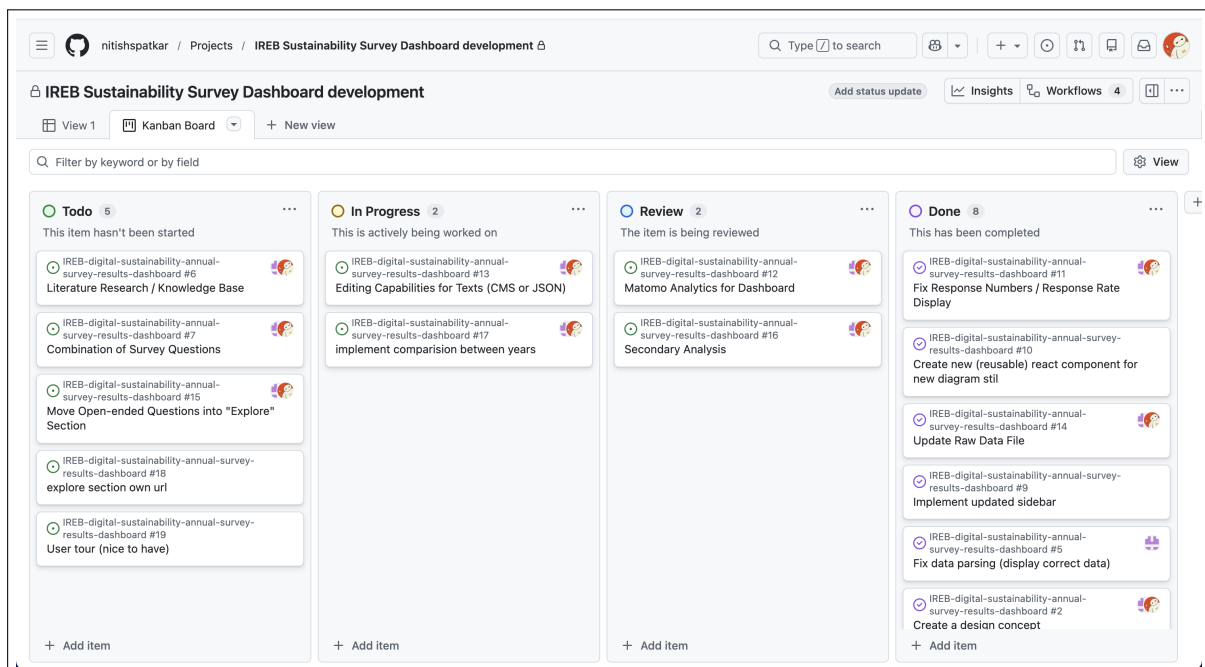


Abbildung 3.1: Ansicht des verwendeten GitHub Projects Boards mit definierten Spalten

Die Synchronisation im Team erfolgte gezielt an den Unterrichtstagen, um an den übrigen Tagen unterbrechungsfreie Fokuszeiten zu gewährleisten.

Anstelle formaler Akzeptanzkriterien basierten unsere Tickets direkt auf den Anforderungen und dem Feedback unseres Auftraggebers (IREB), die wir primär über Microsoft Teams erhielten und in Aufgaben überführten.

1. **Definition of Ready:** Eine Aufgabe wurde ins Board aufgenommen, sobald die Anforderung durch die Kommunikation mit dem Kunden geklärt war.
2. **Definition of Done:** Eine Aufgabe galt als abgeschlossen, sobald das Feature deployed war und der Kunde das Resultat akzeptiert hatte.

3.2 Analyse der Ist-Situation (Legacy-System)

Zum Projektstart existierte bereits ein grundlegendes, Python-basiertes Dashboard zur Auswertung der IREB-Umfragedaten. Eine detaillierte Analyse dieser bestehenden Lösung deckte jedoch gravierende funktionale und qualitative Mängel auf, die eine Weiterentwicklung oder Neukonzeption notwendig machten.

3.2.1 Identifizierte Defizite

1. **Fehlende Längsschnittanalyse:** Das System bot keine Möglichkeit, Daten über mehrere Jahre hinweg zu vergleichen, wodurch Trends und zeitliche Entwicklungen nicht erkennbar waren.
2. **Mangelnde Analysetiefe und Unvollständigkeit:** Die Visualisierung beschränkte sich ausschliesslich auf die primären Resultate der Umfrage, wobei selbst diese nicht vollständig abgebildet wurden. Eine tiefergehende Analyse, insbesondere die Untersuchung von Zusammenhängen durch die Cross-Kombination verschiedener Fragestellungen, fand nicht statt.
3. **Inkonsistentes Design:** Der Anwendung fehlte eine klare konzeptionelle Führung. Das Design war inkonsistent und wenig ansprechend, was die intuitive Erfassbarkeit der Daten erschwerte.
4. **Zweifel an der Datenintegrität:** Es lagen Hinweise vor, dass einzelne Visualisierungen die zugrundeliegenden Daten nicht korrekt wiedergaben, was eine Prüfung der Berechnungslogik unabdingbar machte.



Abbildung 3.2: Legacy-System (Pyhton Dashboard): Inkonsistente visuelle Darstellung der Daten (Farben)

3.3 Anforderungsanalyse (Requirements Engineering)

Als Hauptstakeholder definierte das International Requirements Engineering Board (IREB) die Vision eines interaktiven, webbasierten Dashboards, das die Umfragedaten zur digitalen Nachhaltigkeit öffentlich zugänglich macht. Der Fokus lag dabei auf der Langlebigkeit der Lösung, einem automatisierten Betrieb sowie der globalen Verfügbarkeit für eine breite Zielgruppe.

Die Anforderungen ermittelten und schärften wir im direkten, kontinuierlichen Dialog mit den Stakeholdern via Microsoft Teams und E-Mail. Auf formalisierte User Stories verzichteten wir dabei bewusst. Stattdessen überführten wir die konkreten Wünsche und das Feedback des Kunden pragmatisch und direkt in Aufgaben-Tickets auf unserem Kanban-Board auf Github.

3.3.1 Funktionale Schwerpunkte

Aus den Projektzielen leiteten wir folgende funktionale Schwerpunkte ab:

1. **Längsschnittanalyse:** Die Befähigung der Nutzer, Trends und Muster im Zeitverlauf zu erkennen, um die Entwicklung der digitalen Nachhaltigkeit über mehrere Jahre hinweg vergleichbar zu machen.
2. **Datenkorrektheit & Analysetiefe:** Gewährleistung einer validen Datenverarbeitung und -darstellung als Basis für das Vertrauen in die Plattform. Zudem sollte das System über die reine Abbildung von Primärresultaten hinausgehen und durch tiefergehende Analysen sowie deren Visualisierung (z. B. von Cross-Kombinationen) auch komplexe Zusammenhänge erschliessen.
3. **Automatisierter Datenprozess:** Die Implementierung einer Pipeline, die neue Daten automatisch einliest, validiert und bereinigt, um manuellen Pflegeaufwand zu eliminieren und die Aktualität sicherzustellen.
4. **Adäquate Visualisierung:** Der Einsatz spezialisierter Diagrammtypen (z. B. Stacked Bar Charts, Horizontal Bar Charts, Grouped Bar Charts, Heatmaps) anstelle einfacher Standarddiagramme, um die Ergebnisse präzise zu kommunizieren.

3.4 Datenanalyse

Die Datengrundlage des Dashboards bilden die jährlichen Exporte der «Digital Sustainability Survey» des IREB, die als CSV-Dateien vorliegen. Die Analyse und Aufbereitung dieser Rohdaten erfolgte unter Berücksichtigung der spezifischen Struktur des Erhebungsinstruments sowie der Anforderungen an eine verlässliche Längsschnittbetrachtung.

3.4.1 Struktur des Erhebungsinstruments

Der Fragebogen gliedert sich thematisch in die Bereiche Demografie, generelles Bewusstsein für Nachhaltigkeit, organisatorische Praktiken sowie rollenspezifische Aufgaben. Technisch setzt sich die Datenstruktur aus verschiedenen Fragetypen zusammen:

1. **Single-Select & Drop-Down:** Für eindeutige Kategorisierungen (z. B. Altersgruppen, Berufsrolle).

2. **Multiple-Select:** Für Fragen mit mehreren Antwortmöglichkeiten (z. B. betrachtete Nachhaltigkeitsdimensionen), was bei der Aggregation eine gesonderte Betrachtung der jeweiligen Stichprobengröße (n) erfordert.
3. **Bedingte Verzweigungen (Skip Logic):** Das Erhebungsinstrument enthält diverse Vorbedingungen (z. B. wird Frage 11 nur gestellt, wenn Frage 10 mit «Nein» beantwortet wurde). Diese Logik führt zu strukturellen «Lücken» in den Datensätzen, die bei der Analyse korrekt als «nicht zutreffend» statt als «fehlend» interpretiert werden müssen.

Eine zentrale Herausforderung stellte die Vergleichbarkeit der Daten über mehrere Jahre dar, da die Stichprobengrößen (N) jährlich variieren. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, priorisierten wir für den Jahresvergleich relative Prozentwerte gegenüber absoluten Häufigkeiten. Dies gewährleistet, dass Trends und Verschiebungen im Antwortverhalten unabhängig von der totalen Teilnehmerzahl sichtbar werden.

3.4.2 Verarbeitungsarchitektur

Die Verarbeitung der Rohdaten erfolgt in einem zweistufigen Ansatz direkt clientseitig. Während ein zentraler **SurveyCsvParser** die initiale technische Transformation der CSV-Texte in strukturierte Objekte übernimmt, implementierten wir die semantische Validierung und Normalisierung der Daten dezentral innerhalb der TypeScript-Dateien der jeweiligen Visualisierungskomponenten.

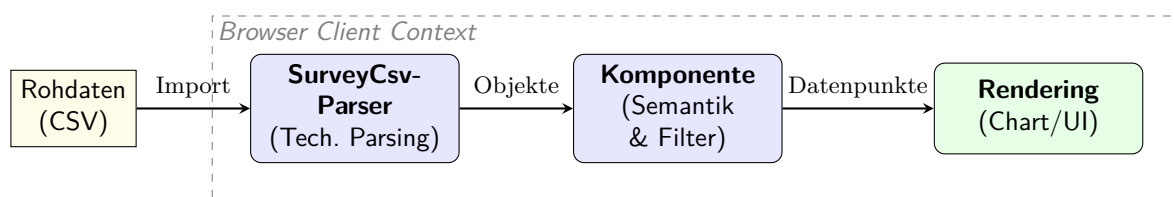


Abbildung 3.3: Visualisierung des zweistufigen Datenverarbeitungs-Ansatzes: Die technische Umwandlung erfolgt zentral, während die geschäftslogische Aufbereitung direkt in der Visualisierungskomponente stattfindet.

Anstelle einer monolithischen vorgelagerten ETL-Pipeline erfolgt die logische Aufbereitung – wie das Filtern von Antworten basierend auf bedingten Fragen («Skip Logic») und die Aggregation für spezifische Graphen – unmittelbar vor dem Rendering. Dies ermöglichte eine direkte Kopplung von Datenlogik und Darstellung, wodurch wir spezifische Anforderungen und Abhängigkeiten zwischen Fragen (z. B. Filterung der Gründe für fehlende Trainings) individuell und wartbar pro Diagrammkomponente abbilden konnten.

3.5 Design- und Validierungsprozess

Um sicherzustellen, dass das Dashboard sowohl den ästhetischen Anforderungen als auch den funktionalen Bedürfnissen der Zielgruppe entspricht, folgte die Gestaltung einem iterativen »User-Centred Design«-Ansatz [19]. Als zentrales Werkzeug für die Erstellung und Verwaltung der Entwürfe kam Figma zum Einsatz.

Anders als in klassischen Designprozessen verzichteten wir auf die Erstellung neuer Low-Fidelity-Wireframes. Stattdessen diente das bestehende Python-Dashboard als visuelle und funktionale Ausgangsbasis. Auf diesem Fundament entwickelten wir direkt High-Fidelity-Mockups, in denen wir die Schwächen des Altsystems behoben und die neuen Anforderungen integrierten. Ein besonderer Fokus lag dabei auf der strikten Einhaltung der Corporate Identity (CI) und des Corporate Designs des IREB, um eine nahtlose Integration in die bestehende Markenlandschaft zu gewährleisten.



Abbildung 3.4: Ausschnitt aus dem Figma-Prototypen, der das neue Designkonzept und die Integration der CI-Vorgaben zeigt.

3.5.1 Iterative Validierung & Abnahme

Anstelle klassischer Usability-Tests mit externen Probanden setzten wir auf eine iterative Validierung mit den Stakeholdern. Für die Validierung stellten wir den Stakeholdern einen interaktiven, klickbaren Prototypen in Figma via Microsoft Teams bereit. Dies ermöglichte dem Kunden, die geplanten Interaktionen und User Flows selbstständig und asynchron zu testen. Das daraus resultierende Feedback zur fachlichen Korrektheit und User Experience floss direkt in die Überarbeitung der Entwürfe ein.

4 Konzeption des Dashboards und Visualisierungsstrategie

4.1 Informationsarchitektur & Navigation

Die Informationsarchitektur des Dashboards wurde mit dem Ziel entwickelt, die Komplexität der mehrjährigen Umfragedaten zu reduzieren. Ganz im Sinne der Definition von Stephen Few (vgl. Abschnitt 2.5.2) fungiert die Anwendung dabei als kuratierte visuelle Anzeige, die eine effiziente Erfassung der zentralen Informationen auf einen Blick ermöglicht [14].

