

MASTERARBEIT

Der Einfluss von Usability- Heuristiken und 3D-Elementen: Entwicklung und multimodale Analyse einer Webseite zur Gebäudesanierung

vorgelegt am 31. Januar 2025
Henning Sander

Erstprüferin: Prof. Dr. Larissa Putzar
Zweitprüfer: Thorben Ortmann

**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN HAMBURG**

Department Medientechnik
Finkenau 35
20081 Hamburg

Zusammenfassung

Die vorliegende Masterarbeit untersucht, inwiefern sich die Usability einer webbasierten Plattform zur energetischen Sanierung durch die Anwendung von Usability-Heuristiken und den Einsatz eines interaktiven 3D-Modells verbessern lässt. Im Zentrum steht der Vergleich zweier Webseitenversionen. Während Version A die Heuristiken nach Nielsen umsetzt und ein interaktives 3D-Gebäudemodell integriert, verzichtet Version B bewusst auf diese Prinzipien und verwendet eine vereinfachte 2D-Darstellung. Ziel der Untersuchung war es, Unterschiede in der wahrgenommenen und gemessenen Usability herauszuarbeiten. Zur Beantwortung der Forschungsfrage kam ein methodenübergreifendes Studiendesign zum Einsatz, das objektive Messungen (Eye-Tracking, Galvanic Skin Response und Facial Expression Analysis) mit dem User Experience Questionnaire (UEQ) kombiniert. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die beiden Versionen durch eine bessere Usability zugunsten von Version A unterscheiden. So traten in Version B vermehrt GSR-Peaks, negative Emotionen und ungeordnete Blickverläufe auf, während Version A durch geringere physiologische Erregung, positivere emotionale Reaktionen und geordnete Blickmuster auffiel. Auch im UEQ spiegeln sich die Unterschiede wider. Zwar sind aufgrund der geringen Fallzahl nicht alle Unterschiede signifikant, dennoch liefern die Resultate deutliche Hinweise darauf, dass die Umsetzung heuristischer Prinzipien in Verbindung mit interaktiven 3D-Elementen zu einer höheren Usability beiträgt. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen als Grundlage für die Weiterentwicklung der IntelMod-Plattform dienen und Impulse für die nutzerzentrierte Gestaltung vergleichbarer Systeme geben.

Abstract

This master's thesis investigates the extent to which the usability of a web-based platform for energy-efficient building renovation can be improved through the application of usability heuristics and the integration of an interactive 3D model. At the core of the study is a comparison of two website versions. While Version A implements Nielsen's heuristics and integrates an interactive 3D building model, Version B deliberately disregards these principles and uses a simplified 2D representation. The aim of the study was to identify differences in both perceived and measured usability. To address the research question, a cross-method study design was employed that combined objective measurements (eye tracking, galvanic skin response, and facial expression analysis) with the User Experience Questionnaire (UEQ). The results indicate that the two versions differ in terms of usability in favour of Version A. Version B showed more frequent GSR peaks, negative emotions, and disorganized gaze patterns, whereas Version A was characterized by lower physiological arousal, more positive emotional responses, and structured visual behaviour. These differences were also reflected in the UEQ ratings. Although not all differences reached statistical significance due to the small sample size, the findings provide strong indications that implementing heuristic principles in combination with interactive 3D elements leads to higher usability. The insights gained are intended to inform the further development of the IntelMod platform and to inspire user-centered design of comparable systems.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis.....	XI
1 Einführung.....	1
1.1 Problemstellung und Kontext der Arbeit.....	1
1.2 Zielsetzung & Forschungsfrage.....	1
1.3 Studienhintergrund	2
1.4 Methodisches Vorgehen	3
1.5 Aufbau der Arbeit.....	4
2 Aktueller Stand des Wissens	4
2.1 Aktueller Stand energetischer Sanierung.....	4
2.2 Usability – Grundlagen und Heuristiken nach Nielsen	6
2.3 Galvanic Skin Response (GSR) – Grundlagen und Anwendung in der Usability-Forschung 14	
2.4 Facial Expression Analysis (FEA) – Grundlagen der Emotionserkennung und Anwendung in der Usability-Forschung	16
2.5 Eye-Tracking – Grundlagen und Anwendung in der Usability-Forschung.....	19
2.6 User Experience Questionnaire (UEQ) – Grundlagen und Anwendung in der Usability- Forschung.....	21
2.7 Statistische Grundlagen	23
2.7.1 Deskriptive Statistik	23
2.7.2 Korrelationsanalyse.....	24
2.7.3 Signifikanztests	25
3 Methodik	27
3.1 Studiendesign und Vorbereitung	27
3.1.1 Zielsetzung der Studie.....	27
3.1.2 Studiendesign	27
3.1.3 Rekrutierung und Randomisierung der Teilnehmer:innen.....	28
3.1.4 Studienumgebung.....	29
3.1.5 Datenerhebung und eingesetzte Sensorik.....	29

3.1.6	Aufgabenstellung während der Nutzerinteraktion	32
3.2	Studiendurchführung	33
4	Implementierung der Webseitenversionen	34
4.1	Startseite – Einstieg in das Mieter-Szenario	35
4.2	Ablaufdarstellung – Visualisierung der Prozessschritte	37
4.3	Erfassung der Gebäudedaten – Validierung und Korrektur durch die Nutzer:innen.....	39
4.4	Erfassung der persönlichen und wohnungsbezogenen Daten – Validierung und Korrektur durch die Nutzer:innen.....	42
4.5	Auswahl energetischer Sanierungsmaßnahmen – Interaktive Auswahl in 2D/3D-Visualisierung	44
4.6	Maßnahmenübersicht – Zusammenfassung der gewählten Optionen	47
4.7	Kosten- und Einsparungsberechnung – Wirtschaftliche und ökologische Bewertung.....	49
4.8	Überprüfung aller Angaben – Abschließende Validierung durch die Nutzer:innen	52
4.9	Finalisierung – Abschluss des Szenarios	54
5	Datenaufbereitung und statistische Analyseverfahren	56
5.1	Datenaufbereitung.....	56
5.2	Deskriptive Statistik.....	58
5.3	Korrelationsanalyse	60
5.4	Signifikanztests.....	61
5.5	Visuelle Darstellung des Eye-Trackings – Heatmaps und Scanpfade.....	62
6	Ergebnisse	63
6.1	Ergebnisse der deskriptiven Statistik.....	63
6.2	Ergebnisse der Korrelationsanalyse.....	76
6.3	Ergebnisse der Signifikanztests	78
6.4	Ergebnisse der Heatmaps und Scanpfade	79
6.5	Ergebnisse der 2D/3D-Analyse	89
7	Diskussion	95
8	Fazit und Ausblick.....	104
	Literaturverzeichnis.....	108
	Anhang	115

Anhang 1: Situationsbeschreibung	115
Anhang 2: Modernisierungsankündigung.....	117
Anhang 3: Datenblatt	119
Anhang 4: User Experience Questionnaire.....	120
Anhang 5: Ergebnisse der Galvanic Skin Response.....	121
Anhang 6: Ergebnisse der Facial Expression Analysis für Gruppe A.....	122
Anhang 7: Ergebnisse der Facial Expression Analysis für Gruppe B	124
Anhang 8: Ergebnisse der deskriptiven Analyse für die Facial Expression Analysis von Version A	126
Anhang 9: Ergebnisse der deskriptiven Analyse für die Facial Expression Analysis von Version B	127
Anhang 10: Ergebnisse des User Experience Questionnaire.....	128
Anhang 11: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für Gruppe A	129
Anhang 12: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für Gruppe B	130
Anhang 13: Ergebnisse der Korrelationsanalyse für Version A.....	131
Anhang 14: Ergebnisse der Korrelationsanalyse für Version B.....	134
Anhang 15: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests.....	139
Anhang 16: Scanpfade der Teilnehmer:innen für Gruppe A.....	141
Anhang 17: Scanpfade der Teilnehmer:innen für Gruppe B	161
Anhang 18: Ergebnisse der Galvanic Skin Response Metriken für die 3D-Analyse	180
Anhang 19: Ergebnisse der Facial Expression Analysis für die 3D-Analyse.....	180
Anhang 20: Ergebnisse der Galvanic Skin Response Metriken für die 2D-Analyse	182
Anhang 21: Ergebnisse der Facial Expression Analysis für die 2D-Analyse.....	183
Anhang 22: Seitenbasierte Analyse der Webseitenversion A	185
Anhang 23: Seitenbasierte Analyse der Webseitenversion B.....	199
Eigenständigkeitserklärung	209

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Shimmer3 GSR+ zur Messung der galvanischen Hautreaktion	30
Abbildung 2: Eye-Tracker Tobii Pro Fusion zur Erfassung der Blickbewegungen	30
Abbildung 3: Webcam zur Erfassung der Gesichtsausdrücke durch Affectiva AFFDEX	31
Abbildung 4: Startseite der Version A	36
Abbildung 5: Startseite Version B	36
Abbildung 6: Ablaufseite Version A.....	38
Abbildung 7: Ablaufseite Version B.....	39
Abbildung 8: Gebäudedaten-Seite Version A.....	40
Abbildung 9: Tooltip der Postleitzahl bei Version A der Gebäudedaten-Seite	40
Abbildung 10: Tooltip des Bestätigungs-Buttons bei Version A der Gebäudedaten-Seite	40
Abbildung 11: Modal der Baujahrhilfe der Version A der Gebäudedaten-Seite	41
Abbildung 12: Validierung der Eingabe der Postleitzahl	41
Abbildung 13: Bestätigung der erfolgreichen Eingabe der Postleitzahl	41
Abbildung 14: Gebäudedaten-Seite Version B	42
Abbildung 15: Seite der persönlichen Angaben Version A	43
Abbildung 16: Seite der persönlichen Angaben Version B	44
Abbildung 17: Maßnahmenseite Version A.....	45
Abbildung 18: Maßnahmenseite Version B.....	46
Abbildung 19: Maßnahmenübersicht-Seite Version A	48
Abbildung 20: Maßnahmenübersicht-Seite Version B	49
Abbildung 21: Kosten- und Einsparungsseite Version A	51
Abbildung 22: Kosten- und Einsparungsseite Version B	52
Abbildung 23: Review-Seite Version A	53
Abbildung 24: Review-Seite Version B.....	54
Abbildung 25: Abschluss-Seite Version A	55
Abbildung 26: Abschluss-Seite Version B	56
Abbildung 27: Boxplot der GSR-Peaks nach Gruppe.....	63
Abbildung 28: Boxplot der GSR-Peaks pro Minute nach Gruppe.....	64
Abbildung 29: Boxplot der durchschnittlichen GSR-Peak Amplitude nach Gruppe	65
Abbildung 30: Säulendiagramm der sieben Kern-Emotionen nach Gruppe.....	66
Abbildung 31: Säulendiagramm des prozentualen Anteils der sieben Kern-Emotionen nach Gruppe	67
Abbildung 32: Säulendiagramm der positiven, negativen und neutralen Valenz nach Gruppe	67
Abbildung 33: Säulendiagramm des prozentualen Anteils der positiven, negativen und neutralen Valenz nach Gruppe	68
Abbildung 34: Säulendiagramm der neutralen Gesichtsausdrücke nach Gruppe.....	69

Abbildung 35: Säulendiagramm des prozentualen Anteils der neutralen Gesichtsausdrücke nach Gruppe	69
Abbildung 36: Boxplot der Anzahl der Fixierungen nach Gruppe	70
Abbildung 37: Boxplot der durchschnittlichen Fixationsdauer nach Gruppe	71
Abbildung 38: Boxplot der Gesamt-Fixationsdauer nach Gruppe	71
Abbildung 39: Boxplot der Anzahl der Sakkaden nach Gruppe	72
Abbildung 40: Boxplot der durchschnittlichen Dauer einer Sakkade nach Gruppe	73
Abbildung 41: Boxplot der Gesamt-Sakkadenlänge nach Gruppe	73
Abbildung 42: Boxplot der Durchführungsdauer nach Gruppen	74
Abbildung 43: Vergleich der Ergebnisse des User Experience Questionnaires (UEQ) nach Dimensionen	75
Abbildung 44: Benchmark-Vergleich der Dimensionen des UEQs für Gruppe A	76
Abbildung 45: Benchmark-Vergleich der Dimension des UEQs für Gruppe B	76
Abbildung 46: Heatmap der Startseite von Gruppe A (links) und Gruppe B (rechts)	79
Abbildung 47: Scanpfad der Startseite von Teilnehmer:in 1 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 2 von Gruppe B (rechts)	80
Abbildung 48: Heatmap der Ablaufseite von Gruppe A (links) und Gruppe B (rechts)	81
Abbildung 49: Scanpfad der Ablaufseite von Teilnehmer:in 3 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 3 von Gruppe B (rechts)	81
Abbildung 50: Heatmap der Gebäudedaten-Seite von Gruppe A (links) und von Gruppe B (rechts)	82
Abbildung 51: Scanpfad der Gebäudedaten-Seite der Teilnehmer:in 5 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 4 von Gruppe B (rechts)	82
Abbildung 52: Heatmap der persönlichen Angaben von Gruppe A (links) und von Gruppe B (rechts)	83
Abbildung 53: Scanpfad der persönlichen Angaben der Teilnehmer:in 3 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 2 von Gruppe B	83
Abbildung 54: Heatmap der Maßnahmen-Ansichts-Seite von Gruppe A (links) und von Gruppe B (rechts)	84
Abbildung 55: Scanpfad der Maßnahmen-Ansichts-Seite der Teilnehmer:in 2 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 2 von Gruppe B (rechts)	85
Abbildung 56: Heatmap der Maßnahmenübersichts-Seite von Gruppe A (links) und von Gruppe B (rechts)	86
Abbildung 57: Scanpfad der Maßnahmenübersichts-Seite der Teilnehmer:in 3 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 3 von Gruppe B (rechts)	86
Abbildung 58: Heatmap der Kosten- und Einsparungsseite von Gruppe A (links) und von Gruppe B (rechts)	87
Abbildung 59: Scanpfade der Kosten- und Einsparungsseite der Teilnehmer:in 2 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 1 von Gruppe B (rechts)	87

Abbildung 60: Heatmap der Review-Seite von Gruppe A (links) und von Gruppe B (rechts)	88
Abbildung 61: Scanpfade der Kosten- und Einsparungsseite der Teilnehmer:in 3 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 2 von Gruppe B (rechts)	88
Abbildung 62: Heatmap (links) und Scanpfad von Teilnehmer:in 5 (rechts) der Abschlussseite für Gruppe A.....	89
Abbildung 63: Anzahl der GSR-Peaks nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse.....	90
Abbildung 64: Anzahl der GSR-Peaks pro Minute nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse.....	90
Abbildung 65: Durchschnittliche GSR-Peak Amplitude nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse	91
Abbildung 66: Säulendiagramm der sieben Kern-Emotionen nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse ...	92
Abbildung 67: Säulendiagramm des prozentualen Anteils der sieben Kern-Emotionen nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse	92
Abbildung 68: Säulendiagramm der positiven, negativen und neutralen Valenz nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse	93
Abbildung 69: Säulendiagramm des prozentualen Anteils der positiven, negativen und neutralen Valenz nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse.....	93
Abbildung 70: Säulendiagramm der neutralen Gesichtsausdrücke nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse	93
Abbildung 71: Säulendiagramm des prozentualen Anteils der neutralen Gesichtsausdrücke nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse	94
Abbildung 72: Boxplot der Interaktionsdauer mit der Maßnahmen-Ansichts-Seite nach Gruppen.....	94
Abbildung 77: Seite 1 Teilnehmer:in 1	141
Abbildung 78: Seite 1 Teilnehmer:in 2.....	141
Abbildung 79: Seite 1 Teilnehmer:in 3	142
Abbildung 80: Seite 1 Teilnehmer:in 4.....	142
Abbildung 81: Seite 1 Teilnehmer:in 5.....	142
Abbildung 82: Seite 2 Teilnehmer:in 1	143
Abbildung 83: Seite 2 Teilnehmer:in 2.....	143
Abbildung 84: Seite 2 Teilnehmer:in 3.....	144
Abbildung 85: Seite 2 Teilnehmer:in 4.....	144
Abbildung 86: Seite 2 Teilnehmer:in 5.....	145
Abbildung 87: Seite 3 Teilnehmer:in 1	145
Abbildung 88: Seite 3 Teilnehmer:in 2.....	146
Abbildung 89: Seite 3 Teilnehmer:in 3.....	146
Abbildung 90: Seite 3 Teilnehmer:in 4.....	147
Abbildung 91: Seite 3 Teilnehmer:in 5.....	147
Abbildung 92: Seite 4 Teilnehmer:in 1	148
Abbildung 93: Seite 4: Teilnehmer:in 2.....	148

Abbildung 94: Seite 4 Teilnehmer:in 3	148
Abbildung 95: Seite 4 Teilnehmer:in 4	149
Abbildung 96: Seite 4 Teilnehmer:in 5	149
Abbildung 97: Seite 5 Teilnehmer:in 1	150
Abbildung 98: Seite 5 Teilnehmer:in 2	150
Abbildung 99: Seite 5 Teilnehmer:in 3	151
Abbildung 100: Seite 5 Teilnehmer:in 4	151
Abbildung 101: Seite 5 Teilnehmer:in 5	152
Abbildung 102: Seite 6 Teilnehmer:in 1	152
Abbildung 103: Seite 6 Teilnehmer:in 2	153
Abbildung 104: Seite 6 Teilnehmer:in 3	153
Abbildung 105: Seite 6 Teilnehmer:in 4	153
Abbildung 106: Seite 6 Teilnehmer:in 5	154
Abbildung 107: Seite 7 Teilnehmer:in 1	154
Abbildung 108: Seite 7 Teilnehmer:in 2	155
Abbildung 109: Seite 7 Teilnehmer:in 3	155
Abbildung 110: Seite 7 Teilnehmer:in 4	156
Abbildung 111: Seite 7 Teilnehmer:in 5	156
Abbildung 112: Seite 8 Teilnehmer:in 1	157
Abbildung 113: Seite 8 Teilnehmer:in 2	157
Abbildung 114: Seite 8 Teilnehmer:in 3	158
Abbildung 115: Seite 8 Teilnehmer:in 4	158
Abbildung 116: Seite 8 Teilnehmer:in 5	159
Abbildung 117: Seite 9 Teilnehmer:in 1	159
Abbildung 118: Seite 9 Teilnehmer:in 2	159
Abbildung 119: Seite 9 Teilnehmer:in 3	160
Abbildung 120: Seite 9 Teilnehmer:in 4	160
Abbildung 121: Seite 9 Teilnehmer:in 5	160
Abbildung 122: Seite 1 Teilnehmer:in 1	161
Abbildung 123: Seite 1 Teilnehmer:in 2	161
Abbildung 124: Seite 1 Teilnehmer:in 3	161
Abbildung 125: Seite 1 Teilnehmer:in 4	162
Abbildung 126: Seite 1 Teilnehmer:in 5	162
Abbildung 127: Seite 2 Teilnehmer:in 1	163
Abbildung 128: Seite 2 Teilnehmer:in 2	163
Abbildung 129: Seite 2 Teilnehmer:in 3	164
Abbildung 130: Seite 2 Teilnehmer:in 4	164

Abbildung 131: Seite 2 Teilnehmer:in 5.....	165
Abbildung 132: Seite 3 Teilnehmer:in 1.....	165
Abbildung 133: Seite 3 Teilnehmer:in 2.....	166
Abbildung 134: Seite 3 Teilnehmer:in 3.....	166
Abbildung 135: Seite 3 Teilnehmer:in 4.....	167
Abbildung 136: Seite 3 Teilnehmer:in 5.....	167
Abbildung 137: Seite 4 Teilnehmer:in 1.....	168
Abbildung 138: Seite 4 Teilnehmer:in 2.....	168
Abbildung 139: Seite 4 Teilnehmer:in 3.....	168
Abbildung 140: Seite 4 Teilnehmer:in 4.....	169
Abbildung 141: Seite 4 Teilnehmer:in 5.....	169
Abbildung 142: Seite 5 Teilnehmer:in 1.....	170
Abbildung 143: Seite 5 Teilnehmer:in 2.....	170
Abbildung 144: Seite 5 Teilnehmer:in 3.....	171
Abbildung 145: Seite 5 Teilnehmer:in 4.....	171
Abbildung 146: Seite 5 Teilnehmer:in 5.....	172
Abbildung 147: Seite 6 Teilnehmer:in 1.....	172
Abbildung 148: Seite 6 Teilnehmer:in 2.....	173
Abbildung 149: Seite 6 Teilnehmer:in 3.....	173
Abbildung 150: Seite 6 Teilnehmer:in 4.....	174
Abbildung 151: Seite 6 Teilnehmer:in 5.....	174
Abbildung 152: Seite 7 Teilnehmer:in 1.....	175
Abbildung 153: Seite 7 Teilnehmer:in 2.....	175
Abbildung 154: Seite 7 Teilnehmer:in 3.....	175
Abbildung 155: Seite 7 Teilnehmer:in 4.....	176
Abbildung 156: Seite 7 Teilnehmer:in 5.....	176
Abbildung 157: Seite 8 Teilnehmer:in 1.....	176
Abbildung 158: Seite 8 Teilnehmer:in 2.....	177
Abbildung 159: Seite 8 Teilnehmer:in 3.....	177
Abbildung 160: Seite 8 Teilnehmer:in 4.....	177
Abbildung 161: Seite 8 Teilnehmer:in 5.....	178
Abbildung 162: Seite 9 Teilnehmer:in 1.....	178
Abbildung 163: Seite 9 Teilnehmer:in 2.....	178
Abbildung 164: Seite 9 Teilnehmer:in 3.....	179
Abbildung 165: Seite 9 Teilnehmer:in 4.....	179
Abbildung 166: Seite 9 Teilnehmer:in 5.....	179

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zuweisung der Teilnehmenden nach Gruppe	28
Tabelle 2: Deskriptive Kennwerte der Anzahl der GSR-Peaks	63
Tabelle 3: Deskriptive Kennwerte der Peaks pro Minute	64
Tabelle 4: Deskriptive Kennwerte der durchschnittlichen Peak-Amplitude.....	64
Tabelle 5: Deskriptive Kennwerte der Anzahl der Fixationen Quelle: Eigene Darstellung.....	70
Tabelle 6: Deskriptive Kennwerte der durchschnittlichen Dauer einer Fixation.....	70
Tabelle 7: Deskriptive Kennwerte der Gesamt-Fixationsdauer	71
Tabelle 8: Deskriptive Kennwerte der Anzahl der Sakkaden	72
Tabelle 9: Deskriptive Kennwerte der durchschnittlichen Sakkadenlänge.....	72
Tabelle 10: Deskriptive Kennwerte der Gesamt-Sakkadendauer	73
Tabelle 11: Deskriptive Kennwerte der Durchführungsdauer	74
Tabelle 12: Deskriptive Kennwerte der Anzahl der GSR-Peaks der 2D/3D-Analyse.....	89
Tabelle 13: Deskriptive Kennwerte der Anzahl der Peaks pro Minute der 2D/3D-Analyse.....	90
Tabelle 14: Deskriptive Kennwerte der Anzahl der durchschnittlichen Peak-Amplitude der 2D/3D-Analyse.....	91
Tabelle 16: 26 Fragen des User Experience Questionnaires.....	120
Tabelle 17: Ergebnisse der GSR für Gruppe A.....	121
Tabelle 18: Ergebnisse der GSR für Gruppe B.....	121
Tabelle 19: Ergebnisse der FEA für die sieben Kernemotionen.....	122
Tabelle 20: Ergebnisse der FEA für die positive, negative und neutrale Valenz	123
Tabelle 21: Ergebnisse der FEA für die neutralen Ausdrücke.....	123
Tabelle 22: Ergebnisse der FEA für die sieben Kernemotionen.....	124
Tabelle 23: Ergebnisse der FEA für die positive, negative und neutrale Valenz	125
Tabelle 24: Ergebnisse der FEA für die neutralen Ausdrücke.....	125
Tabelle 25: Ergebnisse der deskriptiven Analyse der FEA	126
Tabelle 26: Ergebnisse der deskriptiven Analyse der FEA	127
Tabelle 27: Ergebnisse des User Experience Questionnaires für Gruppe A nach Dimension.....	128
Tabelle 28: Ergebnisse des User Experience Questionnaires für Gruppe B nach Dimension.....	128
Tabelle 29: Deskriptive Kennwerte der Ergebnisse des User Experience Questionnaires.....	128
Tabelle 30: Ergebnisse des t-Tests bei einem Signifikanzniveau von 0,05	128
Tabelle 31: Ergebnisse des t-Tests bei einem Signifikanzniveau von 0,1	129
Tabelle 32 : Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die GSR Metriken.....	129
Tabelle 33: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die sieben Kernemotionen.....	129
Tabelle 34: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die positive, negative und neutrale Valenz.....	129
Tabelle 35: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die neutralen Gesichtsausdrücke	129