4.1.1 Seitenstruktur

Der Aufbau der Anwendung folgt einer thematischen Gliederung, die sich an der Struktur des Erhebungsinstruments orientiert:

1. **Startseite (Demographics):** Dient als Einstieg und visualisiert die demografische Zusammensetzung der Stichprobe. Dies setzt die erste Phase von Shneidermans Mantra («Overview first», vgl. Abschnitt 2.5.3) um, indem dem Nutzer eine orientierende Gesamtansicht geboten wird, bevor er in Details einsteigt [16].
2. **Themenspezifische Detailseiten:** Die inhaltlichen Ergebnisse sind in logische Sektionen unterteilt (z. B. «General Awareness of Sustainability», «The Role of Digital Sustainability in Organizations», «Sustainability in Role-specific Tasks»), die über eine permanente Seitenleiste direkt ansteuerbar sind.
3. **Explore-Bereich:** Eine dedizierte Ansicht für die vertiefte Analyse, die über die Darstellung der Einzelresultate hinausgeht. Anstatt einer freien Wahl von Variablen werden hier vordefinierte Visualisierungen (Cross-Kombinationen) präsentiert. Ausgehend von einer spezifischen Frage werden im Explore-Modus automatisch alle relevanten Graphen angezeigt, die diese Frage mit anderen Dimensionen in Beziehung setzen (z. B. Herkunft im Verhältnis zur «Digital Sustainability Awareness»).

4.1.2 Navigationsmuster & Längsschnittanalyse

Ein zentrales Element der Benutzerführung ist die nahtlose Integration der Zeitdimension durch einen globalen Jahres-Kontext. Die Auswahl des primären Betrachtungsjahres erfolgt über ein zentrales Menü am oberen Rand der Seite und wirkt sich persistent auf alle Ansichten aus. Für die Trendanalyse wurde der «Jahresvergleich» direkt kontextbezogen implementiert: Nutzer können diese Funktion über ein Steuerelement am unteren Rand jedes einzelnen Diagramms aktivieren. Dies ermöglicht es, gezielt bei relevanten Metriken die Vorjahreswerte einzublenden, ohne die Übersichtlichkeit der gesamten Seite zu beeinträchtigen.

4.1.3 Diagramm-Interaktion

Anstelle komplexer globaler Filtermechanismen liegt der Fokus auf der direkten Interaktion mit den Visualisierungen, womit die Prinzipien «Filter» und «Details-on-demand» aus Shneidermans Mantra (vgl. Abschnitt 2.5.3) direkt in der UI-Logik verankert werden [16]. Wir nutzen hierfür die nativen Interaktionsmöglichkeiten der verwendeten Chart-Bibliothek Plotly.js. Diese bietet Features, um die Lesbarkeit komplexer Graphen zu erhöhen: Zum einen werden exakte Werte erst bei Interaktion via Mouseover (Tooltips) eingeblendet (Details-on-demand). Zum anderen können Nutzer bei Diagrammen mit Legende die Sichtbarkeit einzelner Kategorien interaktiv

steuern (Filter). Durch das Ein- und Ausschalten spezifischer Datenreihen über die Legende lässt sich die Darstellung auf die jeweils relevanten Informationen fokussieren ohne eine aufwändige Eigenentwicklung.

4.2 Visualisierungskonzept

Das visuelle Design der Graphen zielt darauf ab, die kognitive Belastung bei der Interpretation der Umfragedaten zu minimieren und folgt dabei den in Abschnitt 2.5.1 erläuterten Prinzipien von Wilke zur Vermeidung von «Bad» Figures [12]. Die Wahl der Diagrammtypen erfolgte streng datengetrieben und kontextabhängig.

4.2.1 Primäre Resultate (Einzeljahresansicht)

Für die Darstellung der primären Umfrageergebnisse liegt der Fokus auf maximaler Einfachheit und schneller Erfassbarkeit. Daher kommen in diesem Bereich ausschliesslich vertikale und horizontale Balkendiagramme (Bar Charts) zum Einsatz. Diese Reduktion auf die fundamentalsten Diagrammtypen gewährleistet – im Sinne von Wilkes Forderung nach Balance zwischen Daten und Kontext – eine klare, ablenkungsfreie Lesbarkeit der Häufigkeitsverteilungen ohne unnötige visuelle Komplexität («Chartjunk») [12].

4.2.2 Explore-Bereich (Vertiefte Analyse)

Die differenzierte Analyse im «Explore-Bereich», in dem Zusammenhänge zwischen verschiedenen Variablen (Cross-Kombinationen) untersucht werden, bedingt eine breitere Palette an Visualisierungstypen. Je nach Dimension und Skalierung der kombinierten Datenpunkte wählt das System die passende Darstellung:

1. **Stacked Bar Charts (Vertikal & Horizontal):** Zur Visualisierung von Anteilen und Kompositionen innerhalb einer Kategorie.
2. **Grouped Bar Charts (Vertikal & Horizontal):** Für den direkten Vergleich von Gruppen nebeneinander.
3. **Clustered Stacked Bar Charts:** Für komplexe Verschachtelungen, bei denen Gruppen und Untergruppen gleichzeitig dargestellt werden müssen.
4. **Heatmaps:** Zur intuitiven Visualisierung von Korrelationen, Häufungen und Ausreissern in den Schnittmengen zweier Dimensionen.

4.2.3 Qualitative Daten (Freitext)

Für die Auswertung offener Fragen lehnte der Kunde explizit eine Visualisierung mittels Word Cloud ab, da dies den qualitativen Antworten im Kontext der quantitativen Daten zu viel visuelles Gewicht geben würde. Stattdessen wurde eine simple Listenansicht implementiert, die es den Nutzern ermöglicht, die Antworten ungefiltert als vertiefende Zusatzinformation im Originalwortlaut zu sichten.

4.2.4 Trend-Darstellung (Jahresvergleiche)

Die Visualisierung der zeitlichen Entwicklung folgt einer gesonderten Strategie, um Veränderungen (Deltas) hervorzuheben. Wird der «Jahresvergleich» aktiviert, setzt das Dashboard auf einen spezialisierten Diagrammtyp:

- **Dumbbell Charts (Hantel-Diagramme):** Wie in Abschnitt 2.6 theoretisch fundiert, wird dieser Charttyp als primäres Mittel für Vergleiche zwischen zwei Jahren (z. B. 2025 vs. 2026) eingesetzt. Er eignet sich laut Evergreen ideal, um die Distanz (das Delta) und die Richtung der Veränderung zwischen zwei Zeitpunkten präzise und minimalistisch darzustellen [17].

4.2.5 Umgang mit variablen Stichprobengrößen

Da die Teilnehmerzahl (N) der Umfrage jährlich schwankt, ist eine direkte Gegenüberstellung absoluter Zahlen im Längsschnitt irreführend. Um eine verzerrende Wirkung zu vermeiden – ein Fehler, den Wilke als «Wrong» klassifiziert (vgl. Abschnitt 2.5.1) [12] – erfolgt spezifisch im Jahresvergleich eine konsequente Normalisierung aller Graphen auf relative Prozentwerte. Dies stellt die Einhaltung des Prinzips der «Proportional Ink» sicher, sodass die dargestellten Flächen proportional zu den Datenwerten bleiben. In allen übrigen Ansichten – insbesondere bei der Betrachtung eines einzelnen Erhebungsjahres – werden hingegen standardmässig die absoluten Fallzahlen (Amounts) visualisiert, um die konkrete Datengrundlage transparent abzubilden.

4.3 User Interface (UI) Design & Barrierefreiheit

Die Gestaltung der Benutzeroberfläche verfolgte das Ziel, eine professionelle, vertrauenswürdige Umgebung zu schaffen, die komplexe Daten für alle Nutzergruppen zugänglich macht.

4.3.1 Design-System & Corporate Identity (CI)

Um eine nahtlose Integration in die bestehende Web-Landschaft des Auftraggebers zu gewährleisten, basiert das UI-Design strikt auf dem Corporate Design des IREB (siehe Abbildung 4.1).

1. **Farbpalette:** Das Farbschema wird durch die primäre Markenfarbe «**ireb-berry**» geprägt. Als Sekundär- und Akzentfarben dienen «**ireb-spring**», «**ireb-sky**» und «**ireb-mandarin**». Ergänzt wird dies durch systematische Abstufungen (Light/Superlight) sowie eine neutrale Grauskala («**ireb-grey 01–04**») für Struktur- und UI-Elemente.
2. **Typografie:** Das typografische Konzept wird durch die «**GT Pressura Mono**» geprägt, die sowohl für Überschriften als auch für technische Textelemente eingesetzt wird. In längeren Textpassagen wird sie durch die «**PP Mori**» ergänzt, um ein ruhiges Schriftbild und optimale Lesbarkeit zu gewährleisten.

4.3.2 Responsivität

Ein inklusiver Zugang stand im Fokus. Das Layout folgt einem responsiven Raster, das Diagramme und Navigation (z. B. Sidebar) dynamisch an die Bildschirmgröße anpasst.

4.4 Prototyping & Validierung

Das Ergebnis der Designphase wurde in Form von einem detaillierten High-Fidelity Mockups in Figma festgehalten. Da das Legacy-System als funktionale Basis diente, konnte die Konzeption direkt mit hoher visueller Dichte erfolgen, was eine realistische Vorschau auf das Endprodukt ermöglichte.

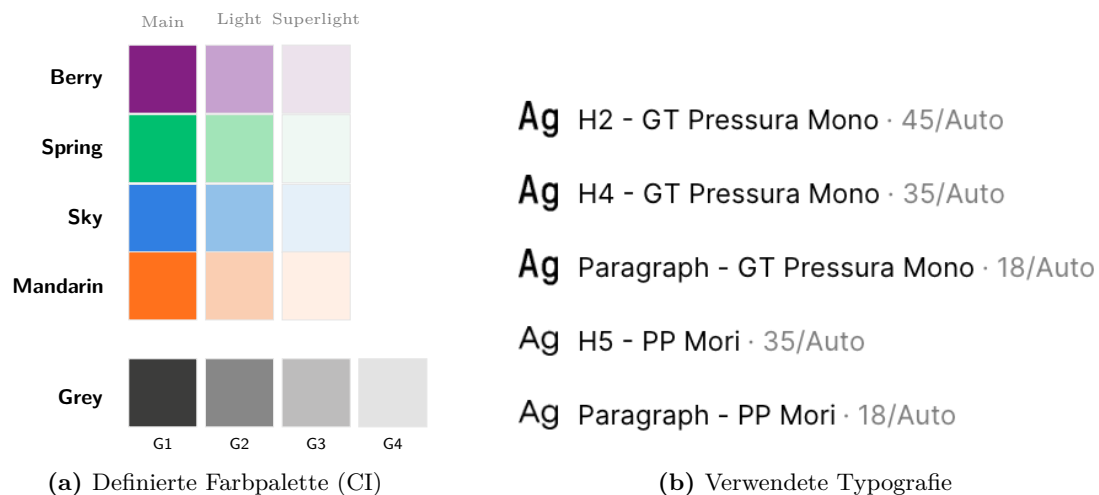


Abbildung 4.1: Design-System Übersicht: Links die definierte Farbpalette mit Abstufungen (generiert), rechts die typografischen Vorgaben.

4.4.1 Interaktiver Klick-Prototyp als Spezifikation

Die statischen Screens wurden zu einem vollständig navigierbaren Klick-Prototypen verknüpft. Dieser Artefakt erfüllte zwei zentrale Funktionen:

1. **Simulation der User Experience:** Navigationsmuster, wie der Wechsel zwischen Einzeljahresansicht und Jahresvergleich oder das Verhalten der Sidebar, konnten dynamisch geprüft werden.
2. **Blueprint für die Entwicklung:** Der Prototyp diente den Entwicklern als «Single Source of Truth». Abstände, Farben und Zustände (Hover, Active, Disabled) waren pixelgenau definiert, was Interpretationsspielräume während der Implementation eliminierte.

4.4.2 Design-Approval als Startschuss

Anstelle eines starren «Design-Freeze» markierte das formale Approval der High-Fidelity Mock-ups durch die Stakeholder den Übergang in die Realisierungsphase. Dieser Meilenstein fungierte als Startschuss für die technische Implementierung. Die abgenommenen Entwürfe dienten fortan als verbindliche Referenz für das Frontend-Engineering, wodurch sichergestellt wurde, dass die Entwicklung auf einer validierten visuellen und funktionalen Basis startete.