Tabelle 36: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die Eye-Tracking Metriken	129
Tabelle 37: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die Durchführungsdauer	130
Tabelle 38: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die GSR Metriken.....	130
Tabelle 39: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die sieben Kernemotionen	130
Tabelle 40: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die positive, negative und neutrale Valenz.....	130
Tabelle 41: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die neutralen Gesichtsausdrücke	130
Tabelle 42: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die Eye-Tracking Metriken	130
Tabelle 43: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die Durchführungsdauer	130
Tabelle 44: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den GSR Metriken	131
Tabelle 45: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den sieben Kernemotionen.....	131
Tabelle 46: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und der positiven, negativen und neutralen Valenz	132
Tabelle 47: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den neutralen Gesichtsausdrücken.....	132
Tabelle 48: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den Eye-Tracking Metriken	132
Tabelle 49: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und der Durchführungsdauer	133
Tabelle 50: Korrelationen der GSR Metriken und den sieben Kernemotionen	133
Tabelle 51: Korrelationen der GSR Metriken und der positiven, negativen und neutralen Valenz	134
Tabelle 52: Korrelationen der GSR Metriken und den neutralen Gesichtsausdrücken	134
Tabelle 53: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den GSR Metriken	134
Tabelle 54: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den sieben Kernemotionen.....	135
Tabelle 55: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den sieben Kernemotionen.....	135
Tabelle 56: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den neutralen Gesichtsausdrücken.....	136
Tabelle 57: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den Eye-Tracking Metriken	136
Tabelle 58: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und der Durchführungsdauer	136
Tabelle 59: Korrelationen der GSR Metriken und den sieben Kernemotionen	137
Tabelle 60: Korrelationen der GSR Metriken und der positiven, negativen und neutralen Valenz	137
Tabelle 61: Korrelationen der GSR Metriken und den neutralen Gesichtsausdrücken	138
Tabelle 62: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests für die GSR Metriken.....	139
Tabelle 63: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests für die FEA Dimensionen	139
Tabelle 64: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests für die Durchführungsdauer	140
Tabelle 65: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests für die Eye-Tracking Metriken	140
Tabelle 66: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests für die Dimensionen des User Experience Questionnaires.....	140
Tabelle 67: Ergebnisse der Galvanic Skin Response Metriken	180
Tabelle 68: Ergebnisse der FEA für die sieben Kernemotionen.....	180
Tabelle 69: Ergebnisse der FEA für die positive, negative und neutrale Valenz	181
Tabelle 70: Ergebnisse der FEA für die neutralen Ausdrücke.....	182

Tabelle 71: Ergebnisse der Galvanic Skin Response Metriken	182
Tabelle 72: Ergebnisse der FEA für die sieben Kernemotionen.....	183
Tabelle 73: Ergebnisse der FEA für die positive, negative und neutrale Valenz	184
Tabelle 74: Ergebnisse der FEA für die neutralen Ausdrücke.....	184
Tabelle 75: Ergebnisse der Galvanic Skin Response Metriken	185
Tabelle 76: Ergebnisse der FEA für die sieben Kernemotionen.....	187
Tabelle 77: Ergebnisse der FEA für die positive, negative und neutrale Valenz	192
Tabelle 78: Ergebnisse der FEA für die neutralen Ausdrücke.....	196
Tabelle 79: Ergebnisse der Galvanic Skin Response Metriken	199
Tabelle 80: Ergebnisse der FEA für die sieben Kernemotionen.....	201
Tabelle 81: Ergebnisse der FEA für die positive, negative und neutrale Valenz	205
Tabelle 82: Ergebnisse der FEA für die neutralen Ausdrücke.....	207

1 Einführung

1.1 Problemstellung und Kontext der Arbeit

Hohe Energiepreise sind in Deutschland längst zur Realität geworden. Im Zuge von Inflation und Krisen erreichten die Energiepreise einen neuen Höchststand (Statista Research Department, 2024). Für private Haushalte bedeutet diese Entwicklung eine zunehmende finanzielle Belastung. Besonders betroffen ist der Gebäudesektor, der einen erheblichen Anteil am Energieverbrauch trägt und aktuell als einziger Sektor seine Klimaziele verfehlt hat (Thomas, 2021). Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken sind energetische Sanierungen ein zentraler Aspekt zu einer klimaneutralen Zukunft. Jedoch sind die aktuellen Zahlen ausbaufähig, da die Sanierungsraten bislang zu gering ausfallen. Die Gründe sind dabei unterschiedlich, jedoch ist ein zentraler Aspekt, dass die Beratungs- und Aufklärungsangebote aktuell nicht genug ausgenutzt werden (Weiß et al., 2018). Dabei stehen vor allem digitalen Plattformen im Fokus, welche Eigentümer:innen über Vorteile, Kosten und konkrete Maßnahmen informieren sollen. Zwar gibt es bereits viele Webseiten, doch erreichen sie häufig nicht ihre Zielgruppen. Dabei scheitert es oftmals an der Usability (Nutzerfreundlichkeit) der Plattformen. Teilweise sind Inhalte zu komplex, schlecht auffindbar oder wirken eher abschreckend als anziehend. Gerade in Zeiten fortschreitender Digitalisierung ist es entscheidend, dass Webseiten den Nutzer:innen ein positives Nutzungserlebnis bieten, um ihre Aufmerksamkeit zu halten und die zentrale Botschaft wirkungsvoll zu vermitteln. Im Kontext energetischer Sanierungen bedeutet das, dass Eigentümer:innen die möglichen Maßnahmen und Einsparpotenziale verständlich und nachvollziehbar erklärt werden müssen, damit sie den persönlichen Nutzen erkennen. Es soll deutlich werden, dass der Aufwand einer energetischen Sanierung nicht nur dem Klimaschutz dient, sondern auch konkrete Vorteile für sie selbst mit sich bringt. Voraussetzung dafür ist eine umfassende und zielgruppengerechte Aufklärung. Vor diesem Hintergrund wurde das Forschungsprojekt IntelMod ins Leben gerufen. Ziel ist die Entwicklung der Intelligenzen Modernisierungsplattform (IMP), einer KI-gestützten, interaktiven Plattform, die Eigentümer:innen und Mieter:innen bei der Entscheidungsfindung zur energetischen Sanierung unterstützt. Durch eine nutzerzentrierte Gestaltung sollen bestehende Barrieren reduziert und die Motivation zur Sanierung erhöht werden. Damit die Plattform ihr volles Potenzial entfalten kann, ist jedoch eine hohe Usability entscheidend. Sie ermöglicht es, die zentrale Botschaft klar zu vermitteln und den Nutzer:innen ein positives Nutzungserlebnis zu bieten.

1.2 Zielsetzung & Forschungsfrage

Vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen verfolgt die vorliegende Arbeit im Rahmen des Forschungsprojekts IntelMod das Ziel, zu untersuchen, wie sich die Usability einer digitalen Plattform zur energetischen Gebäudesanierung durch die Anwendung von Usability-Heuristiken und den Einsatz interaktiver 3D-Visualisierungen unterscheidet. Im Mittelpunkt steht dabei die Frage, welchen Einfluss unterschiedliche Usability-Heuristiken auf die wahrgenommene und gemessene Usability haben. Zu

diesem Zweck wurden zwei Versionen der IMP-Plattform miteinander verglichen. Die erste Version, Version A, implementiert die Usability-Heuristiken von Nielsen und ein interaktives 3D-Gebäudemodell. Die zweite Version, Version B, verstößt bewusst gegen die Heuristiken von Nielsen und implementiert eine statische 2D-Visualisierung eines Gebäudes. Ein zentraler Punkt ist zudem die Analyse der Nutzerreaktionen auf die Interaktion mit den 3D-Elementen. Es soll untersucht werden, inwieweit interaktive 3D-Elemente auf Webseiten zur energetischen Gebäudesanierung von Nutzer:innen akzeptiert und verstanden werden. Zur Beantwortung der Forschungsfrage kommt ein multimodales Untersuchungsdesign zum Einsatz, das objektive Messverfahren (Eye-Tracking, Galvanic Skin Response und Emotionserkennung) mit subjektiven Bewertungen durch den User Experience Questionnaire (UEQ) kombiniert. Die gewonnenen Erkenntnisse der Arbeit sollen als Grundlage für die Weiterentwicklung des IntelMod-Projektes dienen und zur Optimierung der Usability in digitalen Sanierungsplattformen beitragen.

Daher lautet die zentrale Forschungsfrage:

„Wie unterscheidet sich die Usability zweier Versionen einer Webseite zur energetischen Sanierung, bei denen Version A Usability-Heuristiken mit 3D-Elementen implementiert und eine zweite Variante, Version B, gegen diese Prinzipien verstößt und 2D-Elemente verwendet?“

Um diese Frage zu beantworten, werden folgende Hypothesen überprüft:

- H_0 : Version A der Webseite, welche die Usability-Heuristiken und 3D-Elemente implementiert, bietet eine signifikant bessere Usability als Version B, die gegen diese Heuristiken verstößt und 2D-Elemente enthält.
- H_1 : Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in der Usability zwischen den beiden Versionen der Webseite.

Durch die Analyse der Messmethoden soll ermittelt werden, welche Hypothese zutrifft und wie groß der Einfluss von Usability-Heuristiken sowie die Interaktion mit 3D-Elementen auf die Usability ist. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen als Grundlage dienen, um die Plattform weiterzuentwickeln und ihre Nutzbarkeit gezielt zu verbessern.

1.3 Studienhintergrund

Das übergeordnete Forschungsprojekt dieser Arbeit „Intelligente Modernisierungsplattform auf Basis des funktionalen Kostensplittings“ (IntelMod) zielt darauf ab, eine nutzerorientierte, interaktive und KI-gestützte Onlineplattform für die Wohnungswirtschaft zu entwickeln, die intelligente Modernisierungsplattform (IMP). Das Hauptziel der Plattform ist der Abbau von Hindernissen für die Umsetzung der klimapolitischen Ziele und die Unterstützung von Gebäude- und Eigentümer:innen sowie Mieter:innen bei Entscheidungen zur energetischen Sanierung des Wohngebäudebestands. Durch die Inbetriebnahme der Plattform mit ausreichender Benutzerzahl könnte mit IMP 25% der zusätzlich

notwendigen Gebäudesanierungen erreicht werden, die für die Klimaneutralität bis 2045 erforderlich sind. Außerdem sollen die Sanierungsmaßnahmen ökologisch optimiert werden und die Bilanz der Maßnahmen über ihren gesamten Lebenszyklus bewertet werden. So können die durch IMP begleiteten Sanierungen um einen bis zu 33% höheren CO₂-Einspareffekt erzielen als herkömmliche energetische Sanierungen. Insgesamt können durch die Plattform Einsparungen von 27 Mio. t CO₂ erreicht werden und einen erheblichen Beitrag zum Erreichen der Klimaziele leisten. Zudem wird zum ersten Mal das vorhandene Wissen zu energetischen Modernisierungen, deren Wirkungsgraden und Kostenverteilung gebündelt und online zur Verfügung gestellt. Zusätzlich kann IMP als Vermittler zu Streitigkeiten bezüglich der Kostenverteilung dienen und einen entscheidenden Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung der Wohnbestände beitragen. So wird auch die Akzeptanz für energetische Maßnahmen sowie die Quantität und Qualität von Sanierungen im Wohnungsbestand durch die IMP deutlich verbessert. Die Basis für die Arbeitsweise der Plattform ist das Funktionale Kostensplitting, wodurch IMP nicht nur die Unterstützung durch KI erlaubt, sondern auch auf Basis rechtlicher Rahmenbedingungen im Wohnsektor Entscheidungen trifft. Außerdem kann auf der Basis der Eingaben und vorliegenden Informationen zur Wohnbestandsmodernisierung eine Strategie erstellt werden, die für die Anwender:innen passende Sanierungsmaßnahmen sowie mögliche Fördermittel ermittelt. Um die Akzeptanz energetischer Maßnahmen und Steigerung der Sanierungsrate und -qualität weiter auszubauen, soll IntelMod zusätzlich rechtliche Fragestellungen untersuchen, inwiefern IMP als Grundlage für ein Schlichtungsverfahren dienen kann. Falls der rechtliche Rahmen dies zulassen sollte, würde IntelMod im Rahmen einer KI-gestützten Schlichtungsstelle angeboten. Sollte dieser Rahmen nicht gegeben sein, würde IntelMod als privatwirtschaftliche Lösung bereitgestellt. Insgesamt liegt die Motivation für IntelMod bei der Bewältigung komplexer werdender bautechnischer und ökologischer Fragen, der Lösung von miet- und wohnungseigentumsrechtlicher Regelungen, Steigerung der Sanierungsrate und -qualität im Gebäudesektor sowie der Umsetzung der klimapolitischen Ziele der Bundesregierung.