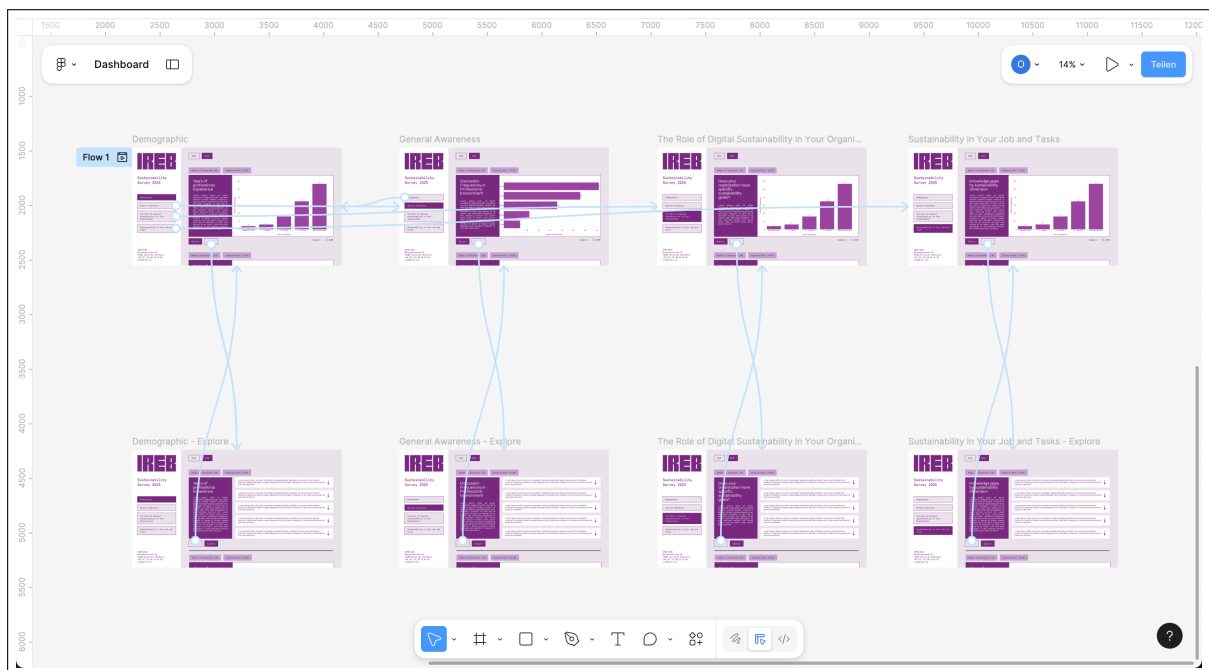


Abbildung 4.2: Visualisierung der Interaktionspfade («Noodles») im Figma-Prototyp, die den logischen Ablauf der Anwendung definieren.

5 Technische Implementierung und Architektur

5.1 Systemarchitektur & Setup

Die technische Realisierung des Dashboards erfolgte auf Basis einer modernen Single-Page-Application (SPA) Architektur. Dieses Design entkoppelt die Darstellungsebene vollständig von einer serverseitigen Datenhaltung, was den Betrieb vereinfacht und die Performance maximiert.

5.1.1 Architekturübersicht

Das System basiert auf einer Client-Side Rendering (CSR) Architektur, welche typisch für moderne Single-Page Applications (SPA) ist [11]. Der Kern der Anwendung ist das React-Frontend, das statisch gebaut und über das Content Delivery Network (CDN) von Vercel ausgeliefert wird.

1. **Frontend (React):** Die Benutzeroberfläche wurde mit der React-Bibliothek implementiert. Sie übernimmt das Routing, das State-Management und das Rendering der Visualisierungskomponenten (Plotly.js) direkt im Browser des Endanwenders.
2. **Datenhaltung (Statisch):** Da keine relationale Datenbank benötigt wird, liegen die bereinigten Umfragedaten als strukturierte `.csv`-Dateien direkt im Projekt-Repository. Zur Laufzeit werden diese Dateien vom Client asynchron geladen («fetch»), lokal geparkt und visualisiert. Dies garantiert, dass die Datenversion immer synchron zum ausgespielten Frontend-Code ist.
3. **Hosting & CI/CD (Vercel):** Die Plattform Vercel dient gleichzeitig als Host und Build-Pipeline. Bei jedem «Push» in das GitHub-Repository (Main-Branch) wird automatisch ein neuer Build-Prozess angestoßen, der die statischen Assets generiert und global verfügbar macht (Continuous Deployment).

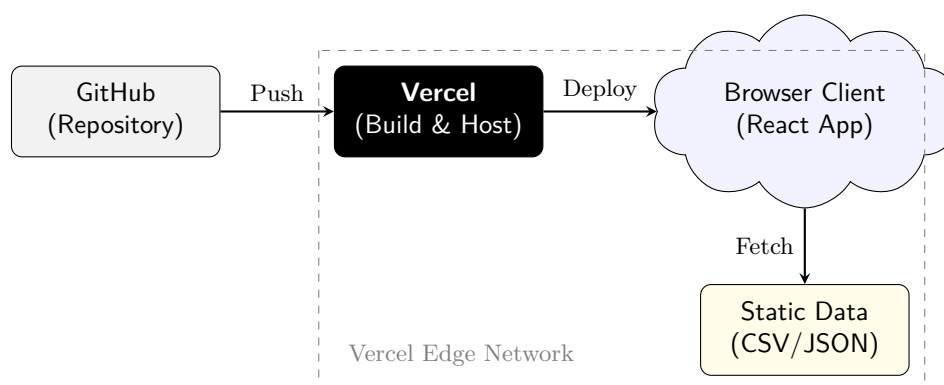


Abbildung 5.1: Architektur-Modell: Automatisches Deployment via Vercel und clientseitiges Nachladen der statischen Daten.

5.1.2 Projekt-Setup & Entwicklungsumgebung

Um bei der parallelen Entwicklung im Team eine hohe Code-Qualität und Wartbarkeit sicherzustellen, wurde eine strikte Konfiguration der Entwicklungsumgebung erzwungen.

1. **TypeScript:** Das gesamte Projekt ist in TypeScript verfasst. Die statische Typisierung verhindert Laufzeitfehler, die insbesondere beim Parsing der komplexen CSV-Strukturen

auftreten könnten, bereits zur Kompilierzeit.

2. **Linting (ESLint):** Ein statisches Code-Analyse-Tool prüft kontinuierlich die Einhaltung von Best Practices (z. B. Vermeidung von «any»-Typen oder ungenutzten Variablen) und verhindert, dass fehlerhafter Code in das Repository gelangt.
3. **Code-Formatierung (Prettier):** Um endlose Diskussionen über Formatierungsstile (z. B. Semikolons oder Einrückungen) zu vermeiden, formatiert Prettier den Code automatisch beim Speichern. Dies sorgt für ein einheitliches Schriftbild über alle Dateien hinweg, unabhängig davon, welcher Entwickler daran gearbeitet hat.

5.2 Datenverarbeitung (Data Processing)

Da die Architektur bewusst auf ein serverseitiges Backend verzichtet, findet die Datenverarbeitung vollständig zur Laufzeit im Client statt. Anstelle eines klassischen ETL-Prozesses (Extract, Transform, Load) verfolgt die Anwendung einen **«Schema-on-Read»-Ansatz**: Die Daten werden roh geladen und erst zum Zeitpunkt der Visualisierung interpretiert und aggregiert [20].

5.2.1 Import & Parsing

Die CSV-Dateien der verschiedenen Jahrgänge werden mittels des Build-Tools (Vite `import.meta.glob`) direkt in das Applikations-Bundle integriert. Dies garantiert schnelle Ladezeiten ohne separate HTTP-Requests zur Laufzeit. Ein zentraler `SurveyCsvParser` zerlegt die CSV-Rohdaten in generische Schlüssel-Wert-Paare (`SurveyRecord`). Dabei werden alle Werte zunächst als Zeichenketten (`string`) belassen, um Informationsverlust durch verfrühte Typumwandlung zu vermeiden. Das Resultat ist eine Liste von `SurveyResponse`-Objekten, die den Zugriff auf die Rohdaten kapseln, aber noch keine tiefgreifende Transformation vornehmen.

5.2.2 Mapping & Aggregation

Die Harmonisierung der heterogenen Daten über verschiedene Jahre erfolgt dynamisch:

1. **Spalten-Mapping:** Eine zentrale Definition (`SurveyColumnDefinitions`) verknüpft die sich jährlich ändernden CSV-Headertexte mit stabilen, intern Identifikatoren (Keys). Dies entkoppelt die Anwendungslogik von den spezifischen Formulierungen im Fragebogen.
2. **On-Demand Transformation:** Die eigentliche Datentypisierung (z. B. «Yes» → Boolean) und Aggregation (Zählen von Häufigkeiten für Plotly) erfolgt dezentral in den Visualisierungskomponenten. Mittels React-Hooks (`useMemo`) werden diese Berechnungen effizient zur Laufzeit durchgeführt, sobald ein Diagramm gerendert wird.
3. **Ad-hoc Normalisierung:** Spezifische Gruppierungen, wie etwa das Zusammenfassen verschiedener Länderbezeichnungen zu Regionen (z. B. «USA»/«Canada» → «North America») oder das Filtern von «Not Applicable»-Werten, werden direkt in der Logik des jeweiligen Diagramms definiert. Dies ermöglicht eine hohe Flexibilität, da unterschiedliche Diagramme dieselben Daten bei Bedarf unterschiedlich interpretieren können.

5.3 Frontend-Entwicklung

Die Frontend-Entwicklung basiert auf der Bibliothek **React** und folgt einem strikt komponentenbasierten Ansatz. Ziel war es, eine wartbare Codebasis zu schaffen, die das komplexe Designsystem modular umsetzt.

5.3.1 Komponenten-Struktur

Die Architektur unterscheidet zwischen **Page Components** (Seitenstruktur) und **Visualisierungskomponenten**. Ein zentraler Baustein ist der **GraphWrapper**, der generisch implementiert wurde, um ein konsistentes Layout (Titel, Beschreibung, Statistik-Boxen) für alle Diagramme sicherzustellen. Diese Kapselung erlaubt es, globale Änderungen am Layout der Diagramm-Container an einer einzigen Stelle vorzunehmen.

5.3.2 Integration von Plotly.js

Für die Datenvisualisierung wird die Bibliothek **Plotly.js** (via `react-plotly.js`) verwendet. Um die Corporate-Design-Vorgaben einzuhalten, wurde die Bibliothek in eine generische **GenericChart** Komponente gekapselt:

1. **Zentrale Konfiguration:** Farben (aus dem IREB-Farbschema) und Schriftarten werden zentral definiert und via `useThemeColor`-Hook in die Diagramme injiziert.
2. **Interaktivität:** Standardmässig sind Zoom und Pan **deaktiviert**, um auf mobilen Endgeräten ein ungehindertes Scrollen der Seite zu gewährleisten («Scroll-Jacking»-Vermeidung). Interaktive Features werden nur bei Bedarf explizit aktiviert.
3. **Custom Tooltips:** Die Standard-Tooltips wurden angepasst, um kontextreiche Informationen (z. B. kombinierte Prozent- und Absolutwerte) mouseover-gesteuert anzuzeigen.

5.3.3 State Management

Der Anwendungszustand wird primär über React Hooks und die **Context API** verwaltet. Der «Global Year Context» stellt das aktuell gewählte Datenjahr applikationsweit bereit. Da die Daten clientseitig gebündelt vorliegen («Eager Loading»), entfallen komplexe Ladezustände; Filteränderungen führen zu einer sofortigen, synchronen Aktualisierung der Visualisierungen ohne Wartezeiten.

5.3.4 Styling & Responsiveness

Das UI-Design wurde vollständig mit dem Utility-First Framework **Tailwind CSS** umgesetzt. Dies ermöglichte eine effiziente Implementierung des responsiven Rasters. Ein «Mobile-First»-Ansatz sorgt dafür, dass sich Layouts dynamisch anpassen: Auf kleinen Bildschirmen wird die Sidebar in ein «Off-Canvas»-Menü umgewandelt und die Grid-Anordnung der Diagramm-Container wechselt automatisch vom mehrspaltigen Layout zu einer vertikalen Stapelung.

5.4 Deployment & Automatisierung

Um manuelle Fehlerquellen zu eliminieren und den Entwicklungszyklus zu beschleunigen, wurde der gesamte Auslieferungsprozess automatisiert. Die Strategie setzt auf das «GitOps»-Prinzip, bei dem das Code-Repository als einzige Quelle der Wahrheit dient.

5.4.1 CI/CD Pipeline

Die «Continuous Integration» und «Continuous Deployment» (CI/CD) Pipeline wurde durch die native Integration zwischen **GitHub** und **Vercel** realisiert. Da das Projekt einen schlan-ken Workflow verfolgt, fokussiert sich die Automatisierung direkt auf den Produktionsstrang («Trunk-Based Development»):

Automatisches Production Deployment: Sobald Änderungen (Commits) in den `main`-Branch des GitHub-Repositories gepusht werden, stösst Vercel automatisch den Build-Prozess an. Das System kompiliert den Code, optimiert die statischen Assets und schaltet die neue Ver-sion nach erfolgreichem Build atomar auf die Produktionsumgebung. Dieses «Zero Downtime Deployment» garantiert, dass die Anwendung für Endnutzer durchgehend verfügbar bleibt und der veröffentlichte Stand («Live») stets synchron mit dem Repository ist.

5.4.2 Hosting-Strategie

Die Produktionsumgebung wurde für globale Performance und Sicherheit konfiguriert.

1. **Globales Edge Network:** Das Hosting erfolgt auf dem Content Delivery Network (CDN) von Vercel. Statische Assets (HTML, JS, CSS) und die JSON-Daten werden auf Servern weltweit zwischengespeichert (Caching), um die Latenz für internationale Nutzer zu minimieren.
2. **Automatische Sicherheit (SSL/TLS):** Die Auslieferung erfolgt standardmässig verschlüsselt über HTTPS. Vercel übernimmt dabei das vollautomatische Management und die Erneuerung der SSL-Zertifikate, wodurch eine sichere Datenübertragung ohne administrativen Aufwand garantiert wird.
3. **Implizite Skalierbarkeit:** Aufgrund der statischen Architektur existiert kein klassischer Applikationsserver, der bei hoher Last zum Flaschenhals werden könnte. Die Infrastruktur skaliert automatisch mit der Anzahl der Anfragen, da die Inhalte direkt aus dem verteilten Edge-Speicher bedient werden.