Im Rahmen dieser Masterarbeit liegt der Fokus auf einem konkreten Anwendungsbereich innerhalb der IMP-Plattform, dem sogenannten Mieter-Szenario. Dieses setzt nach dem initialen Anstoß des Modernisierungsprozesses ein. Die Mieter:innen erhalten ein Ankündigungsschreiben des Vermieters, das über ein geplantes Modernisierungsvorhaben informiert. Anschließend soll ihnen die Möglichkeit gegeben werden, dieses Vorhaben interaktiv zu prüfen und ggf. Änderungen vorzuschlagen. Genau diesen Teil der Nutzerinteraktion bildet die vorliegende Arbeit prototypisch ab.

1.4 Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde ein experimentelles Studiendesign gewählt, bei dem zwei Versionen einer digitalen Plattform zur energetischen Sanierung miteinander verglichen wurden. Version A wurde nach den Usability-Heuristiken von Nielsen gestaltet und integrierte ein interaktives 3D-Gebäudemodell. Version B verstieß bewusst gegen diese Heuristiken und verwendete eine einfache

2D-Visualisierung. Die Studie wurde im Usability-Labor der HAW Hamburg durchgeführt und in zwei Phasen gegliedert. In der ersten Phase interagierten die Teilnehmenden mit einer der beiden Plattformversionen, während gleichzeitig physiologische und verhaltensbezogene Daten erhoben wurden, darunter Eye-Tracking, Galvanic Skin Response (GSR) und automatisierte Emotionserkennung. In der zweiten Phase bewerteten die Teilnehmenden ihre Nutzererfahrung mithilfe des User Experience Questionnaire (UEQ), einem etablierten Fragebogen zur Erfassung subjektiver Usability-Einschätzungen von Webseiten. Zur Vorbereitung wurde eine Pilotstudie durchgeführt, um den technischen Ablauf zu testen und mögliche Fehlerquellen frühzeitig zu identifizieren. Die Auswertung erfolgt auf Basis geeigneter statistischer Verfahren, um Unterschiede in der Usability zwischen den beiden Plattformversionen objektiv und subjektiv zu analysieren.

1.5 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit folgt einer logisch aufeinander aufbauenden Struktur, welche von der kontextuellen Einordnung über theoretische Grundlagen, der Vorbereitung und Durchführung der Studie bis hin zur Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse reicht.

Kapitel 1 führt dabei zunächst in das Thema ein und stellt die aktuelle Relevanz des Themas dar. Im Anschluss werden die Zielsetzung, die zentrale Forschungsfrage, sowie das methodische Vorgehen erläutert. Kapitel 2 widmet sich dem aktuellen Stand des Wissens. Es werden sowohl die Grundlagen energetischer Sanierungen als auch zentrale Konzepte der Usability und der angewandten Messmethoden beschrieben. Ergänzt wird dieses Kapitel durch die theoretische Darstellung der statistischen Verfahren. Kapitel 3 beschreibt die methodische Umsetzung der Studie. Neben dem Studiendesign und der Rekrutierung der Teilnehmenden werden auch die Studienumgebung, die eingesetzte Sensorik sowie die konkreten Aufgabenstellungen erläutert. Darauf aufbauend erläutert Kapitel 4 die Implementierung der beiden zu untersuchenden Webseitenversionen. Kapitel 5 befasst sich mit der Aufbereitung und Auswertung der erhobenen Daten. Außerdem wird die Anwendung der statistischen Analyseverfahren beschrieben. In Kapitel 6 werden die Ergebnisse der Studie dargestellt. Kapitel 7 diskutiert die zentralen Ergebnisse vor dem Hintergrund bestehender Literatur, reflektiert methodische Limitationen und gibt eine Einschätzung zur Forschungsfrage. Kapitel 8 schließt die Arbeit mit einem zusammenfassenden Fazit sowie einem Ausblick auf zukünftige Forschung und Weiterentwicklungsmöglichkeiten ab.

2 Aktueller Stand des Wissens

2.1 Aktueller Stand energetischer Sanierung

In den vergangenen Jahren sind die Energiepreise für Haushalte in Deutschland deutlich gestiegen. Getrieben durch Inflation, geopolitische Krisen und eine unsichere Versorgungslage erreichten die

Strompreise im Jahr 2024 einen historischen Höchststand, wodurch Deutschland die höchsten Strompreise in Europa verzeichnete (Statista Research Department, 2024). Auch der Gaspreis entwickelte sich stark nach oben. Lag dieser 2022 noch knapp unter dem EU-Durchschnitt, so verdoppelte sich der Preis zwischen 2021 und 2023. Wesentliche Ursache hierfür war der Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine sowie die damit einhergehende Umstellung von russischem Pipeline-Gas auf LNG-Importe (Schölles, 2023; Statista Research Department, 2024). Diese Preisentwicklung erhöht den Druck auf Haushalte und verdeutlicht die Dringlichkeit von Energieeinsparungen nicht nur aus ökologischer, sondern ebenso aus wirtschaftlicher Perspektive. Besonders betroffen sind Haushalte mit niedrigem Einkommen, die bereits einen großen Anteil ihres Einkommens für Energiekosten aufbringen müssen. Dies gilt vor allem für Bewohner:innen energetisch ineffizienter Gebäude mit hohem Energieverbrauch (Schumacher et al., 2022).

Parallel zu dieser Entwicklung hat die Bundesregierung ambitionierte Klimaziele beschlossen. So soll der Gebäudebestand Deutschlands bis 2045 klimaneutral sein. Ursprünglich wurde dieses Ziel für das Jahr 2050 definiert, jedoch im Rahmen der Novellierung des Bundes-Klimaschutzgesetzes im Jahr 2021 um fünf Jahre vorgezogen (Bundesumweltministeriums, 2021; Lewicki, 2013). Die Notwendigkeit dieser politischen Maßnahmen zeigt sich deutlich an der aktuellen Situation, der Gebäudesektor ist der einzige Sektor, der sein Klimaziel für das Jahr 2020 verfehlt hat – um rund zwei Millionen Tonnen CO₂ (Thomas, 2021). Zwischen 2008 und 2018 konnte der Energieverbrauch zwar um etwa 14,4 % gesenkt werden, was einem Rückgang der direkten CO₂-Emissionen von 151 Mio. t auf 117 Mio. t entspricht, das für 2030 angestrebte Ziel von 70 Mio. t ist jedoch weiterhin in weiter Ferne (Stefan Rother et al., 2020). Trotz bekannter Maßnahmen stagniert die Umsetzung energetischer Sanierungen. Zwischen 2005 und 2016 lag die Sanierungsrate der Gebäudehüllen im Wohngebäudebestand bei lediglich 1 % pro Jahr. Nach einem leichten Anstieg in den Jahren 2010 bis 2012 sank die Sanierungsrate erneut. Auch die Investitionen spiegeln diesen Trend wider. Zwischen 2010 und 2015 bewegten sich die Investitionen konstant unter 40 Milliarden Euro jährlich. Selbst nach einem kurzfristigen Anstieg sanken sie im Jahr 2018 wieder um 3,6 % auf 43,2 Milliarden Euro (Stefan Rother et al., 2020). Die Gründe für die niedrige Sanierungsrate sind vielfältig. Einerseits mangelt es an transparenter Kommunikation der tatsächlichen Energieverbräuche und Einsparpotenziale. Häufig fehlen Eigentümer:innen konkrete Informationen über die Vorteile einer Sanierung, beispielsweise gesteigerter Wohnkomfort oder eine Wertsteigerung des Gebäudes. Ohne ausreichende Informationen entscheiden sich viele gegen eine Sanierung. Zudem stellen die hohen Investitionskosten eine Hürde dar, insbesondere für private Eigentümer:innen mit niedrigem oder mittlerem Einkommen. Auch wenn eine spätere Mieterhöhung möglich wäre, scheuen viele Eigentümer:innen die Investition, da sie Widerstand seitens der Mieter:innen befürchten. Darüber hinaus bestehen nach wie vor Vorurteile gegenüber neuen Techniken, beispielsweise die Sorge vor Schimmelbildung infolge energetischer Maßnahmen (Stefan Rother et al., 2020). Ein weiteres Problem liegt in der mangelnden Transparenz und Sichtbarkeit von Beratungsangeboten. Derzeit wenden sich vor allem Eigentümer:innen an Beratungsstellen, die sich bereits im Vorfeld intensiv informiert haben.

Doch um die Sanierungsrate nachhaltig zu steigern, müssten deutlich mehr Eigentümer:innen systematisch durch die Beratungsangebote geleitet werden. Besonders in den frühen Phasen, Erstansprache und Initialberatung, bestehen Defizite. Diese sind jedoch entscheidend, um Sanierungsprozesse in Gang zu setzen (Weiß et al., 2018). Um die Ausgangslage für energetische Sanierungen zu verbessern, bedarf es einer fundierten Analyse des Status quo. Gebäudeeigentümer:innen müssen verlässliche Informationen zum energetischen Zustand ihres Gebäudes erhalten. Gleichzeitig kann eine solche Bestandsaufnahme auch als Grundlage für zielgerichtete Förderprogramme und politische Maßnahmen dienen (Stefan Rother et al., 2020). Mit der Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) zum 1. November 2024 wird eine Zunahme des Einsatzes von Wärmepumpen in Wohngebäuden erwartet. Eine gute energetische Gebäudestandards sind hierbei essenziell, da Wärmepumpen nur in gut gedämmten Gebäuden effizient betrieben werden können. Energetische Sanierungen reduzieren die Nutzenergie und sparen somit Primärenergie, die eine Hauptquelle für CO₂-Emissionen im Gebäudesektor darstellt. Darüber hinaus tragen Dämmstoffe zur Ressourcenschonung bei, da die Energieeinsparung im Betrieb den Energieaufwand für die Herstellung bei Weitem übersteigt, unabhängig vom eingesetzten Material (Lehmphul, 2015; Stefan Rother et al., 2020). Neben den ökologischen Vorteilen bringt die energetische Sanierung auch wirtschaftliche und gesundheitliche Effekte mit sich. Ein Versäumnis bei der Steigerung der Energieeffizienz würde langfristig den Import treibhausneutraler Energieträger wie Gas erforderlich machen, was jährliche Mehrkosten von bis zu acht Milliarden Euro verursachen könnte. Gleichzeitig verbessert eine reduzierte Emission fossiler Brennstoffe die Luftqualität, was sich positiv auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirkt. Sanierte Gebäude weisen zudem eine geringere Schimmelbelastung und eine bessere Raumluftqualität auf, was sich wiederum günstig auf Gesundheitskosten und Produktivität auswirkt (Stefan Rother et al., 2020). Auch aus gesamtwirtschaftlicher Sicht bietet die energetische Sanierung bedeutende Potenziale. Studien zeigen, dass Investitionen in die Dämmung von Gebäuden positive Effekte auf den Arbeitsmarkt haben. So entstanden allein im Jahr 2018 etwa 530.000 Arbeitsplätze, insbesondere im Bau- und Handwerkssektor (Dehnen et al., 2015; Stefan Rother et al., 2020; Umweltbundesamt, 2020). Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Ausbau der energetischen Sanierung im Gebäudebestand eine zentrale Rolle für die Erreichung der Klimaziele Deutschlands spielt. Die Analyse zeigt, dass insbesondere eine bessere Informationsvermittlung sowie zielgerichtete Beratungsangebote entscheidend sind, um bestehende Hemmnisse zu überwinden und die Sanierungsrate nachhaltig zu steigern.