6 Ergebnisse

Das entwickelte Dashboard präsentiert die Ergebnisse anschaulich über verschiedene Ansichten, darunter die Startseite, die Längsschnittanalyse sowie themenspezifische Detailansichten.

6.1 Erfüllung der Anforderungen (Technische Validierung)

Die Validierung des entwickelten Dashboards erfolgt durch den direkten Abgleich der definierten Projektziele mit den effektiv implementierten Lösungen.

- **Längsschnittanalyse und Trend-Erkennung**

- **Ziel:** Ein Kernziel ist es, den Vergleich der Umfragedaten über mehrere Jahre hinweg intuitiv zu visualisieren. Benutzer sollten auf einen Blick Trends, Veränderungen und Muster im Zeitverlauf erkennen können, um die Evolution der digitalen Nachhaltigkeit nachzuvollziehen.
- **Umsetzung:** Dieses Ziel wurde primär durch die Implementierung von «Dumbbell Charts» realisiert. Wird ein neuer Jahresdatensatz hinzugefügt, generiert das System automatisch eine neue Auswahloption, um dieses Jahr als Vergleichsbasis heranzuziehen.

- **Nachhaltiger und automatisierter Betrieb**

- **Ziel:** Um die Langlebigkeit und Aktualität des Dashboards zu gewährleisten, wird ein automatisierter Prozess für die Datenaktualisierung implementiert. Neue Umfragedaten, die über eine definierte Schnittstelle (z. B. ein Git-Repository) bereitgestellt werden, sollen automatisch eingelesen, bereinigt und im Dashboard korrekt visualisiert werden. Dies minimiert den manuellen Aufwand und stellt sicher, dass die Plattform stets auf dem neuesten Stand ist.
- **Umsetzung:** CSV-Dateien, die in das Git-Repository hochgeladen werden, lösen automatisch die Generierung neuer Optionen für den Jahreswechsel und -vergleich aus. Änderungen in den Fragestellungen (z. B. unterschiedliche Formulierungen wie «Which age group do you belong to?» vs. «Which age group are you belonging to?») erfordern eine manuelle Anpassung in der Konfigurationsdatei `SurveyColumnDefinitions.ts`. Nach dieser einmaligen Konfiguration verknüpft und visualisiert das System die Datensätze jedoch vollautomatisch.

- **Globale Zugänglichkeit**

- **Ziel:** Das finale Dashboard wird öffentlich gehostet und über das Internet frei zugänglich sein. Es dient als zentrale, verlässliche Anlaufstelle für die Analyse der IREB-Umfrageergebnisse und stärkt die Position des IREB als Vordenker im Bereich der digitalen Nachhaltigkeit.
- **Umsetzung:** Das Dashboard wird auf Vercel gehostet und ist als Webanwendung für alle Interessierten frei zugänglich.

- **Anspruchsvolle Visualisierungen**

- **Ziel:** Einsatz geeigneter Diagrammtypen jenseits einfacher Kuchendiagramme (z. B. gestapelte Balken, Heatmaps, Divergenz-Balken für Likert-Skalen, Small-Multiples), um komplexe Zusammenhänge und Verteilungen präzise zu kommunizieren.

- **Umsetzung:** Es kommen diverse fortgeschrittene Diagrammtypen zum Einsatz, darunter Stacked Bar Charts, Clustered Stacked Bar Charts, Heatmaps und Dumbbell Charts, um die vielschichtigen Daten adäquat abzubilden.

6.2 Benutzer-Validierung (User Evaluation)

Ergänzend zur technischen Validierung wurde eine qualitative Benutzer-Evaluation durchgeführt, um die Usability, die Verständlichkeit der Visualisierungen und den Erkenntnisgewinn zu überprüfen. Dazu testeten drei Testpersonen (Informatik-Studenten und Betriebsökonom) das Dashboard anhand eines strukturierten Leitfadens. Die Probanden wurden aufgefordert, spezifische Aufgaben zu lösen (Jahreswechsel, Compare-Modus, Explore-Funktion) und anschliessend ihre Erfahrungen mittels eines Fragebogens zu bewerten (siehe ausgefüllte Evaluationsbögen in Anhang C).

1. **Trend-Erkennung (Compare-Modus):** Die Wirksamkeit der Dumbbell-Charts für den Jahresvergleich wurde bestätigt. Zwei von drei Testern bewerteten die Erkennbarkeit von Veränderungen als «Sehr einfach / Intuitiv» (5/5), einer als «Einfach» (4/5). Besonders hervorgehoben wurde, dass die «Lücke» (das Delta) visuell sofort ins Auge springt und Veränderungen durch die Linienführung klar nachvollziehbar sind.
2. **Exploration komplexer Zusammenhänge (Explore-Bereich):** Trotz der höheren Informationsdichte in Heatmaps und geschachtelten Balkendiagrammen bewerteten die Teilnehmer die Verständlichkeit als hoch (zwei Personen mit 5/5, eine mit 4/5). Die Tester konnten erfolgreich Schlussfolgerungen aus den Daten ziehen, beispielsweise Zusammenhänge zwischen Berufserfahrung und Nachhaltigkeitsbewusstsein oder Bildungsstand.
3. **Kognitive Belastung (Cognitive Load):** Ein zentrales Ziel war die Minimierung der kognitiven Belastung. Alle drei Teilnehmer empfanden die Informationsmenge als «Genau richtig». Die Tooltips und das aufgeräumte Layout wurden explizit als hilfreich genannt, um Detailinformationen bei Bedarf abzurufen («Details on Demand»), ohne initial überfordert zu werden.
4. **Förderung des Bewusstseins (Awareness):** Alle Teilnehmer gaben an, dass die interaktive Auseinandersetzung ihr Bewusstsein für digitale Nachhaltigkeit geschärft hat. Überraschende Erkenntnisse, wie die Diskrepanz zwischen theoretischem Wissen und praktischer Umsetzung, wurden als Auslöser für diesen Effekt genannt.

6.3 Beantwortung der Forschungsfragen

Basierend auf der technischen Implementierung und dem erarbeiteten Visualisierungskonzept können die eingangs gestellten Forschungsfragen beantwortet werden. Die Entscheidungen stützen sich dabei massgeblich auf die Prinzipien von Wilke [12] und Evergreen [17].

6.3.1 RQ1: Komplexität der Analyse und Darstellung

Welche etablierten Visualisierungsprinzipien und -richtlinien sind am effektivsten, um die Komplexität der Analyse und Darstellung von Umfragedaten zu bewältigen – von der primären Analyse einzelner Antworttypen (z. B. Likert-Skalen, nominale Daten, Mehrfachauswahl) bis hin zur

anspruchsvolleren sekundären Analyse, die Zusammenhänge und Korrelationen zwischen Variablen aufzeigt?

Die Beantwortung dieser Frage erfordert eine Unterscheidung zwischen zwei Komplexitätsstufen:

Primäre Analyse:

Für die Darstellung einzelner Antworttypen (Likert-Skalen, nominale Daten) wurden vorwiegend klassische **Balkendiagramme** (Bar Charts) eingesetzt, ergänzt durch Stacked Bar Charts, Dumbbell Charts und Weltkarten. Wilke hebt hervor, dass Balkendiagramme kognitiv am schnellsten zu verarbeiten sind:

«In general, bar charts are the best choice for visualizing amounts, because we can interpret the length of bars very accurately.» [12]

Dies ermöglicht eine klare Vergleichbarkeit der Werte, ohne den Betrachter zu überlasten.

- **Farbkodierung:** Farbe wird in diesem Konzept nicht dekorativ, sondern rein semantisch eingesetzt, um verschiedene Datenkategorien visuell abzugrenzen (Wilke, Kapitel 4.1). Besonders bei Ja/Nein-Fragen sorgt ein konsistentes Schema (Grün = Yes, Orange = No, Grau = Not sure) für eine sofortige Erfassbarkeit der Tendenz, ohne dass der Nutzer die Legende jedes Mal neu konsultieren muss.
- **Geodaten:** Für die demografische Verteilung wurde eine interaktive Weltkarte implementiert, da räumliche Daten intuitiv am besten über kartenbasierte Darstellungen erfasst werden.

Sekundäre Analyse (Zusammenhänge und Korrelationen):

Die deutlich anspruchsvollere Herausforderung liegt in der sekundären Analyse, die Zusammenhänge und Korrelationen zwischen verschiedenen Variablen aufzeigt. Hierfür wurde die «Explore»-Funktion entwickelt: Nutzer können bei jeder Frage auf «Explore» klicken und erhalten dann Visualisierungen, die zeigen, wie diese Frage mit anderen Variablen zusammenhängt. Beispielsweise lässt sich so explorieren, wie demografische Faktoren (Herkunftsland, Berufserfahrung) mit dem Antwortverhalten bei inhaltlichen Fragen korrelieren. Für diese komplexen Kreuzanalysen kommen **Clustered Stacked Bar Charts** und **Heatmaps** zum Einsatz, da diese Diagrammtypen Muster und Ausreisser in mehrdimensionalen Daten effektiv sichtbar machen.

(a) Welche Entscheidungsregeln bestimmen die angemessene Verwendung von absoluten Häufigkeiten gegenüber prozentualen Anteilen, um Fehlinterpretationen zu vermeiden, insbesondere beim Filtern von Daten oder beim Vergleich von Jahren mit unterschiedlichen Stichprobengrößen?

Da die Stichprobengrößen (N) jährlich variieren, führt eine direkte Gegenüberstellung absoluter Zahlen im Längsschnitt zu Verzerrungen. Daher gelten folgende Entscheidungsregeln:

- **Jahresvergleiche:** Es erfolgt eine konsequente Normalisierung auf **relative Prozentwerte**.
- **Einzeljahresansichten:** Hier werden **absolute Häufigkeiten** visualisiert, um die konkrete Datengrundlage transparent abzubilden.

6.3.2 RQ2: Visualisierung von Trends und Längsschnitten

Welche Visualisierungstechniken eignen sich am besten, um Trends und Vergleiche zwischen den Jahren in den Umfragedaten effektiv zu kommunizieren?

Eine zentrale Erkenntnis dieser Arbeit ist, dass klassische gruppierte Balkendiagramme für den Längsschnittvergleich (z. B. 2025 vs. 2026) ungeeignet sind, da der Fokus primär auf die absoluten Werte und nicht auf die Veränderung gelenkt wird.

Stattdessen wurde für den Jahresvergleich konsequent auf **Dumbbell Plots** (Hantel-Diagramme) gesetzt.

- **Fokus auf das Delta:** Diese Darstellungsform betont die Distanz zwischen zwei Datenpunkten. Evergreen fasst den Vorteil prägnant zusammen:
«If you are trying to tell a story about the gap or growth between two things, try a dumbbell dot plot.» [17]
- **Umsetzung:** Wir visualisieren das aktuelle Jahr in der primären Corporate-Farbe (Violett) und das Vergleichsjahr in einer Sekundärfarbe (Grün). Dies lenkt den Fokus des Nutzers sofort auf die Veränderung (das Delta) und nicht auf die absoluten Gesamtmengen, was die Interpretation von Trends signifikant vereinfacht. Die durchgeführte Benutzer-Validierung bestätigte dies: Die Testpersonen beschrieben die Erkennung der grössten Veränderungen als intuitiv und hoben die visuelle Darstellung der Distanz hervor.

6.3.3 RQ3: Exploration komplexer Zusammenhänge

Wie können komplexe Korrelationen und Zusammenhänge zwischen Umfragevariablen (demografische Faktoren, Likert-Skalen, Multiple-Select) durch benutzerfreundliche, interaktive Visualisierungsmethoden explorierbar gemacht werden?

Um Zusammenhänge zwischen Variablen (z. B. Demografie vs. Antwortverhalten) aufzuzeigen, wurde eine dedizierte «Explore»-Sektion implementiert, die verschiedene Visualisierungstypen kombiniert.

Zum einen ermöglichen gestapelte Balkendiagramme (Stacked Bar Charts) die Analyse von Kompositionen innerhalb von Subgruppen. Um jedoch Muster und Ausreisser in der Kreuzung zweier Dimensionen (Matrix) schnell erkennbar zu machen, kommen ergänzend **Heatmaps** zum Einsatz. Diese eignen sich laut Wilke ideal, um Datenwerte auf Farben abzubilden anstatt auf Positionen:

«Heatmaps are perfect for visualizing large matrices of numbers, where the exact values are less important than the overall pattern.» [12]

Durch diesen Methoden-Mix können sowohl genaue Verhältnisse als auch übergeordnete Korrelationsmuster effizient explorierbar gemacht werden. In der Validierung bestätigten die Nutzer, dass sie trotz der grafischen Komplexität dieser Diagramme (Heatmaps, Stacked Bars) die Zusammenhänge intuitiv erfassen und korrekte Schlussfolgerungen aus den Daten ziehen konnten (Bewertung $\geq 4/5$).

6.3.4 RQ4: Förderung des Bewusstseins und Minimierung kognitiver Belastung

Inwiefern kann das interaktive Dashboard das Bewusstsein für digitale Nachhaltigkeit fördern und in welchem Ausmass minimiert das gewählte Visualisierungskonzept dabei die kognitive Belastung der Nutzer bei der Dateninterpretation?

Das Dashboard fördert das Bewusstsein durch die Transformation von statischen, fragmentierten Berichten in eine zentralisierte, interaktive Webanwendung, die weltweiten Zugriff ermöglicht. Durch die explorative Natur («Explore»-Bereich) werden Nutzer von passiven Konsumenten zu aktiven Analysten, was eine tiefere Auseinandersetzung mit der Thematik anregt.

Die Minimierung der kognitiven Belastung wurde durch die konsequente Anwendung validierter Visualisierungsprinzipien erreicht:

- **Reduktion von «Chartjunk»:** Durch den Verzicht auf dekorative Elemente und die Beschränkung auf klare Balkendiagramme bei Primärresultaten wird die Wahrnehmung direkt auf die Daten gelenkt [12].
- **Externalisierung von Rechenleistung:** Der Einsatz von Dumbbell-Charts für den Jahresvergleich visualisiert das Delta explizit. Dies entlastet den Nutzer davon, die Differenz zwischen zwei Jahren mental berechnen zu müssen [17].
- **Progressive Informationserschliessung:** Die Umsetzung von Shneidermans Mantra («Overview first, details-on-demand») verhindert eine initiale Überforderung, indem Details (z. B. exakte Werte) erst via Mouseover eingeblendet werden [16].

Die Ergebnisse der Benutzer-Validierung stützen die Wirksamkeit dieses Konzepts empirisch. Keiner der Teilnehmer fühlte sich von der Datenmenge überfordert; alle drei bewerteten den Informationsgehalt als «genau richtig» und bestätigten, dass die interaktive Auseinandersetzung mit den Daten ihr Bewusstsein für das Thema geschärft hat. Dies deutet darauf hin, dass die Balance zwischen Informationsdichte und kognitiver Entlastung erfolgreich gewahrt wurde.

7 Schlussbemerkungen

7.1 Fazit

Mit dem vorliegenden Projekt konnte das bisherige Python-Dashboard erfolgreich durch eine moderne Webapplikation abgelöst werden. Das primäre Ziel, die Ergebnisse der *Digital Sustainability Survey* einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen und insbesondere Trends über mehrere Jahre (Längsschnittanalyse) sichtbar zu machen, wurde vollständig erreicht. Der Mehrwert für das IREB liegt in der deutlich gesteigerten Sichtbarkeit und Nutzbarkeit der Daten. Das Dashboard dient nicht nur als reines Berichtswerkzeug, sondern ermöglicht durch seine Interaktivität explorative Analysen, die das IREB in seiner Rolle als Vordenker für digitale Nachhaltigkeit stärken.

7.2 Kritische Würdigung und Reflexion der Umsetzung

Die Realisierung des Dashboards erforderte die Balance zwischen subjektiven Designvorstellungen und komplexen technischen Anforderungen. Die gewählten Lösungsansätze werden im Folgenden reflektiert:

7.2.1 Umgang mit Design-Anforderungen (User Interface)

Eine zentrale Herausforderung war die Konkretisierung der Anforderung «visuell ansprechend». Durch die frühzeitige Erstellung eines High-Fidelity-Prototypen in Figma und regelmässige Feedback-Schleifen mit dem Auftraggeber konnte sichergestellt werden, dass das Interface intuitiv bedienbar ist und subjektive Erwartungen frühzeitig validiert wurden. Die globale Filterung nach Jahren und die strikte Einhaltung des IREB Corporate Designs schaffen dabei Vertrauen und Konsistenz.

7.2.2 Technische Architektur und Datenkomplexität

Die technische Herausforderung bestand primär in der Verarbeitung der heterogenen Datenstrukturen verschiedener Jahrgänge. Die Lösung basiert auf einer modernen React-Architektur unter Verwendung von Plotly.js, welche diese Komplexität kapselt:

- **Wartbarkeit:** Durch die Kapselung der Visualisierungslogik in eine `GenericChart`-Komponente und die Auslagerung von Vergleichsstrategien (z.B. `DumbbellStrategy`) wurde Redundanz vermieden.
- **Zuverlässigkeit:** Die Korrektheit der Datenverarbeitung wird durch Unit-Tests sichergestellt, die das Mapping von CSV-Rohdaten auf die internen Datenstrukturen validieren.
- **Effizienz:** Die Nutzung der React Context API ermöglicht einen performanten, clientseitigen Zugriff auf die Daten ohne unnötige Server-Roundtrips.

7.3 Ausblick

Das System ist so konzipiert, dass es flexibel erweitert werden kann. Zukünftige Iterationen könnten **KI-gestützte Analysen** integrieren, um Nutzern automatisiert interessante Korrelationen in den Daten aufzuzeigen, oder weitere Datenquellen anbinden. Für die **langfristige Wartung** ist durch die implementierten Automatisierungsprozesse (CI/CD) und die modulare

Code-Struktur sichergestellt, dass das IREB das Dashboard mit minimalem Aufwand pflegen und aktualisieren können.

Quellenverzeichnis

- [1] M. Hille, „Green Coding: Beitrag zu einer nachhaltigen digitalen Zukunft?“, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Berlin, Themenkurzprofil 80, Juni 2025. DOI: 10.5445/IR/1000183038 besucht am 25. Jan. 2026. Adresse: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000183038/162332018>
- [2] Wikipedia contributors. „The karlskrona manifesto“. Publisher: Wikipedia, The Free Encyclopedia, besucht am 22. Jan. 2026. Adresse: https://en.wikipedia.org/wiki/The_Karlskrona_Manifesto
- [3] C. Becker u. a., „Sustainability design and software: The karlskrona manifesto“, in *Proceedings of the 37th International Conference on Software Engineering (ICSE)*, Publisher: IEEE, Florence, Italy, Mai 2015. besucht am 22. Jan. 2026. Adresse: <https://www.cs.toronto.edu/~sme/papers/2015/Beckeretal-ICSE2015.pdf>
- [4] International Requirements Engineering Board, „Ireb roundtable summary report: Educating sustainability in software engineering research and practice“, Karlsruhe, 11. März 2025, Publisher: IREB GmbH. besucht am 22. Jan. 2026. Adresse: https://ireb.org/media/ireb/pages/community/special-interest-group/sig-sustainability/fca39203ed-1750796032/ireb_roundtable_sustainability_summaryreport.pdf
- [5] Microsoft. „Microsoft Forms - Create Surveys, Quizzes, and Polls“, besucht am 2. Feb. 2026. Adresse: <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/online-surveys-polls-quizzes>
- [6] Google. „Google Forms: Online Form Creator | Google Workspace“, besucht am 2. Feb. 2026. Adresse: https://workspace.google.com/intl/de_ch/products/forms/
- [7] SurveyMonkey. „Online-Umfragen erstellen und Daten analysieren“, besucht am 2. Feb. 2026. Adresse: <https://de.surveymonkey.com/product/surveys/>
- [8] LimeSurvey GmbH. „Online Umfragen erstellen mit dem besten Umfragetool“, besucht am 2. Feb. 2026. Adresse: <https://www.limesurvey.org/de/produkte/umfragen>
- [9] LimeSurvey GmbH. „Statistiken – LimeSurvey Handbuch“. Zugriff auf deutschsprachige Online-Dokumentation, LimeSurvey GmbH, besucht am 2. Feb. 2026. Adresse: <https://www.limesurvey.org/manual/Statistics/de>
- [10] SurveyMonkey. „Erkenntnisse und Datentrends“, Momentive, besucht am 2. Feb. 2026. Adresse: <https://help.surveymonkey.com/de/surveymonkey/analyze/data-trends/>
- [11] S. Peltonen, L. Mezzalana und D. Taibi, „Motivations, benefits, and issues for adopting Micro-Frontends: A Multivocal Literature Review“, *Information and Software Technology*, 2021, Section 2.2 and 2.2.1 on SPA and CSR. DOI: 10.1016/j.infsof.2021.106571 Adresse: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584921000549>
- [12] C. O. Wilke, *Fundamentals of Data Visualization: A Primer on Making Informative and Compelling Figures*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2019, ISBN: 978-1-4920-3108-6.
- [13] B. Bach u. a., „Dashboard Design Patterns“, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Jg. 29, Nr. 1, S. 342–352, 2023. DOI: 10.1109/TVCG.2022.3209448
- [14] S. Few, „Information dashboard design“, 2006.
- [15] R. Kitchin, T. P. Lauriault und G. McArdle, „Knowing and governing cities through urban indicators, city benchmarking and real-time dashboards“, *Regional Studies, Regional Science*, Jg. 2, Nr. 1, S. 6–28, 2015.
- [16] B. Shneiderman, „The eyes have it: A task by data type taxonomy for information visualizations“, in *The craft of information visualization*, Elsevier, 2003, S. 364–371.
- [17] S. D. Evergreen, *Effective data visualization: The right chart for the right data*. SAGE publications, 2019.

- [18] E. Corona, F. E. Pani u. a., „A review of lean-kanban approaches in the software development“, *WSEAS transactions on information science and applications*, Jg. 10, Nr. 1, S. 1–13, 2013.
- [19] A. Rosenbusch. „User-Centered Design in sieben Punkten kurz erklärt“. Publisher: Zeix AG, besucht am 25. Jan. 2026. Adresse: <https://zeix.com/magazin/user-centered-design-in-sieben-punkten-kurz-erklart>
- [20] Dremio. „What is schema-on-read?“ Dremio Wiki, besucht am 25. Jan. 2026. Adresse: <https://www.dremio.com/wiki/schema-on-read/>

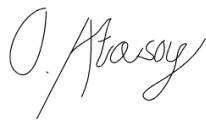
Eigenständigkeitserklärung

Ich (wir) erkläre(n) hiermit, dass ich (wir) den vorliegenden Leistungsnachweis selber und selbstständig verfasst habe(n),

- dass ich (wir) sämtliche nicht von mir (uns) selber stammenden Textstellen und anderen Quellen wie Bilder etc. gemäss gängigen wissenschaftlichen Zitierregeln¹ korrekt zitiert und die verwendeten Quellen klar sichtbar ausgewiesen habe(n);
- dass ich (wir) in einer Fussnote oder einem Hilfsmittelverzeichnis alle verwendeten Hilfsmittel (KI-Assistenzsysteme wie Chatbots², Übersetzungs-³ Paraphrasier-⁴ oder Programmierapplikationen⁵) deklariert und ihre Verwendung bei den entsprechenden Textstellen angegeben habe(n);
- dass ich (wir) sämtliche immateriellen Rechte an von mir (uns) allfällig verwendeten Materialien wie Bilder oder Grafiken erworben habe(n) oder dass diese Materialien von mir (uns) selbst erstellt wurde(n);
- dass das Thema, die Arbeit oder Teile davon nicht bei einem Leistungsnachweis eines anderen Moduls verwendet wurden, sofern dies nicht ausdrücklich mit der Dozentin oder dem Dozenten im Voraus vereinbart wurde und in der Arbeit ausgewiesen wird;
- dass ich mir (wir uns) bewusst bin (sind), dass meine (unsere) Arbeit auf Plagiate und auf Drittauthorschaft menschlichen oder technischen Ursprungs (Künstliche Intelligenz) überprüft werden kann;
- dass ich mir (wir uns) bewusst bin (sind), dass die Hochschule für Technik FHNW einen Verstoß gegen diese Eigenständigkeitserklärung bzw. die ihr zugrundeliegenden Studierendendenpflichten der Studien- und Prüfungsordnung der Hochschule für Technik verfolgt und dass daraus disziplinarische Folgen (Verweis oder Ausschluss aus dem Studiengang) resultieren können.

Windisch, 6. Februar 2026

Name: Orkun Atasoy



Unterschrift:

Name: Timon Gisler



Unterschrift:

¹z.B. APA oder IEEE

²z.B. ChatGPT

³z.B. Deepl

⁴z.B. Quillbot

⁵z.B. Github Copilot

A Aufgabenvereinbarung

Windisch, 22.09.25

Informationen zum Projektablauf & Projektvereinbarung IP5, Interactive Dashboard for Longitudinal Analysis of Digital Sustainability Survey Data

Betreuer: Nitish Patkar
Norbert Seyff

Auftraggeber: IREB Special Interest Group on sustainability

Projektdauer: 15.09.2025 bis 06.02.2026

1. Projektspezifische Vereinbarung

1.1 Ausgangslage

Digitale Nachhaltigkeit entwickelt sich zu einem immer wichtigeren Thema in der Softwareentwicklung. Um aktuelle Trends, Praktiken und Herausforderungen in diesem Bereich zu erfassen, führt das International Requirements Engineering Board (IREB) jährlich eine Umfrage zur digitalen Nachhaltigkeit im Software Engineering durch. Diese Umfrage generiert wertvolle Daten, deren volles Potenzial jedoch erst durch eine klare und vergleichende Visualisierung ausgeschöpft werden kann.

Derzeit existiert ein grundlegendes, Python-basiertes Dashboard zur Auswertung der Umfragedaten. Diese erste Version ist in ihrem Funktionsumfang jedoch stark eingeschränkt. Wesentliche Analysefunktionen wie der Vergleich der Daten über mehrere Jahre hinweg und eine visuell ansprechende Darstellung fehlen.

Zusätzlich ist das bestehende Design inkonsistent und nicht konzeptuell geführt. Es liegen Hinweise vor, dass einzelne Visualisierungen nicht die tatsächlichen Werte aus den Daten widerspiegeln; die Datenanbindung und Berechnung müssen daher geprüft werden.