2.2 Usability – Grundlagen und Heuristiken nach Nielsen

In Zeiten der fortschreitenden Digitalisierung ist der Umgang mit digitalen Inhalten allgegenwärtig. In fast allen Bereichen unseres alltäglichen Lebens sind wir darauf angewiesen mit digitalen Medien zu interagieren. Ob es darum geht einen Arzttermin zu vereinbaren, Kleidung online einzukaufen, eine Reise zu planen oder einen Termin beim Amt zu buchen, digitale Schnittstellen zwischen Mensch und

Computer sind mittlerweile ein integraler Bestandteil unseres Lebens. Dazu zählt besonders die Interaktion mit Webseiten im Internet, die zur Selbstverständlichkeit geworden ist. Besonders die jüngere Generation ist mit dem Umgang digitaler Plattformen groß geworden. Dabei bringt die Auslagerung verschiedener Dienste erhebliche Vorteile mit sich. Vorgänge, die früher mit großem Zeitaufwand verbunden waren, lassen sich heute mit wenigen Klicks erledigen. Dabei ist es für uns oftmals eine Selbstverständlichkeit, dass die Navigation und Interaktion mit einer Webseite reibungslos funktioniert. Nutzer:innen verlassen sich darauf, dass Intuition und Erfahrung auf einer Webseite ausreichen, um sich zurechtzufinden. Dabei ist diese intuitive Bedienung kein Zufall, sondern das Produkt einer Entwicklung, das über jahrelange Erfahrung und Forschung in der Usability (Benutzerfreundlichkeit) entstanden ist, die sich etabliert hat und mittlerweile fast standardmäßig auf den Webseiten angewendet wird. Weicht eine Webseite doch einmal von diesen Prinzipien ab, kann dies schnell zu Irritationen oder Schwierigkeiten führen. Im schlimmsten Fall verfehlen wir das Ziel unserer Interaktion auf der Webseite und wir wechseln auf eine andere. Dies zeigt welche entscheidende Bedeutung die Usability für die Interaktion mit einer Webseite hat. Da Webseiten heutzutage das digitale Aushängeschild für Unternehmen, Organisationen und auch staatliche Institutionen darstellen, ist die Einhaltung von Usability-Prinzipien von großer Bedeutung. Sie trägt nicht nur dazu dabei, dass Nutzer:innen ihre Aufgabe auf der Webseite ohne Probleme erledigt werden können, sondern erhöht auch die Chance einer erneuten Nutzung oder Weiterempfehlung der Webseite. Die Bedeutung der Usability ist somit unumstritten. Fraglich ist jedoch, was der Begriff im Kontext der Webentwicklung bedeutet und welche Methoden und Konzepte zur Verfügung stehen, um eine hohe Benutzerfreundlichkeit zu gewährleisten. Im folgenden Kapitel werden die zentralen Konzepte der Usability und deren Umsetzung in der Webentwicklung erläutert. Dabei wird hier vor allem auf die Usability-Heuristiken von Nielsen eingegangen.

Um eine Webseite zielgerichtet an den Bedürfnissen der Nutzer:innen auszurichten, ist es zunächst erforderlich, den Begriff der Usability zu definieren. Aufgrund der Vielschichtigkeit und Komplexität des Konzepts gestaltet sich dies jedoch als schwierig. Eine einheitliche Definition, die von Forschenden, Fachleuten und Webdesignern gleichermaßen akzeptiert wird, existiert bislang nicht (Chen et al., 2009). Zwei der am häufigsten zitierten Definitionen stammen von der Internationalen Standardorganisation (ISO) sowie von Nielsen. Nach Nielsen setzt sich die Usability eines Systems aus fünf Kerneigenschaften zusammen: Lernförderlichkeit, Effizienz, Erinnerbarkeit, geringe Fehleranfälligkeit und Zufriedenheit der Nutzer:innen (Nielsen, 2010). Im Gegensatz dazu beschreibt die ISO Usability als „das Ausmaß, in dem ein Produkt von bestimmten Benutzern verwendet werden kann, um bestimmte Ziele mit Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit in einem bestimmten Nutzungskontext zu erreichen“ (ISO, 2018). Diese Definition deutet zudem an, dass die Gewichtung einzelner Usability-Metriken je nach Nutzungskontext variieren kann (Toraman et al., 2023). Aufgrund dieser unterschiedlichen Definitionen und der Vielzahl an bestehenden Prinzipien und Metriken fokussiert sich die vorliegende Arbeit auf die Usability-Heuristiken nach Nielsen. Bereits 1990 veröffentlichte Nielsen gemeinsam mit

Molich erste Arbeiten zu diesen Heuristiken (Nielsen & Molich, 1990). In ihrer Publikation unterscheiden sie vier Methoden zur Evaluation der Benutzeroberfläche, und zwar formale Analysen mittels spezifischer Techniken, automatische Bewertungen durch computergestützte Verfahren, empirische Tests mit Nutzer:innen sowie die heuristische Evaluation, bei der die Benutzeroberfläche anhand festgelegter Kriterien beurteilt wird. Obwohl die heuristische Evaluierung in der Fachwelt lange Zeit als weniger valide galt, zeigte sich, dass sie insbesondere dann aussagekräftig ist, wenn mehrere Evaluatoren unabhängig voneinander eine Bewertung vornehmen. Die Vorteile dieser Methode liegen in den geringen Kosten, der einfachen Durchführung, dem geringen Planungsaufwand und der Möglichkeit, sie bereits in frühen Entwicklungsphasen einzusetzen. Basierend auf ihren Erfahrungen entwickelten Nielsen und Molich ein erstes Set aus neun grundlegenden Usability-Heuristiken:

- Einfache und natürliche Dialoge
- Sprache der Nutzer:innen
- Minimierung der Gedächtnislast
- Konsistenz
- Feedback
- Klar gekennzeichnete Ausstiegsmöglichkeiten
- Abkürzungen für erfahrene Nutzer:innen
- Gute Fehlermeldungen
- Fehlervermeidung

Diese Heuristiken decken einen Großteil der typischen Usability-Probleme bei der Gestaltung von Benutzeroberflächen ab. Trotz ihrer scheinbaren Selbstverständlichkeit erweist sich ihre praktische Umsetzung oft als herausfordernd (Nielsen & Molich, 1990).

Im Jahr 1994 veröffentlichte Nielsen eine weitere Arbeit, in der er die bestehenden Usability-Heuristiken weiterentwickelte und systematisch evaluierte. Dabei zeigte sich, dass kein damals existierender Ansatz alle beobachteten Usability-Probleme vollständig adressieren konnte. Ziel war es daher, ein Set von Heuristiken zu formulieren, das Usability-Probleme möglichst umfassend identifiziert und erklärt. Das Ergebnis dieser Analyse war ein optimiertes Set von neun Usability-Heuristiken:

- Sichtbarkeit des Systemstatus
- Übereinstimmung mit der realen Welt
- Benutzerkontrolle und Freiheit
- Konsistenz und Standards
- Fehlervermeidung
- Wiedererkennung statt Erinnerung
- Flexibilität und effiziente Nutzung
- Ästhetik und minimalistisches Design

- Unterstützung bei Fehlern: Erkennen, Diagnostizieren und Beheben

Diese Heuristiken beschreibt Nielsen als besonders geeignet zur Identifikation und Lösung von Usability-Problemen (Nielsen, 1994). Seit ihrer Veröffentlichung dienen sie als Standardwerkzeug für die Gestaltung benutzerfreundlicher Systeme. Durch den technologischen Fortschritt und die damit einhergehenden veränderten Anforderungen wurden die Heuristiken kontinuierlich angepasst und weiterentwickelt. Nachfolgend werden daher die aktuelle Fassung der Usability-Heuristiken sowie deren Implikationen für die Entwicklung von Webanwendungen erläutert (Nielsen, 2024).

Ein zentrales Element der von Nielsen formulierten Usability-Heuristiken stellt die **erste** Regel der „Visibility of System Status“ dar, die auf Deutsch als „Sichtbarkeit des Systemstatus“ bezeichnet wird. Diese Regel gehört zu den grundlegendsten Prinzipien im Bereich des Benutzeroberflächendesigns und stellt sicher, dass den Nutzer:innen stets klar ersichtlich ist, in welchem Zustand sich das System aktuell befindet. Darüber hinaus wird durch diese Heuristik die Bedeutung von Kommunikation und Transparenz innerhalb digitaler Anwendungen hervorgehoben. Die Heuristik basiert auf der Annahme, dass eine umfassende Bereitstellung relevanter Informationen zu einer verbesserten Entscheidungsfindung der Nutzer:innen führt. Fehlende Informationen hingegen werden schnell als Kontrollverlust wahrgenommen. Im Bereich der Webentwicklung zeigt sich die Relevanz der Regel beispielsweise bei der Betätigung eines Buttons. Erfolgt keine Rückmeldung seitens des Systems, bleibt den Nutzer:innen unklar, ob ihre Interaktion registriert wurde oder unbeachtet geblieben ist. Daher ist es essenziell, dass Nutzer:innen bei jeder Interaktion eine Rückmeldung erhalten, die ihnen signalisiert, ob die gewünschte Aktion erfolgreich durchgeführt wurde. Solche Rückmeldungen können visuell, beispielsweise durch Farbänderungen, Fortschrittsanzeigen oder andere dynamische Elemente, gestaltet werden. Insgesamt bildet die Sichtbarkeit des Systemstatus eine der elementaren Grundlagen für ein nutzerfreundliches Design und eine erfolgreiche Zielerreichung innerhalb digitaler Systeme (Kaplan, 2021).

Die **zweite** Heuristik nach Nielsen lautet „Match Between the System and the Real World“, auf Deutsch „Übereinstimmung zwischen dem System und der realen Welt“. Ziel dieser Regel ist es, sicherzustellen, dass das System Begriffe und Konzepte verwendet, die den Nutzer:innen aus ihrem alltäglichen Leben vertraut sind. Dabei wird auf eine verständliche Sprache und bekannte Symbole gesetzt, um unnötige Komplexität zu vermeiden. Fachspezifische, systemorientierte Begriffe sollten vermieden werden, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass diese von allen Nutzer:innen korrekt verstanden werden. Eine solche Sprache kann Unsicherheit hervorrufen und im schlimmsten Fall dazu führen, dass Nutzer:innen die Plattform verlassen, um sich auf alternativen Webseiten nach Informationen umzusehen. Grundlage dieser Regel ist die Annahme, dass Menschen versuchen, ihre Erfahrungen aus der physischen Welt auf digitale Systeme zu übertragen. Aus der Interaktion mit realen Objekten entwickeln sie mentale Modelle darüber, wie bestimmte Abläufe funktionieren, und wenden diese Erwartungshaltungen auch bei der Nutzung digitaler Anwendungen an (Kaley, 2018).

Die **dritte** Heuristik nach Nielsen trägt den Titel „User Control and Freedom“ und lässt sich mit „Benutzerkontrolle und Freiheit“ übersetzen. Dieses Prinzip bezieht sich darauf, den Nutzer:innen jederzeit die Möglichkeit zu geben, einen laufenden Prozess abzubrechen oder eine getätigte Aktion rückgängig zu machen, um zum vorherigen Systemstatus zurückzukehren. Nielsen beschreibt, dass Nutzer:innen häufig versehentlich Systemfunktionen auswählen. Um eine frustrierende Erfahrung zu vermeiden, benötigen sie daher einen klar gekennzeichneten und leicht zugänglichen Weg, um den Zustand ohne größeren Aufwand wieder zu verlassen (Nielsen, 1994). Die Umsetzung dieser Heuristik soll es den Nutzer:innen erleichtern, Fehler schnell zu korrigieren oder Entscheidungen rückgängig zu machen. Gleichzeitig wird dadurch das Vertrauen in das System gefördert und die Bereitschaft erhöht, weitere Funktionen der Webseite eigenständig zu erkunden. Fehlt diese Unterstützung, entsteht schnell das Gefühl, im System „gefangen“ zu sein, was die Zufriedenheit und die weitere Nutzung der Anwendung negativ beeinflussen kann. Beispiele in der UI-Entwicklung sind zum Beispiel ein „Zurück“- oder „Abbrechen“-Button, der den Nutzer:innen erlaubt Änderungen rückgängig zu machen. Aber auch der Ausstieg aus dem Systemzustand soll so intuitiv wie möglich sein. Beispiele hierfür sind ein „X“- oder „Home“-Symbol, welches sich typischerweise in der rechten bzw. linken Ecke der Seite. Durch die konsequente Umsetzung dieser Heuristik wird den Nutzer:innen das Gefühl gegeben, jederzeit die Kontrolle über die Interaktion mit dem System zu behalten. Dies fördert nicht nur das Vertrauen, sondern erhöht auch die Nutzerzufriedenheit nachhaltig (Rosala, 2020).