Das Ziel dieses Projekts ist daher die Entwicklung eines robusten, interaktiven webbasierten Dashboards, das die Ergebnisse der IREB-Umfrage zur digitalen Nachhaltigkeit sowohl innerhalb eines Jahres als auch im Längsschnitt über mehrere Jahre hinweg visualisiert und analysierbar macht.

1.2 Projektvision

Die Vision dieses Projekts ist die Schaffung eines interaktiven und webbasierten Analyse-Dashboards, das die Umfragedaten zur digitalen Nachhaltigkeit des IREB für eine breite Öffentlichkeit mithilfe von Visualisierungen zugänglich und verständlich macht.

Die zentralen Ziele und Resultate sind:

1. Längsschnittanalyse und Trend-Erkennung: Ein Kernziel ist es, den Vergleich der Umfragedaten über mehrere Jahre hinweg intuitiv zu visualisieren. Benutzer sollten auf einen Blick Trends, Veränderungen und Muster im Zeitverlauf erkennen können, um die Evolution der digitalen Nachhaltigkeit nachzuvollziehen.
2. Nachhaltiger und automatisierter Betrieb: Um die Langlebigkeit und Aktualität des Dashboards zu gewährleisten, wird ein automatisierter Prozess für die Datenaktualisierung implementiert. Neue Umfragedaten, die über eine definierte Schnittstelle (z. B. ein Git-Repository) bereitgestellt werden, sollen automatisch eingelesen, bereinigt und im Dashboard korrekt visualisiert werden. Dies minimiert den manuellen Aufwand und stellt sicher, dass die Plattform stets auf dem neuesten Stand ist.
3. Globale Zugänglichkeit: Das finale Dashboard wird öffentlich gehostet und über das Internet frei zugänglich sein. Es dient als zentrale, verlässliche Anlaufstelle für die Analyse der IREB-Umfrageergebnisse und stärkt die Position des IREB als Vordenker im Bereich der digitalen Nachhaltigkeit.
4. Anspruchsvolle Visualisierungen: Einsatz geeigneter Diagrammtypen jenseits einfacher Kuchendiagramme (z.B. gestapelte Balken, Heatmaps, Divergenz-Balken für Likert-Skalen, Small-Multiples), um komplexe Zusammenhänge und Verteilungen präzise zu kommunizieren.

1.3 Fragestellungen

1. Welche etablierten Visualisierungsprinzipien und -richtlinien sind am effektivsten, um die verschiedenen Antworttypen (z. B. Likert-Skalen, nominal, Mehrfachauswahl) der IREB-Umfrage zur digitalen Nachhaltigkeit darzustellen?
 - Welche Entscheidungsregeln bestimmen die angemessene Verwendung von absoluten Häufigkeiten gegenüber prozentualen Anteilen, um Fehlinterpretationen zu vermeiden, insbesondere beim Filtern von Daten oder beim Vergleich von Jahren mit unterschiedlichen Stichprobengrößen?
2. Welche Visualisierungstechniken eignen sich am besten, um Trends und Vergleiche zwischen den Jahren in den Umfragedaten effektiv zu kommunizieren?
3. Wie können komplexe Korrelationen und Zusammenhänge zwischen Umfragevariablen (demografische Faktoren, Likert-Skalen, Multiple-Select) durch benutzerfreundliche, interaktive Visualisierungsmethoden explorierbar gemacht werden?
4. Inwiefern kann das interaktive Dashboard das Bewusstsein für digitale Nachhaltigkeit fördern und in welchem Ausmass minimiert das gewählte Visualisierungskonzept dabei die kognitive Belastung der Nutzer bei der Dateninterpretation?

Nebst den projektspezifischen Fragestellungen sollen die nachfolgenden generischen Fragestellungen bei der Umsetzung ihrer Arbeit betrachtet werden:

- A. Identifikation geeigneter Szenarien und User Interface Prototyping: Mit welchen Ansätzen erreichen Sie die definierte Zielgruppe?
- B. Technisches Konzept: Mit welchem technischen Konzept erreichen Sie die gewünschte Lösung?
- C. User Interface Design: Welche Interaktionskonzepte, Interfacegestaltungen und Bildsprachen eignen sich für Ihren Ansatz?
- D. Implementierung: Mit welcher technischen Umsetzung erfüllen Sie die Anforderungen an Funktionalität, Benutzbarkeit, Zuverlässigkeit, Effizienz und Wartbarkeit?
- E. Testing: Für die erfolgreiche Einführung der Software sind die Korrektheit, die Benutzbarkeit und die Zuverlässigkeit zentral. Wie können Sie diese sicherstellen und testen?

1.4 Methodik

Software Engineering & CI/CD:

Wir arbeiten schlank nach «Lean-Kanban»: kontinuierlicher Fluss statt Sprints, minimales Ritual-Overhead. Board: «Backlog» → «In Arbeit» → «Review/QA» → «Done», bei Bedarf «Blocked». Strikte WIP-Limits (1–2 Tickets/Spalte) sichern Fokus. Klare Policies: «Definition of Ready» (klare Story und Akzeptanzkriterien) und «Definition of Done» (Tests oder Begründung warum keine Tests, Review, Deployment).

Planung & Cadence (Unterricht Mo/Do: Arbeit Di/Mi/Fr)

Synchronisation während der Unterrichtszeit am Montag und Donnerstag. Keine Live-Meetings an Di/Mi/Fr, nur kurze Updates über Teams wenn nötig.

Requirements Engineering

Backlog in kleinen INVEST-Stories, wert-/risikobasiert priorisiert; jede Story mit prüfbaren Akzeptanzkriterien.

Wissenschaftliches Arbeiten

Für die Gestaltung des Dashboards orientieren wir uns an wissenschaftlichen Grundlagen der Datenvisualisierung. Mithilfe von Datenbanken wie Google Scholar und entsprechender Fachliteratur recherchieren wir bewährte Gestaltungsprinzipien. Dieser Ansatz stellt sicher, dass die Daten nicht nur ansprechend, sondern vor allem verständlich und aussagekräftig aufbereitet werden. Alle herangezogenen Quellen werden dabei fachgerecht zitiert.

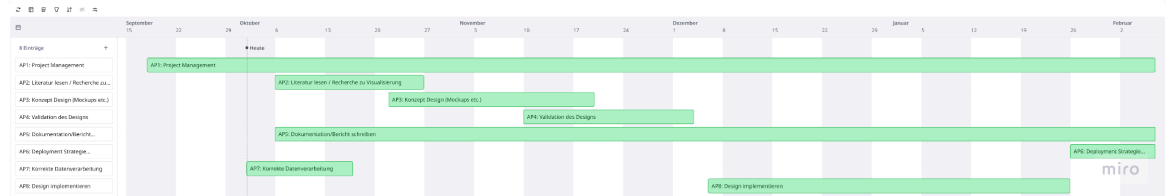
User-Centred Design

Corporate Identity / Corporate Design von IREB verwenden. Ausarbeitung eines UI/UX-Konzepts (Informationsarchitektur, Navigationsmuster, Filter/Facetten, Farb- und Typographiesystem, Responsivität, Barrierefreiheit inkl. Farbkontrast und Farbblindheit). Low- bis High-Fidelity-Prototypen; frühes Feedback mit Stakeholdern.

1.5 Planung

Hier ist der Link zur Zeitplanung:

https://miro.com/app/live-embed/uXjVJEkMDg4=?focusWidget=3458764610122758378&embedMode=view_only_without_ui&embedId=714542976556



1. Datenverarbeitung implementiert: Die gesamte Logik für den Import, die Validierung und die Aufbereitung der Daten ist funktionsfähig (umfasst AP7).
2. Konzept und Design validiert: Die Anforderungen sind definiert und das visuelle Konzept steht nach Nutzerfeedback fest (umfasst AP2, AP3, AP4).
3. Dashboard-Implementierung abgeschlossen: Das validierte Design ist vollständig auf der Basis der korrekten Daten umgesetzt und es ist definitiv festgelegt wie man deployed (umfasst AP8, AP6).
4. Projektübergabe vorbereitet: Die Projektdokumentation ist erstellt und die finale Deployment-Strategie ist entschieden (umfasst AP5).

Titel	AP1: Project Management
Beschreibung	Beinhaltet alle organisatorischen Aufgaben zur Steuerung und Überwachung des Projekts.
Aktivitäten	Planung, koordination, Kommunikation, tracking
Erwartete Ergebnisse	• Sitzungsprotokolle • Fortschrittsberichte
Aufwand	23h

Titel	AP2: Literatur lesen / Recherche zu Visualisierung
Beschreibung	Recherche zu bereits bestehenden Visualisierungskonzepten und best practices.
Aktivitäten	• Analyse von Beispieldashboards • Recherche zu bewährten Visualisierungsformen.
Erwartete Ergebnisse	• Definierte Anforderungen • Dokumentation der Rechercheergebnisse

	• Sammlung von Gestaltungsbeispielen.
Aufwand	45h

Titel	AP3: Konzept Design (Mockups etc.)
Beschreibung	Entwicklung eines Konzepts für die Struktur, das Aussehen und die Bedienung des Dashboards.
Aktivitäten	Struktur und Aufbau festlegen, schematische Entwürfe (Wireframes) und detaillierte Design-Entwürfe (Mockups) erstellen.
Erwartete Ergebnisse	• Mockups • Wireframes
Aufwand	54h

Titel	AP4: Validation des Designs
Beschreibung	Einholung von Feedback zum erstellten Design, um dessen Verständlichkeit und Benutzerfreundlichkeit zu prüfen.
Aktivitäten	• Durchführung von Nutzertests mit dem Prototyp • Feedback der Auftraggeber einholen und auswerten.
Erwartete Ergebnisse	• Zusammenfassung des Nutzerfeedbacks • Liste mit Verbesserungsvorschlägen • angepasste Design-Entwürfe.
Aufwand	49h

Titel	AP5: Dokumentation/Bericht schreiben
Beschreibung	Erstellen einer vollständigen, prüfbaren Projektdokumentation und eines klaren Berichts zu Zielen, Vorgehen, Ergebnissen und Learnings.
Aktivitäten	• Gliederung festlegen und Vorlage/Format definieren • Materialien/Artefakte sammeln (Anforderungen, Entscheide, Messdaten, Code-Referenzen). • Inhalt verfassen: Einleitung, Zielsetzung, Methodik, Umsetzung,

	Resultate, Diskussion, Risiken, Fazit. • Tabellen/Grafiken erstellen; Quellen und Zitate nachführen. • Qualitätssicherung: Faktencheck, Review, Lektorat, Versionierung.
Erwartete Ergebnisse	• Abnahmefähiger Bericht • Konsistente, nachvollziehbare Dokumentation mit Zahlen, Screenshots und Anhängen. • Korrekte Verzeichnisse: Quellenverzeichnis, Bildverzeichnis etc...
Aufwand	53h

Titel	AP6: Deployment Strategie klären
Beschreibung	Abklärung mit dem Kunden, ob die App weiterhin auf Streamlit betrieben wird oder auf eine alternative Plattform wechselt. Entscheidung basiert auf fachlichen Zielen, NFRs, Sicherheits-/Compliance-Vorgaben, Kosten, Betrieb/Support und Risiken. Ergebnis ist ein gemeinsamer, belastbarer Entscheid inkl. Governance.
Aktivitäten	• Stakeholder-Interview/Kick-off; Zielbild und Annahmen festhalten. • Optionen definieren: «Streamlit weiterführen» vs. PaaS/Container/Kubernetes/On-Prem. • Dokumentation
Erwartete Ergebnisse	• Abgestimmte «Hosting-Entscheidung» (Streamlit beibehalten oder Alternative X) mit Unterschrift.
Aufwand	26h

Titel	AP7: Korrekte Datenverarbeitung
Beschreibung	Sicherstellen, dass Umfrageergebnisse vom Rohdatenimport (CSV) bis zur Anzeige im Dashboard fachlich korrekt, nachvollziehbar und auditierbar verarbeitet werden.
Aktivitäten	• Datenfluss festlegen: Import aus CSV, Bereinigung, Transformation, optionale Persistenz/Cache • Tests: Unit- und Golden-Data-Tests für Regeln.
Erwartete Ergebnisse	• Korrekte Datenanzeige Dashboard
Aufwand	39h

Titel	AP8: Design implementieren
Beschreibung	Visuelles Design, konsistent, zugänglich und performant im Dashboard umsetzen.
Aktivitäten	

	• UI-Kit/Komponentenbibliothek umsetzen (Buttons, Formular, Tabellen, Karten, Filter, Modals, Chart-Container). • Responsives Layout (Mobile bis Desktop) • Zustände & Interaktionen: Hover/Fokus, Fehler, Lade- und Leere-Zustände, Skeletons. • Performance: Analysieren und gegebenenfalls verbessern.
Erwartete Ergebnisse	• Dashboard mit neuem Design
Aufwand	71h

1.6 Risiko Assessment

Gefahr	Massnahmen
Die Anforderung "visuell ansprechend" ist subjektiv, das Endprodukt entspricht nicht den Kundenerwartungen.	- Erstellung von Mockups/Wireframes zur frühzeitigen Abstimmung. - Regelmässige Demos zur Einholung von Design-Feedback.
Mangelnde Team-Koordination führt zu unklarer Aufgabenverteilung und Doppelarbeit.	- Regelmässige Abstimmung im Team.
Browser-Inkompatibilität verursacht Darstellungsprobleme.	- Regelmässige Tests für die 3 Major-Browser (Chromium, Firefox, Safari).
Der Stakeholder ist nicht verfügbar und antwortet nur selten.	- Kommunikationswege klar definieren - Falls nötig feste, regelmässige Meetings abmachen
Farbwahl nicht barrierefrei (Kontraste/Farbblindheit).	Barrierefreiheits-Checks (WCAG-Kontrast), farbunabhängige Kodierung (Pattern/Labels), reduzierte Paletten.

2. Schlussbestimmung

Die Unterzeichneten anerkennen, den Text gelesen und verstanden zu haben und verpflichten sich mit Ihrer Unterschrift die aufgeführten Punkte und die allgemeine Sorgfaltspflicht einzuhalten.

Windisch, den

Betreuer

Nitish Patkar

Norbert Seyff

Studierende

Timon Gisler

Timon G.

Orkun Atasoy

O. Atasoy

B Umfragebogen

Survey introduction

The IREB Special Interest Group on Sustainability (SIGsus) invites you to participate in the Digital Sustainability Survey. Through this survey, SIGsus aims to gather insights into real-world practices, challenges, and opportunities shaping sustainability in software engineering. By participating, you will help us to:

1. identify current trends and challenges in integrating sustainability into software engineering.
2. enhance IREB curricula and resources to provide practitioners like you with cutting-edge knowledge and tools.

The Digital Sustainability Survey is performed annually to investigate any shifts in the perception and role of Digital Sustainability, which we consider an umbrella term for Sustainable Software – the sustainability of digital solutions – and Sustainable by Software – digital solutions designed to achieve positive sustainability impacts.

Why Participate?

- You will be able to receive a summary of our findings with valuable insights that can benefit your organization and the broader community. If you are interested, email us at: sig@ireb.org.
- The SIGsus can provide a platform through which you can connect with professionals and organizations in IT committed to sustainability. We believe that this will foster shared experiences and innovative approaches.
- Whether you are a requirements engineer, developer, tester, software architect, manager, or hold any other role, **your perspective matters!** Together, we can influence the promotion of sustainable and innovative practices across the software industry.

What to Expect in this Survey

- The survey covers demographic information, sustainability awareness, organizational practices, and role-specific questions.
- We know your time is valuable and we therefore made sure that it should take about 10 minutes to complete.
- All responses are anonymous, and findings will be communicated in aggregated form—for example, in IREB publications or scientific papers.

If you have any questions about this survey or how results will be used, please feel free to contact: sig@ireb.org

We appreciate your time and participation! **Many Thanks in advance.**

Survey Instrument

Demographic

Tell us a bit about yourself—who you are professionally, and what you do. This will help us better understand the demographics of the people taking part in this survey.

1. Which age group do you belong to? (single-select)*
 - a. 18–28
 - b. 29–44

- c. 45–60
- d. Above 60
- 2. How many years of professional experience do you have in IT / software engineering?*
- a. Less than 1 year
- b. 1–5 years
- c. 6–10 years
- d. 11–20 years
- e. More than 20 years
- 3. Which continent do you live on?
- a. Europe
- b. Asia
- c. Australia
- d. South America
- e. North America
- f. Africa
- 4. What is your current country of residence? (drop-down)*
- 5. Which of the following best describes your **current** role in the organization? (single-select)*
- a. Developer
- b. Tester / QA Engineer
- c. Requirements Engineer / Business Analyst / Product Owner
- d. Software Architect
- e. CTO
- f. DevOps Engineer
- g. Team Lead / Project Manager
- h. Executive / CEO / Owner
- i. Researcher / Educator
- j. Trainer
- k. Other (please specify)
- 6. Which of the following organizational types best describes your organization? (single-select)*
- a. Industry – Microenterprise (up to 10 employees)
- b. Industry – Small enterprise (10–49 employees)
- c. Industry – Medium-sized enterprise (50–249 employees)
- d. Industry – Large enterprise (at least 250 employees)
- e. University / Research Institute
- f. NGOs
- g. Government
- 7. In which application domain do you currently primarily work? (single-select)*
- a. Technology, Software, and IT Consulting
- b. Finance, Banking, and Insurance
- c. Healthcare and Medical Technology
- d. Chemistry, Pharmaceuticals and Biotechnology
- e. Education and Research
- f. Retail and E-commerce
- g. Transportation, Logistics, and Trade
- h. Energy and Utilities
- i. Construction and Engineering
- j. Hospitality, Tourism, and Entertainment
- k. Government and Public Administration
- l. Telecommunications
- m. Manufacturing and Mechanical Engineering
- n. Automotive and Vehicle Technology

- o. Aviation, Aerospace and Defense
- p. Advertising, Marketing, and Public Relations
- q. Legal Services
- r. Other (please specify)

General Awareness of Sustainability

Have you heard of digital sustainability? What steps are you taking toward it? We'd love to know more!

8. We consider **Digital Sustainability** an umbrella term for two aspects: Sustainable Software and Sustainable by Software.

Sustainable Software concerns the sustainability of digital solutions in terms of their impact on environmental, economic, technical, social, and individual dimensions, including carbon footprint (Green IT) and process resources.

Sustainable by Software describes digital solutions designed to achieve positive sustainability impacts to help individuals and organizations reach sustainability goals, such as such as the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) more effectively.

Have you heard of this or a similar definition of sustainability before? (single-select)*

- a. Yes
 - b. No
9. How frequently do you encounter (e.g., coming across or taking part in) discussions about digital sustainability in your professional environment? (single-select)
- a. Never
 - b. Every few months or less
 - c. Monthly
 - d. Weekly
 - e. Daily
 - f. Other → mostly an empty column in the CSV.
10. Have you participated in one or more training or educational programs on digital sustainability? (single-select)
- a. Yes
 - b. No
11. [Precondition: Q10 = No]
What are the reasons you haven't participated in **any or more** training or educational programs on digital sustainability? (multiple-select)
- a. I was not aware such programs existed
 - b. My organization does not offer such programs
 - c. I have not had the opportunity to attend
 - d. I don't see the need for such training
 - e. The cost is too high
 - f. Other (please specify)
12. [Precondition: Q10 = Yes]
How many times training(s) or educational program(s) on digital sustainability did you participate in? (single-select)
- a. 1
 - b. 2
 - c. 3-5
 - d. More than 5

13. *[Precondition: either Q10 = Yes]*
Did you participate in the training(s) or educational program(s) in your private capacity (i.e., you paid for it and participated out of personal interest)? (single-select)
- Yes
 - No
 - My organization paid it on some occasions, and I paid it myself on others.
14. *[Precondition: Q10 = Yes]*
Please tell us a little about the training or educational programs on digital sustainability you participated in. (short/long text)
15. Are you satisfied with the number of training or educational programs you participated in?
- 3-5
 - More than 5
16. What are the reasons you haven't participated in more training or educational programs on digital sustainability? → **This is a potential duplicate of Q11**
- I was not aware such programs existed
 - My organization does not offer such programs
 - I have not had the opportunity to attend
 - I don't see the need for such training
 - The cost is too high
 - Other

The Role of Digital Sustainability in Your Organization

Let us think about your workplace and your tasks for a moment. Is Digital Sustainability an important driver? By software development projects, we refer to any software-related activities within a project, including consulting and analysis

17. Does your organization have specific digital sustainability goals or benchmarks for software development projects? (single-select)
- Yes
 - No
 - Not sure
18. Does your organization have a dedicated sustainability or Corporate Social Responsibility (CSR) expert, team, or department? (single-select)
- Yes
 - No
 - Not sure
19. Does your organization incorporate sustainable development practices? (single-select)*
- Yes
 - No
 - Not sure
20. *[Precondition: Q19 = Yes]*
Do different departments in your organization coordinate on sustainability for software development projects? (single-select)
- Yes
 - No
 - Not sure
21. *[Precondition: Q19 = Yes]*
Which dimensions of sustainability are actively considered in your organization's software development projects? (multiple select)
- Environmental sustainability (e.g., resource efficiency of energy/water/etc., carbon footprint)

- b. Social sustainability (e.g., the role of community, shared values, **working conditions, and well-being**)
 - c. Individual sustainability (e.g., health, competence, access to services)
 - d. Economic sustainability (e.g., cost efficiency, economic viability)
 - e. Technical sustainability (e.g., maintainability, scalability)
 - f. Other (please specify)
 - g. Not sure
22. Does your organization report on sustainability practices? (single-select)
- a. Yes
 - b. No
 - c. Not sure
23. Does your organization offer training or resources to employees on the design or development of sustainable digital solutions? (single-select)*
- a. Yes
 - b. No
 - c. Not sure
24. [Precondition: Q23 = Yes]
Can you tell us a little about the training or resources your organization offers? (short/long text)
25. What might be the reasons your organization does not offer any or more training or resources on the design or development of sustainable digital solutions? (multiple-select)
- a. Lack of awareness about the availability of such training
 - b. Lack of understanding about the need for such training
 - c. No demand or interest from employees
 - d. Limited budget or resources for training programs
 - e. Sustainability is (perhaps) not a priority for the organization
 - f. Not sure
 - g. Other (please specify)
26. How often is the sustainability of your digital solutions an explicit requirement of the customer or the users? (single-select)
- a. For every project or solution
 - b. For most projects or solutions
 - c. For some projects or solutions
 - d. Rarely, but it has happened
 - e. Never
27. [Precondition: Q26 = d or e]
Why do you think that your customers and users have not asked explicitly to build sustainable digital solutions? (open-ended short text)

Sustainability in Your Job and Tasks

We want to know how sustainability is finding its way into what you do and the choices you make in your work life. We call these "role-specific tasks". For example:

- *If you are a **requirements engineer**, we are curious about how sustainability influences various RE tasks.*
- *If you are an **architect**, we want to learn whether you are incorporating measures into the **architecture**, for example, to reduce the environmental footprint.*
- *If you are a **developer**, we would like to hear how you approach, for example, writing energy-efficient code.*

Most importantly, we recognize that sustainability encompasses many dimensions.

28. Do you incorporate digital sustainability considerations in your role-specific tasks? (single-select)*
- a. Yes

- b. No

29. [Precondition: Q28 = Yes]

What drives you to incorporate digital sustainability in your role-related tasks? (multiple-select)

- a. Organizational policies
- b. Personal beliefs
- c. Client requirements
- d. User requirements
- e. Legal requirements
- f. Other (please specify)

30. [Precondition: Q28 = Yes]

Which sustainability dimensions do you consider in your role-specific tasks? (multiple-select)

- a. Environmental sustainability (e.g., resource efficiency of energy/water/etc., carbon footprint)
- b. Social sustainability (e.g., role of community, shared values)
- c. Individual sustainability (e.g., health, competence, access to services)
- d. Economic sustainability (e.g., cost efficiency, economic viability)
- e. Technical sustainability (e.g., maintainability, scalability)
- f. Other (please specify)

31. [Precondition: Q28 = Yes]

Are there specific tools, software, or frameworks that help you incorporate sustainability into your tasks? (e.g., gathering and managing requirements, writing sustainability-focused tests, optimizing code for less energy consumption.)*

- a. Yes
- b. No
- c. Not sure

32. [Precondition: Q31 = Yes]

Can you name the tools, software, and/or frameworks, and tell us how and for what you use them? (short/long text)

33. [Precondition: Q28 = No]

What hinders you from incorporating sustainability in your role-specific tasks? (multiple-select)

- a. Lack of personal interest (e.g., no incentive to make the effort to consider sustainability)
- b. Lack of knowledge or awareness (e.g., not knowing enough about sustainability impact or best practices)
- c. Limited resources or budget (e.g., insufficient tools or technology)
- d. Financial constraints (e.g., limited budget)
- e. Insufficient time or competing priorities (e.g., pressing deadlines, other projects taking precedence)
- f. Lack of organizational or leadership support (e.g., limited buy-in from management, inadequate policy frameworks)
- g. Complexity or uncertainty of sustainability solutions (e.g., difficulty measuring impact or navigating standards)
- h. Cultural or social barriers (e.g., resistance to change, misalignment with organizational culture)
- i. Resistance from clients and customers
- j. Other (please specify)

34. Which sustainability dimension(s) do you feel you lack sufficient knowledge or tools to effectively address? (multiple-select)*

- a. Environmental sustainability (e.g., resource efficiency of energy/water/etc., carbon footprint)
- b. Social sustainability (e.g., role of community, shared values)
- c. Individual sustainability (e.g., health, competence, access to services)

- d. Economic sustainability (e.g., cost efficiency, economic viability)
 - e. Technical sustainability (e.g., maintainability, scalability)
35. What additional support or resources would best help you integrate digital sustainability into your work? (multiple-select)*
- a. Theoretical knowledge (self-study learning material)
 - b. Tutorials (co-present or online training)
 - c. Curricula (educational programs)
 - d. Practical knowledge (how-to's)
 - e. Positive case studies (real-world examples demonstrating benefits, including financial value)
 - f. Structures (frameworks, definitions, standards)
 - g. Tools (assessment checklists, creativity methods)
 - h. I do not want to integrate more digital sustainability into my work
 - i. Other (please specify)
-

Closing

Thank you for taking the time to complete our survey on digital sustainability! Together, we're shaping a more sustainable future in the IT industry, one thoughtful response at a time.

We know that this survey only scratches the surface and there is still a lot to discuss.

If you are interested in:

- Participating in a short interview to share more about your experiences,
- Connecting with other professionals who are passionate about digital sustainability, or
- Receiving a report on the survey results, the latest news, trends, and best practices in this field,

please feel free to email us at: sig@ireb.org.