Nielsens **vierte** Heuristik „Consistency and Standards“ (Konsistenz und Standards) beschreibt die konsistente Benutzung von Wörtern und Aktionen. Nielsens zufolge legt diese Regel zugrunde, dass Benutzer:innen mehr Zeit mit anderen digitalen Produkten verbringen als mit dem Eigenen. Daher prägen die Erfahrungen mit anderen Produkten die Erwartungen an das eigene Produkt. Wird die Konsistenz nicht eingehalten, kann dies die kognitive Belastung erhöhen, da die Nutzer:innen gezwungen sind etwas Neues zu lernen (Nielsen, 2024). Konsistenz und das Einhalten von Standards sind daher der Schlüssel um für die Benutzer:innen sinnvoll zu erscheinen. Als gut etablierte Konvention lässt sich beispielsweise das Einkaufswagen-Symbol, welches zum Warenkorb führt, nennen. Eine weitere etablierte Anwendung ist das Lupensymbol, das zur Suche von Schlagwörtern verwendet wird. Außerdem sind Nutzer:innen es gewohnt, dass sich das Logo der Webseite oben links in der Ecke der Webseite befindet. All diese Konventionen werden ständig verwendet und erleichtern Nutzer:innen den Umgang mit der Anwendung. Die Konsistenz lässt sich dabei in interne und externe Konsistenz aufteilen. Interne Konsistenz bezieht sich auf die Konsistenz innerhalb eines Produktes oder einer Produktfamilie. Eine Produktfamilie umfasst Anwendungen, die von demselben Unternehmen unter derselben Marke hergestellt werden. Meistens finden sich in den Produkten einer Produktfamilie die Menükomponenten in derselben Reihenfolge und es werden anwendungsübergreifend einheitliche Symbole verwendet. Innerhalb eines Produkts zeigt sich die Konsistenz meistens in derselben Farbe und demselben Seitenlayout. Die Erstellung eines Designsystems kann also dabei helfen, die Konsistenz über alle Produkte und Dienste zu wahren. Davon profitieren nicht nur die Nutzer:innen, die das System

als vertraut und leicht erlernbar empfinden, sondern auch die Entwickler, die von weniger Redundanz in ihrer Arbeit profitieren. Externe Konsistenz bezieht sich auf etablierte Konventionen in einer Branche oder im Web insgesamt. Wie bereits erwähnt, bringen Nutzer:innen ihre Erwartungen von anderen Webseiten mit. Zwar hat jede Webseite einen eigenen Kontext und spricht eine eigene Nutzergruppe an, so dass individuelle Anpassungen erforderlich sein können. Im Grundprinzip sollte die Interaktion jedoch mit den Erwartungen der Nutzer:innen übereinstimmen, welche durch andere Webseiten geprägt wurden. Bei der Gestaltung gibt es verschiedene Ansätze der Konsistenz. Es sollten zum Beispiel einheitliche Seiten- und Buttonlayouts, Symbole, Icons und Bilder verwendet werden. Dazu gehören auch einheitliche Überschriften und eine gleichbleibende Navigation über alle Seiten hinweg (Krause, 2021).

Die **fünfte** Heuristik nach Nielsen beschäftigt sich mit der Fehlervermeidung („Error Prevention“). Zwar sind präzise Fehlermeldungen ein bedeutender Bestandteil eines benutzerfreundlichen Systems, jedoch verfolgt diese Regel den Ansatz, Fehler idealerweise gar nicht erst entstehen zu lassen. Im Zentrum steht dabei die Erkenntnis, dass die Ursache von Benutzerfehlern primär beim Systemdesign liegt und nicht beim Nutzer selbst. Ein fehleranfälliges System signalisiert, dass es dem Nutzer ermöglicht wurde, Fehler zu begehen, weshalb die Verantwortung für Fehler stets beim Entwickler liegt. Im Rahmen der Fehlervermeidung unterscheidet Nielsen zwei Arten von Benutzerfehlern, Slips (Ausrutscher) und Mistakes (Fehler). Slips treten auf, wenn die Nutzer:innen eine bestimmte Handlung beabsichtigen, jedoch ungewollt eine andere ausführen, etwa durch Flüchtigkeitsfehler wie Rechtschreibfehler. Solche Slips entstehen häufig bei routinierten Aufgaben, bei denen die Aufmerksamkeit geringer ist. Mistakes hingegen entstehen durch ein falsches mentales Modell der Nutzer:innen. Hierbei weicht das Verständnis der Nutzer:innen darüber, wie ein System funktioniert, von der tatsächlichen Funktionsweise ab. Ursache hierfür sind oft unvollständige oder missverständliche Informationen. Die Prävention von Slips zielt darauf ab, Nutzer:innen durch klare Vorgaben und Einschränkungen auf dem richtigen Pfad zu halten. So können Fehlbedienungen vermieden werden, indem das System präzise Regeln für Eingaben vorgibt (Laubheimer, 2015b). Mistakes lassen sich hingegen nur vermeiden, wenn das mentale Modell der Nutzer:innen verstanden und berücksichtigt wird. Hierzu ist die Analyse des Nutzerverhaltens notwendig, um typische Nutzungsmuster und potenzielle Missverständnisse zu identifizieren. Ein weiterer Ansatz ist die konsequente Einhaltung von Designkonventionen. Wie bereits im Rahmen der vierten Heuristik erläutert, sind Nutzer:innen durch die Nutzung anderer Webseiten mit bestimmten Standards vertraut. Wird von diesen Konventionen abgewichen, erhöht sich das Risiko für Mistakes erheblich. Ergänzend dazu können Affordanzen helfen, Bedienelemente intuitiv erkennbar zu machen. So signalisiert beispielsweise eine Schaltfläche mit Schatten, dass sie anklickbar ist. Maßnahmen zur Reduktion der kognitiven Belastung wirken präventiv sowohl gegen Slips als auch Mistakes. Je mehr Informationen Nutzer:innen im Kurzzeitgedächtnis behalten müssen, desto fehleranfälliger werden sie. Auch kontextbezogene Fehlermeldungen, die sofort nach der fehlerhaften Eingabe angezeigt werden, tragen zur Fehlerprävention bei (Laubheimer, 2015a).

Die **sechste** Heuristik nach Nielsen trägt den Titel „Recognition Rather than Recall“ und bezieht sich auf das Prinzip „Wiedererkennen anstelle von Erinnern“. Dieses Konzept stammt ursprünglich aus der Psychologie, wo zwischen zwei grundlegenden Formen des Erinnerns unterschieden wird, dem Wiedererkennen (Recognition) und dem Abrufen (Recall). Das Gedächtnis strukturiert Informationen in sogenannten Chunks, also Einheiten, die miteinander in Beziehung stehen. Die Aktivierung dieser Chunks wird maßgeblich von drei Faktoren beeinflusst, der Häufigkeit der Nutzung (Übung), der zeitlichen Nähe der letzten Verwendung (Recency) sowie dem Kontext, in dem die Information präsentiert wird (Context). Je häufiger eine Information abgerufen wurde und je kürzer der zeitliche Abstand zur letzten Nutzung ist, desto leichter fällt der Abruf. Besonders wichtig ist dabei der Kontext, der durch passende Reize eine Verbindung zur gespeicherten Information herstellt. Zur Förderung des Wiedererkennens bieten sich verschiedene Maßnahmen an. Eine zentrale Möglichkeit ist die Bereitstellung relevanter Informationen und visuell einprägsamer Schnittstellen, die das Gedächtnis entlasten. Dazu zählen unter anderem Verlaufsanzeigen oder die Darstellung kürzlich besuchter Inhalte, wie es beispielsweise bei der Google-Suche oder in E-Commerce-Shops üblich ist. Diese Elemente ermöglichen es den Nutzer:innen, Informationen schneller einzuordnen und erleichtern die Navigation innerhalb des Systems (Budi, 2024).

Die **siebte** Heuristik nach Nielsen bezieht sich auf die „Flexibility and Efficiency of Use“, also die Flexibilität und Effizienz der Nutzung. Im Kern verfolgt dieses Prinzip das Ziel, unterschiedliche Nutzergruppen gleichermaßen anzusprechen, indem die Benutzeroberfläche sowohl für unerfahrene als auch für erfahrene Nutzer:innen geeignete Interaktionsmöglichkeiten bietet. Das System soll so gestaltet sein, dass eine Aufgabe auf verschiedenen Wegen gelöst werden kann, wodurch die Bedürfnisse und Vorlieben der jeweiligen Nutzergruppe berücksichtigt werden. Beispiele hierfür ist zum Beispiel eine Schritt-für-Schritt-Anleitung oder Funktionen, die die Möglichkeit bieten Zeit einzusparen. Zentral für die Umsetzung dieser Heuristik ist das Gleichgewicht zwischen den beiden Nutzergruppen. Wird eine Anwendung ausschließlich auf die Bedürfnisse neuer Nutzer:innen ausgerichtet, indem sie beispielsweise nur Schritt-für-Schritt-Prozesse anbietet, kann dies für erfahrene Nutzer:innen als zeitraubend empfunden werden. Umgekehrt führt ein ausschließlich auf erfahrene Anwender:innen ausgelegtes System dazu, dass unerfahrene Nutzer:innen überfordert werden und Schwierigkeiten bei der Nutzung haben (Laubheimer, 2020).

Die **achte** Heuristik nach Nielsen beschreibt das Prinzip des „Aesthetic and Minimalist Design“, welches sich mit der Gestaltung ästhetischer und zugleich funktional reduzierter Benutzeroberflächen befasst. Ziel dieses Prinzips ist es, Benutzeroberflächen so zu gestalten, dass sie einerseits ansprechend wirken und andererseits auf unnötige Informationen und Designelemente verzichten. Dabei betont Nielsen, dass Benutzeroberflächen lediglich die Elemente enthalten sollten, die für das Erreichen der Nutzerziele erforderlich sind. Die Bedeutung ästhetischer Gestaltung lässt sich unter anderem durch den Einfluss des ersten Eindrucks begründen. Studien zeigen, dass Nutzer:innen bereits innerhalb der ersten 50 Millisekunden einen Eindruck von einer Webseite gewinnen. Dieser erste Eindruck basiert in hohem

Maße auf der visuellen Gestaltung, weshalb ästhetische Elemente eine essenzielle Rolle für die Wahrnehmung der Benutzeroberfläche spielen, denn „people do judge the book by its cover“. Positive visuelle Eindrücke können das Vertrauen der Nutzer:innen in das System stärken und die Identität einer Marke unterstützen. Ästhetik trägt somit nicht nur zur unmittelbaren Nutzerzufriedenheit bei, sondern kann auch langfristig die Markenwahrnehmung positiv beeinflussen. Jedoch weist Nielsen ausdrücklich darauf hin, dass Ästhetik nicht zulasten der Funktionalität und der Klarheit gehen darf. Der Begriff „Minimalist Design“ wird dabei nicht als reine Orientierung am Designtrend verstanden, sondern bezieht sich auf die bewusste Reduktion auf relevante Inhalte. Jegliche Elemente, die keinen direkten Bezug zur Aufgabe der Nutzer:innen haben, sollten vermieden werden. Zu viele Informationen oder visuelle Reize können dazu führen, dass wichtige Inhalte untergehen und die kognitive Belastung der Nutzer:innen steigt. Umgekehrt besteht bei einer zu starken Reduktion das Risiko, dass essenzielle Informationen nicht vermittelt werden (Fessenden, 2021).