If you would like to read more about the Special Interest Group on Sustainability (SIGsus), please visit the IREB website: <https://ireb.org/en/community/special-interest-group/sig-sustainability>

C Evaluationsbögen der Validierung

Die ausgefüllten Evaluationsbögen der drei Testpersonen (siehe Abschnitt 6.2) sind nachfolgend angefügt.

Validierung: Digital Sustainability Dashboard

Evaluationsbogen

Teilnehmer-Info:

Name: Emirhan Karaca
 Datum: 05.02.2026
 Beruf / Studium: Informatik

Anleitung

Bitte öffne das Dashboard unter: <https://ireb-dashboard.vercel.app/>

Nimm dir ca. **2-3 Minuten Zeit**, um dich mit dem Tool vertraut zu machen. Bitte teste dabei spezifisch:

- Wechsle das Jahr (ganz oben auf der Seite).
- Nutze den „**Compare to...**“ Modus (unten bei den Grafiken).
- Klicke auf „**Explore**“ (Button unter den Grafiken), um Zusammenhänge zu sehen.

Beantworte anschliessend bitte die folgenden 5 Fragen.

1. Trend-Erkennung (Vergleichsansicht)

Navigiere zu einer beliebigen Grafik (z.B. „Years of Professional Experience“) und aktiviere unten den „**Compare to...**“ Modus.

Wie einfach konntest du erkennen, wo die grösste Veränderung (Lücke) zwischen den Jahren stattfand?

- ☐ 1 – Sehr schwer / Verwirrend
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☒ 5 – Sehr einfach / Intuitiv (Dumbbell Chart hat geholfen)

Kommentar (Was war hilfreich, was hat gestört?):

Es hat auch geholfen die grösste
Veränderung immer zuoberst zu
platzieren. Man sieht zudem den Weg als Linie.

2. Exploration von Zusammenhängen

Nutze den Button „Explore“ bei einer Frage deiner Wahl.

Wie verständlich waren die komplexeren Grafiken (z. B. Heatmaps oder gestapelte Balken) in diesem Bereich?

- ☐ 1 – Überfordernd / Unklar
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☒ 5 – Intuitiv / Gut verständlich

Konntest du eine Schlussfolgerung aus den Daten ziehen? Wenn ja, welche?

Die Daten zeigen, dass zwar ein hohes Bewusstsein für Nachhaltig vorhanden ist, die praktische Umsetzung noch an Vorgaben scheitert.

3. Erkenntnisgewinn

Nenne einen konkreten Fakt oder eine Erkenntnis über digitale Nachhaltigkeit, die du durch das Dashboard entdeckt hast:

Ich habe entdeckt, dass digitale Nachhaltigkeit oft noch stark mit Energieeffizienz gleichgesetzt wird, aber die soziale Komponente in der Praxis noch weniger präsent ist.

4. Usability & Kognitive Belastung

Ziel: Minimierung der kognitiven Belastung bei der Dateninterpretation.

Wie hast du die Menge der dargestellten Informationen empfunden?

- ☐ **Zu wenig:** Mir haben wichtige Details gefehlt.
- ☒ **Genau richtig:** Ich fühlte mich gut geführt (z.B. durch Tooltips/Layout).
- ☐ **Zu viel:** Ich fühlte mich von der Datenmenge erschlagen.

Anmerkung dazu:

Das Dashboard wirkt aufgeräumt. Die Tool-tips helfen enorm, wenn es darum geht die Prozentwerte zu verstehen.

5. Bewusstsein (Awareness)

Hat die interaktive Auseinandersetzung mit den Daten dein persönliches Bild davon verändert, wie verbreitet „Digitale Nachhaltigkeit“ bereits ist?

- ☒ **Ja,** mein Bewusstsein dafür wurde geschärft.
- ☐ **Nein,** mein Bild hat sich nicht verändert.

Inwiefern?

Mir war nicht bewusst, wie stark das Verhältnis zwischen der Berufserfahrung und der Einschätzung von Nachhaltigkeit ist.

Vielen Dank für deine Unterstützung bei unserer P5-Arbeit!

Validierung: Digital Sustainability Dashboard

Evaluationsbogen

Teilnehmer-Info:	
Name:	<u>Rinoor Shala</u>
Datum:	<u>03.02.2026</u>
Beruf / Studium:	<u>Informatik</u>

Anleitung

Bitte öffne das Dashboard unter: <https://ireb-dashboard.vercel.app/>
Nimm dir ca. **2-3 Minuten Zeit**, um dich mit dem Tool vertraut zu machen. Bitte teste dabei spezifisch:

- Wechsle das Jahr (ganz oben auf der Seite).
- Nutze den „Compare to...“ Modus (unten bei den Grafiken).
- Klicke auf „Explore“ (Button unter den Grafiken), um Zusammenhänge zu sehen.

Beantworte anschliessend bitte die folgenden 5 Fragen.

1. Trend-Erkennung (Vergleichsansicht)

Navigiere zu einer beliebigen Grafik (z.B. „Years of Professional Experience“) und aktiviere unten den „Compare to...“ Modus.

Wie einfach konntest du erkennen, wo die grösste Veränderung (Lücke) zwischen den Jahren stattfand?

- ☐ 1 – Sehr schwer / Verwirrend
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☒ 4
- ☐ 5 – Sehr einfach / Intuitiv (Dumbbell Chart hat geholfen)

Kommentar (Was war hilfreich, was hat gestört?):

Es war einfach die grösste Veränderung zu
sehen dank der Länge der einzelnen
Section.

2. Exploration von Zusammenhängen

Nutze den Button „Explore“ bei einer Frage deiner Wahl.

Wie verständlich waren die komplexeren Grafiken (z. B. Heatmaps oder gestapelte Balken) in diesem Bereich?

- ☐ 1 – Überfordernd / Unklar
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☒ 5 – Intuitiv / Gut verständlich

Konntest du eine Schlussfolgerung aus den Daten ziehen? Wenn ja, welche?

Sehr gut verständliche Grafiken mit Balken.
Bei der Frage über educational Programs ersichtlich
dass Reg. Engineering etc. am meisten besucht wurde

3. Erkenntnisgewinn

Nenne einen konkreten Fakt oder eine Erkenntnis über digitale Nachhaltigkeit, die du durch das Dashboard entdeckt hast:

Die ~~die~~ Digitale Nachhaltigkeit ist zwar bekannt
aber wird nur von einem Teil der Befragten
berücksichtigt.

4. Usability & Kognitive Belastung

Ziel: Minimierung der kognitiven Belastung bei der Dateninterpretation.

Wie hast du die Menge der dargestellten Informationen empfunden?

- ☐ Zu wenig: Mir haben wichtige Details gefehlt.
- ☒ Genau richtig: Ich fühlte mich gut geführt (z.B. durch Tooltips/Layout).
- ☐ Zu viel: Ich fühlte mich von der Datenmenge erschlagen.

Anmerkung dazu:

5. Bewusstsein (Awareness)

Hat die interaktive Auseinandersetzung mit den Daten dein persönliches Bild davon verändert, wie verbreitet „Digitale Nachhaltigkeit“ bereits ist?

- ☒ Ja, mein Bewusstsein dafür wurde geschärft.
- ☐ Nein, mein Bild hat sich nicht verändert.

Inwiefern?

Ja, weil mir durch die Daten erst bewusst wurde,
dass digitale Nachhaltigkeit zwar vorhanden
ist aber noch deutlich ausbauen möglich ist.

Vielen Dank für deine Unterstützung bei unserer P5-Arbeit!

Validierung: Digital Sustainability Dashboard

Evaluationsbogen

Teilnehmer-Info:

Name:

Lukas

Datum:

05.02.26

Beruf / Studium:

Kaufmann / Betriebsökonomie

Anleitung

Bitte öffne das Dashboard unter: <https://ireb-dashboard.vercel.app/>

Nimm dir ca. **2-3 Minuten Zeit**, um dich mit dem Tool vertraut zu machen. Bitte teste dabei spezifisch:

- Wechsle das Jahr (ganz oben auf der Seite).
- Nutze den „Compare to...“ Modus (unten bei den Grafiken).
- Klicke auf „Explore“ (Button unter den Grafiken), um Zusammenhänge zu sehen.

Beantworte anschliessend bitte die folgenden 5 Fragen.

1. Trend-Erkennung (Vergleichsansicht)

Navigiere zu einer beliebigen Grafik (z.B. „Years of Professional Experience“) und aktiviere unten den „Compare to...“ Modus.

Wie einfach konntest du erkennen, wo die grösste Veränderung (Lücke) zwischen den Jahren stattfand?

☐ 1 – Sehr schwer / Verwirrend

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☒ 5 – Sehr einfach / Intuitiv (Dumbbell Chart hat geholfen)

Kommentar (Was war hilfreich, was hat gestört?):

Die Dumbbell Chart ist sehr nützlich um die Veränderungen einfach und schnell zu erkennen.

2. Exploration von Zusammenhängen

Nutze den Button „Explore“ bei einer Frage deiner Wahl.

Wie verständlich waren die komplexeren Grafiken (z. B. Heatmaps oder gestapelte Balken) in diesem Bereich?

- ☐ 1 – Überfordernd / Unklar
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☒ 4
- ☐ 5 – Intuitiv / Gut verständlich

Konntest du eine Schlussfolgerung aus den Daten ziehen? Wenn ja, welche?

Durch die Daten im „Explore“-Tab konnte ich Unterschiede zwischen den Ergebnissen aufgrund verschiedener Faktoren erkennen (z.B. Beruf).

3. Erkenntnisgewinn

Nenne einen konkreten Fakt oder eine Erkenntnis über digitale Nachhaltigkeit, die du durch das Dashboard entdeckt hast:

Ein Grossteil der Befragten ist mit dem Begriff „digital sustainability“ vertraut und ungefähr die Hälfte nahm an einer Schulung zu dem Thema teil.

3 Erkenntnisgewinn

4. Usability & Kognitive Belastung

Ziel: Minimierung der kognitiven Belastung bei der Dateninterpretation.

Wie hast du die Menge der dargestellten Informationen empfunden?

- ☐ **Zu wenig:** Mir haben wichtige Details gefehlt.
- ☒ **Genau richtig:** Ich fühlte mich gut geführt (z.B. durch Tooltips/Layout).
- ☐ **Zu viel:** Ich fühlte mich von der Datenmenge erschlagen.

Anmerkung dazu:

Durch die meist passend gewählte Visualisierungsart
kann die grosse Menge an Informationen deutlich
einfacher aufgenommen werden.

5. Bewusstsein (Awareness)

Hat die interaktive Auseinandersetzung mit den Daten dein persönliches Bild davon verändert, wie verbreitet „Digitale Nachhaltigkeit“ bereits ist?

- ☒ **Ja,** mein Bewusstsein dafür wurde geschärft.
- ☐ **Nein,** mein Bild hat sich nicht verändert.

Inwiefern?

Ich war überrascht wie viele bereits einen Kurs / Schulung
zu dem Thema absolviert haben.

Vielen Dank für deine Unterstützung bei unserer P5-Arbeit!

D Sitzungsprotokolle

Die nachfolgenden Protokolle dokumentieren den Verlauf der Besprechungen mit dem Betreuer Nitish Patkar.

Sitzung 1: Kickoff IP5

Datum	28.09.2025
Zeit	10:15 – 11:15
Teilnehmende	Timon Gisler, Orkun Atasoy, Nitish Patkar
Ort	Online / FHNW

Traktanden:

1. Kickoff Projekt 5: Ablauf und Besprechung
2. Anforderungen und nächste Schritte (Vertrag)
3. Übergabe von Unterlagen und Links

Besprochene Punkte:

- **Projektstart:** Klärung des generellen Ablaufs des IP5 und der Erwartungen.
- **Unterlagen:** Es wurden folgende Dokumente übergeben bzw. besprochen:
 - Bewertungsschema (Grading sheet) für IP5
 - Umfrageinstrument/Fragebogen der durchgeführten Studie
 - Resultate der Umfrage als CSV-Datei
- **Kontext & Ressourcen:**
 - IREB Special Interest Group (SIG) on Sustainability: <https://ireb.org/en/community/special-interest-group/sig-sustainability>
 - Bestehendes GitHub-Repository mit vorläufigen Analysen (Python): <https://github.com/nitishspatkar/IREB-digital-sustainability-annual-survey-results-dashboard>
 - Streamlit als Tool für Data Analysis Apps: <https://streamlit.io/>

Entscheidungen & Pendenzen:

Timon/Orkun: GitHub-Credentials an Nitish Patkar senden, um Zugriff auf das Repository zu erhalten.

Timon/Orkun: Erstellung der Aufgabenvereinbarung (Vertrag).

Sitzung 2: Besprechung Aufgabenvereinbarung

Datum	02.10.2025
Zeit	08:00 – 08:45
Teilnehmende	Timon Gisler, Orkun Atasoy, Nitish Patkar

Traktanden:

1. Besprechung des Entwurfs der Aufgabenvereinbarung

Besprochene Punkte:

- Der Entwurf der Aufgabenvereinbarung wurde durchgesehen.
- Grundsätzlich ist der Inhalt in Ordnung („ist okay“).
- Es besteht jedoch Bedarf an Detaillierung.

Entscheidungen & Pendenzen:

- Timon/Orkun:** Aufgabenvereinbarung überarbeiten.
- Mehr Arbeitspakete (Workpackages) definieren.
 - Forschungsfragen (Research Questions) genauer formulieren.