Die **neunte** von Nielsen formulierte Heuristik bezieht sich auf die Unterstützung der Nutzer:innen beim Erkennen, Diagnostizieren und Beheben von Fehlern („Help Users Recognize, Diagnose, and Recover from Errors“). Eine effektive Fehlerbehandlung gilt als zentrales Element nutzerfreundlicher Systeme, wird in der Praxis jedoch häufig vernachlässigt. Entwickler:innen konzentrieren sich oftmals primär auf einen idealtypischen Ablauf und vernachlässigen dabei mögliche Abweichungen und Fehlbedienungen, die seitens der Nutzer:innen auftreten können. Ein grundlegendes Prinzip für qualitativ hochwertige Fehlermeldungen ist deren klare Sichtbarkeit und unmittelbare Platzierung in Nähe der Fehlerquelle. Durch diese Nähe wird die kognitive Belastung der Nutzer:innen reduziert, da Fehlerquelle und Fehlermeldung direkt miteinander verknüpft werden können. Zur weiteren Erhöhung der Sichtbarkeit empfiehlt sich eine visuelle Hervorhebung der Fehlermeldung, beispielsweise durch kontrastreiche Farben wie Rot oder durch fetten Schriftsatz. Neben der visuellen Darstellung ist die textliche Kommunikation der Fehlermeldung entscheidend. Diese sollte klar verständlich, gut lesbar und in einem konstruktiven Ton formuliert sein. Außerdem sollten konkrete Hinweise zur Fehlerbehebung gegeben werden. Entwickler:innen sollten sich daher frühzeitig im Entwicklungsprozess mit potenziellen Fehlerquellen auseinandersetzen und entsprechende Gegenmaßnahmen implementieren. Da Fehler und Missverständnisse in der Mensch-Computer-Interaktion unvermeidbar sind, liegt in der Gestaltung hilfreicher Fehlermeldungen ein zentrales Element zur Aufrechterhaltung einer positiven Nutzererfahrung. Ziel ist es, Frustration zu vermeiden und den Nutzer:innen eine effiziente Fehlerbehebung zu ermöglichen, die das Vertrauen in das System langfristig stärkt (Neusser & Sunwall, 2023).

Die **zehnte** und letzte Heuristik nach Nielsen beschäftigt sich mit der Bereitstellung von „Hilfe und Dokumentation“ („Help And Documentation“). Grundsätzlich unterscheidet man zwischen zwei verschiedenen Arten von Hilfestellungen innerhalb eines Interfaces, der proaktiven und der reaktiven Hilfe. Beide Ansätze verfolgen das Ziel, den Nutzer:innen die Bedienung des Systems zu erleichtern, unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihres Anwendungszeitpunkts und ihrer Zielsetzung. Die proaktive

Hilfe zielt darauf ab, mögliche Probleme bereits im Vorfeld zu verhindern. Sie unterstützt die Nutzer:innen präventiv dabei, sich mit der Schnittstelle vertraut zu machen und Fehler zu vermeiden. Typische Formen der proaktiven Hilfe sind Onboarding-Tipps oder kontextbezogene Hinweise, die während der Nutzung eingeblendet werden. Innerhalb der proaktiven Hilfe wird weiterhin zwischen Push Revelations und Pull Revelations unterschieden. Push Revelations sind Hilfestellungen, die unabhängig vom aktuellen Kontext eingeblendet werden. Beispiele hierfür sind Anleitungseinblendungen beim Start einer Anwendung. Pull Revelations hingegen bieten kontextabhängige Informationen genau dann, wenn diese für die Erledigung einer Aufgabe relevant sind. Beispiele hierfür sind kontextbezogene Overlays oder Tooltips. Die reaktive Hilfe hingegen greift erst dann, wenn ein Problem bereits aufgetreten ist. Ziel der reaktiven Hilfe ist es, Nutzer:innen zu ermöglichen, eine Sackgasse zu verlassen und auftretende Fehler eigenständig zu beheben. Beispiele hierfür sind ausführliche Dokumentationen, die für bestimmte Situationen bereitgestellt werden (Kendrick, 2020).

2.3 Galvanic Skin Response (GSR) – Grundlagen und Anwendung in der Usability-Forschung

Die Haut als sensorisches Organ liefert vielfältige Informationen über den physiologischen Zustand eines Menschen. In emotional aufgeladenen Situationen, sowohl positiver als auch negativer Natur, kommt es zu messbaren Veränderungen in der Hautleitfähigkeit. Diese Veränderungen sind Ausdruck der Aktivierung des sympathischen Nervensystems und spielen eine zentrale Rolle bei der Untersuchung emotionaler Erregungszustände (Boucsein, 2012). Ein bewährtes Verfahren zur Erfassung dieser Erregungszustände ist die Messung der Galvanic Skin Response (GSR), auch bekannt als Electrodermal Activity (EDA) oder Skin Conductance (SC). Die GSR basiert auf der Aktivität der Schweißdrüsen, insbesondere an Arealen mit hoher Drüsendichte wie den Handinnenflächen, Fingern, der Stirn oder den Fußsohlen. Emotionale Reize aktivieren das autonome Nervensystem und führen zu einer vermehrten Schweißproduktion. Dies verändert die Ionenkonzentration in der abgesonderten Flüssigkeit, wodurch sich die elektrische Leitfähigkeit der Haut erhöht. Diese Leitfähigkeitsänderung wird als Galvanic Skin Response bezeichnet und gilt als valider Indikator für den Erregungszustand einer Person (Boucsein, 2012; Dawson et al., 2007). Die GSR setzt sich aus zwei Komponenten zusammen, dem Skin Conductance Level (SCL) und der Skin Conductance Response (SCR). Das SCL, als tonische Komponente, beschreibt langsam verlaufende Veränderungen der Hautleitfähigkeit über einen Zeitraum von mehreren Sekunden bis Minuten. Es wird von individuellen Faktoren wie Hydratation, Hautbeschaffenheit oder autonomen Regulationsmechanismen beeinflusst und variiert daher erheblich zwischen Testpersonen, was seine Aussagekraft in wissenschaftlichen Studien einschränkt. Die SCR hingegen, auch als phasische Komponente bekannt, ist verantwortlich für kurzfristige, plötzliche Anstiege der Hautleitfähigkeit. Diese treten typischerweise 1 bis 5 Sekunden nach einem emotionsauslösenden Reiz auf und gelten als verlässlicher Indikator für akute emotionale Reaktionen

(Boucsein, 2012; Dawson et al., 2007). Die GSR gilt als bewährtes Maß für die Aktivierung des zentralen Nervensystems. Allerdings gibt sie ausschließlich Aufschluss über das Ausmaß der emotionalen Erregung, ohne die Valenz der Emotion – also deren positive oder negative Ausrichtung – differenzieren zu können. Verschiedene Studien zeigen, dass sowohl positive als auch negative emotionale Reize mit einer Erhöhung der GSR-Amplitude einhergehen, eine eindeutige Zuordnung ist jedoch nicht möglich (Dickson & McGinnies, 1966; Juuse et al., 2024). Gleichwohl wird ein Anstieg der GSR-Werte häufiger mit unangenehmen Reizen assoziiert. Dies lässt sich evolutionär begründen, da negative oder bedrohliche Reize in der Regel mit stärkerer physiologischer Erregung und entsprechend höheren GSR-Werten einhergehen (Jindrová et al., 2020). Neutrale Stimuli hingegen zeigen keine signifikante Wirkung auf die GSR-Werte (Dickson & McGinnies, 1966).

Die Beziehung zwischen GSR und Usability wurde bereits in verschiedenen empirischen Untersuchungen thematisiert. So analysierten De Carolis et al. (2023) in ihrer Studie den Zusammenhang zwischen Usability und physiologischen Stressreaktionen, wobei neben der Herzrate insbesondere die GSR-Messung im Fokus stand. Die Teilnehmenden hatten die Aufgabe, sich auf einer Webseite zu registrieren. Eine Gruppe interagierte dabei mit einer Webseite, die gegen die Usability-Heuristiken nach Nielsen verstieß, während die Vergleichsgruppe eine optimierte Version nutzte. Während der Interaktion wurden die physiologischen Parameter mittels des Empatica E4-Armbands gemessen. Ergänzend erfolgte eine subjektive Befragung mittels des System Usability Scale (SUS) und des Self-Assessment Manikin (SAM). Die Ergebnisse zeigten eine inverse Korrelation zwischen dem SUS-Score und den gemessenen Stresswerten. Insbesondere eine erhöhte GSR-Variabilität ging mit einer niedrigeren wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit einher. Die Autoren schlussfolgerten, dass negative emotionale Reaktionen sowie eine gesteigerte Erregung zu einer schlechteren Usability-Wahrnehmung führten (De Carolis et al., 2023). In einer weiteren Untersuchung kombinierte Ali (2024) GSR-Messungen, Eye-Tracking-Daten sowie den System Usability Scale, um die Usability zweier Universitätswebseiten zu bewerten. Der Fokus lag hierbei auf der Anzahl der GSR-Peaks als Indikator für die emotionale Erregung und Einbindung der Nutzer:innen. Die Resultate zeigten, dass eine Webseite mit weniger GSR-Peaks eine höhere Usability-Bewertung erzielte. Die Webseite mit einer schlechteren Usability-Wahrnehmung wies hingegen eine erhöhte Anzahl von GSR-Peaks auf. Daraus ließ sich ableiten, dass eine hohe emotionale Erregung mit einer negativen Nutzungserfahrung korreliert (Ali, 2024). Diese Erkenntnisse decken sich mit den Ergebnissen von Mahlke et al. (2006), die bereits nachweisen konnten, dass eine geringere Anzahl an GSR-Peaks mit einer besseren Benutzerfreundlichkeit verbunden ist. Gleichzeitig zeigte sich, dass eine hohe elektrodermale Aktivität (EDA) mit einer gesteigerten Erregung und einer negativen Usability-Erfahrung korreliert. Die Autoren bestätigten die GSR-Messung als verlässlichen Indikator für den Erregungsgrad bei der Interaktion mit digitalen Systemen (Mahlke et al., 2006). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Galvanic Skin Response als valider Indikator für die Messung emotionaler Erregung angesehen werden kann. Verschiedene empirische Studien konnten einen klaren Zusammenhang zwischen hohen GSR-Werten

und einer negativen Usability-Erfahrung nachweisen. Insbesondere Webseiten mit geringer Benutzerfreundlichkeit führen zu einer stärkeren physiologischen Erregung, die sich in höheren GSR-Peaks widerspiegelt. Eine geringere Anzahl an GSR-Peaks korreliert dagegen mit einer positiveren Usability-Wahrnehmung und einer entspannten Nutzungserfahrung.

2.4 Facial Expression Analysis (FEA) – Grundlagen der Emotionserkennung und Anwendung in der Usability-Forschung

In der Emotionsforschung existieren zwei grundlegende Modelle, die unterschiedliche Ansätze zur Beschreibung von Emotionen verfolgen. Diese beiden Modelle sind das diskrete Emotionsmodell von Paul Ekman und das dimensionale Emotionsmodell von James A. Russell. Während Russell Emotionen als Zustände innerhalb eines kontinuierlichen Raumes beschreibt, die sich anhand der Dimensionen Valenz und Erregung einordnen lassen, beschreibt Ekman Emotionen als diskrete Kategorien. Er definiert, dass Emotionen in klar voneinander unterscheidbare Einheiten unterteilt werden können. Dabei besitzt jede dieser Emotionen eine eigene Qualität, einen spezifischen Auslöser, sowie charakteristische Ausdrucksformen. Basierend darauf erstellte Ekman eine Liste sogenannter Basisemotionen, von denen jede über ein eigenes Muster an Merkmalen verfügt. Er geht davon aus, dass diese Basisemotionen evolutionär entstanden sind, um Menschen bei der Bewältigung grundlegender Lebensaufgabe zu unterstützen, wie z.B. bei der Flucht vor Gefahren, welche durch die Emotion Angst ausgelöst wird. Dabei treten Emotionen automatisch, unwillkürlich und meist nur für kurze Zeit auf. Ein weiteres zentrales Merkmal in Ekmans Modell ist die Mimik. Sie dient vor allem der nonverbalen Kommunikation. Sie ist so aussagekräftig, dass wir zum Beispiel bereits durch den Anblick eines angeekelten Gesichts erkennen, dass die betroffene Person auf einen unangenehmen Geschmack oder Geruch reagiert (Ekman, 1999). Im Gegensatz zum diskreten Emotionsmodell beschreibt James A. Russell in seinem dimensional Emotionsmodell einen grundlegend anderen Ansatz. Russell geht davon aus, dass Emotionen nicht als klar abgegrenzte Kategorien, sondern als kontinuierliches, zweidimensionales System darstellen lassen. Dabei basiert dieses System auf zwei Hauptdimensionen, die Emotionen strukturell ordnen. Die erste Dimension ist die Valenz, die angibt, wie angenehm oder unangenehm ein emotionaler Zustand empfunden wird. Die zweite Dimension ist das Arousal, welches beschreibt, wie stark oder schwach die Erregung in einem bestimmten Zustand ist. Zusammen bilden diese beiden Dimensionen ein Koordinatensystem, auf dem sich alle Emotionen einordnen lassen können. Dabei verteilen sich die Emotionen kreisförmig entlang der beiden Achsen. Dabei gilt, dass Emotionen, die im Kreis nah beieinanderliegen sich mehr ähneln als Emotionen, die gegenüberliegen. Das zentrale Merkmal in Russells Modell ist die Annahme, dass Emotionen keine biologisch festgelegten Zustände, sondern psychologische Konstrukte sind. Sie spiegeln subjektive Bewertungen wider, die auf individueller Wahrnehmung beruhen und so persönlich geprägt und weniger biologisch verankert sind (Russell, 1980).

Das menschliche Gesicht stellt eine hochkomplexe Struktur dar, die eine zentrale Rolle in der nonverbalen Kommunikation einnimmt. Es besteht aus über 40 autonomen Muskeln, die weitgehend unabhängig voneinander aktiviert werden können. Im Gegensatz zur Skelettmuskulatur anderer Körperpartien sind die Gesichtsmuskeln nicht durchgehend mit zwei Knochen verbunden, sondern häufig mit dem Gesichtsgewebe selbst. Dies gilt beispielsweise für die Muskulatur im Bereich der Augen und Lippen. Aufgrund dieser besonderen anatomischen Beschaffenheit ist eine präzise Steuerung vielfältiger Gesichtsausdrücke möglich, was dem Menschen erlaubt, soziale Informationen sowohl verbal als auch nonverbal zu vermitteln (Ekman & Friesen, 1978; Rinn, 1984).

Die Steuerung der Gesichtsmuskeln erfolgt über neuronale Impulse, die hauptsächlich über den Gesichtsnerv übertragen werden. Die Aktivierung der Gesichtsmuskulatur erfolgt durch Impulse des motorischen Kortex, einen Teil des Großhirns, und subkortikale Systeme, Strukturen unterhalb des Großhirns, die über den Gesichtsnerv an die mimische Muskulatur übertragen werden. Die bewusste Steuerung von Gesichtsausdrücken erfolgt dabei über den motorischen Kortex, während spontane, emotionale Gesichtsausdrücke primär durch subkortikale Strukturen wie den Hirnstamm vermittelt werden. Diese funktionelle Trennung der neuronalen Steuerungssysteme wird durch die Beobachtung doppelter Dissoziationen zwischen willkürlichen und emotionalen Gesichtsausdrücken belegt (Müri, 2016; Rinn, 1984). Emotionen als zentrales Untersuchungsobjekt der Facial Expression Analysis (FEA) lassen sich wissenschaftlich nicht eindeutig definieren. Sie werden allgemein als bewusste Erlebnisse beschrieben, die durch ein bestimmtes Aktivierungsniveau sowie einen positiven oder negativen Affekt charakterisiert sind. Psychologische und neurowissenschaftliche Ansätze betrachten Emotionen als komplexe Reaktionsmuster auf interne oder externe Reize, die sowohl psychologische als auch physiologische Komponenten umfassen. Dabei variieren Emotionen hinsichtlich ihrer Intensität und ihrer spezifischen Ausdrucksformen (Russell, 1980; Scherer, 2005). Die Erfassung von Gesichtsausdrücken erfolgt auf drei etablierten Wegen. Das erste Verfahren ist die elektromyographische Messungen der Muskelaktivität, das Zweite die manuelle Beobachtung und Protokollierung der Gesichtsausdrücke und das Dritte die automatische Analyse mittels Computer-Vision-Algorithmen (iMotions, 2017). In der vorliegenden Arbeit wurde die automatische Analyse eingesetzt. Diese erfolgt in mehreren Schritten. Im ersten Schritt erfolgt die Detektion des Gesichts, anschließend werden relevante Gesichtsm Merkmale wie Augen, Augenbrauen oder Mundwinkel identifiziert und abschließend werden diese Merkmale klassifiziert, indem sie bestimmten Action Units oder Emotionen zugeordnet werden (Bishay et al., 2022). Zur Implementierung der automatisierten Analyse wurde die Affectiva Affdex-Engine verwendet. Diese Software nutzt 34 spezifische Gesichtsm Merkmale und die Kopfhaltung, um ein umfassendes Modell der Gesichtsausdrücke zu erstellen. Auf dieser Grundlage ist das System in der Lage, sieben Basisemotionen: Freude, Wut, Traurigkeit, Angst, Ekel, Überraschung und Verachtung, sowie 20 sogenannte Action Units zuverlässig zu identifizieren. Action Units repräsentieren grundlegende Bewegungsmuster der Gesichtsmuskulatur und ermöglichen die differenzierte Analyse emotionaler Zustände (Bishay et al., 2022).

Die Bedeutung der Facial Expression Analysis für die Usability-Forschung zeigt sich insbesondere in ihrem direkten Bezug zur emotionalen Bewertung digitaler Systeme. Emotionen beeinflussen maßgeblich die Wahrnehmung der Nutzerfreundlichkeit eines Systems, wobei insbesondere negative Emotionen wie Frustration das Nutzungserlebnis beeinträchtigen können. Zahlreiche Studien belegen diesen Zusammenhang. Talen & Den Uyl (2022) untersuchten beispielsweise den Einfluss von Webdesign-Komplexität auf den Gesichtsausdruck Wut. Hierbei zeigte sich, dass höhere Aufgabenkomplexität mit einer verstärkten Ausprägung des Gesichtsausdrucks „Wut“ korrelierte. Dies verdeutlicht den Einfluss gestalterischer Entscheidungen auf die emotionale Reaktion der Nutzer:innen (Goldberg, 2014; Talen & Den Uyl, 2022). Auch Aspandi et al. (2022) analysierten den Zusammenhang zwischen Usability und emotionalen Gesichtsausdrücken. In ihrer Studie verglichen sie zwei Sets von Webseiten, die sich hinsichtlich ihrer Benutzerfreundlichkeit unterschieden. Die Ergebnisse zeigten, dass Webseiten mit schlechter Usability vermehrt negative emotionale Gesichtsausdrücke hervorriefen, während nutzerfreundlich gestaltete Seiten zu positiven emotionalen Reaktionen führten (Aspandi et al., 2022). Weitere Untersuchungen bestätigen diese Ergebnisse. Dave (2023) analysierte die emotionale Wirkung von E-Learning-Plattformen und stellte fest, dass bewusst eingebaute Usability-Probleme, wie das unerwartete Neuladen von Seiten, zu negativen Gesichtsausdrücken und verringerter Aufmerksamkeit führten. Nach Entfernung dieser Barrieren sank die Häufigkeit negativer Emotionen signifikant (Dave, 2023). Auch Mauri et al. (2021) belegten die Relevanz der Facial Expression Analysis zur Evaluation von Nutzererfahrungen. In ihrer Studie konnten signifikante Unterschiede in den Gesichtsausdrücken der Teilnehmenden während der Interaktion mit zwei verschiedenen Webseiten nachgewiesen werden. Diese Unterschiede spiegelten sich direkt in der Bewertung der Usability (Mauri et al., 2021). In einer weiteren Studie untersuchten Miletić et al. (2024) den Einfluss sogenannter Dark Patterns auf die emotionalen Reaktionen der Nutzer:innen. Die Ergebnisse zeigten, dass manipulative Designelemente verstärkt negative Emotionen wie Ärger und Frustration hervorriefen, was ebenfalls durch die Analyse der Gesichtsausdrücke mittels Affectiva Afdex erfasst wurde (Miletić et al., 2024). Obwohl die Facial Expression Analysis in der Forschung und Praxis weit verbreitet ist, bestehen Zweifel an der Aussagekraft zu den emotionalen Zuständen. Die Art und Weise, wie Menschen Emotionen durch ihre Mimik ausdrücken, variiert deutlich zwischen Kulturen, Situationen und selbst zwischen verschiedenen Personen in ein und derselben Situation. Außerdem drücken ähnliche Konfigurationen von Gesichtsbewegungen auf unterschiedlicher Weise Ausprägungen von mehr als einer Emotionskategorie aus. Daher sollten die erfassten Gesichtsausdrücke als Hinweise auf potenzielle emotionale Reaktionen verstanden werden, deren Interpretation immer im Kontext erfolgen muss (Barrett et al., 2019). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Facial Expression Analysis ein häufig genutztes Instrument zur Messung emotionaler Reaktionen in Usability-Studien darstellt. Die automatische Erfassung der Gesichtsausdrücke liefert objektive und unmittelbare Einblicke in das emotionale Erleben der Nutzer:innen und stellt somit eine Ergänzung zu klassischen Usability-Messmethoden dar. Insbesondere die Korrelation negativer Gesichtsausdrücke mit schlechter Usability

konnte in verschiedenen empirischen Untersuchungen konsistent nachgewiesen werden. Die Aussagekraft der Ergebnisse der Gesichtsausdrucksanalyse ist jedoch mit Einschränkungen zu betrachten, da deren Validität in der Forschung kritisch diskutiert wird. Aus diesem Grund ist es wichtig die Methode durch ergänzende Analyseverfahren abzusichern und die Interpretation der Ergebnisse stets kontextbezogen und differenziert vorzunehmen.

2.5 Eye-Tracking – Grundlagen und Anwendung in der Usability-Forschung

In den letzten Jahren hat sich der Einsatz von Eye-Tracking stark weiterentwickelt. Verantwortlich dafür ist vor allem der technologische Fortschritt, wodurch moderne Eye-Tracker deutlich mobiler und benutzerfreundlicher geworden sind. Während frühere Geräte eine aufwendige Einrichtung erforderten, ermöglichen heutige Eye-Tracker eine einfache und flexible Anwendung sowohl für Forschende als auch für Proband:innen (Duchowski, 2017). Dabei beschreibt Eye-Tracking die Messung der Augenbewegungen und -positionen, wobei insbesondere die visuelle Aufmerksamkeit der Testpersonen im Fokus steht. Moderne Geräte nutzen in der Regel Nah-Infrarot-Technologie in Kombination mit hochauflösenden Kameras, um den Blickverlauf präzise zu erfassen. Das zugrunde liegende Prinzip nennt sich „Pupil Center Corneal Reflection (PCCR)“. Hierbei verfolgt eine Kamera das Zentrum der Pupille und analysiert die Reflexionen des Lichts auf der Hornhaut. Durch die Nutzung von Infrarotlicht kann die Abgrenzung zwischen Pupille und Hornhaut zuverlässig erkannt werden, da das Licht direkt in die Pupille eindringt und von der Iris reflektiert wird (Duchowski, 2017). Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von Eye-Trackern unterscheiden, Screen-based-Systeme und Brillen (Duchowski, 2017). In der vorliegenden Arbeit wurde ein Screen-based Eye-Tracker (Tobii Pro Fusion) verwendet, bei dem die Proband:innen vor einem Bildschirm sitzen und sich innerhalb eines bestimmten Radius frei bewegen können. Die wichtigsten Metriken im Eye-Tracking sind Fixationen und Sakkaden. Blickpunkte (Rohmessdaten) werden zu Fixationen gruppiert, wenn sie räumlich und zeitlich nah beieinanderliegen. Eine Fixation bezeichnet eine Phase, in der das Auge auf einen bestimmten Punkt gerichtet bleibt, meist zwischen 120 und 300 Millisekunden. Die Bewegungen des Auges zwischen den Fixationen werden als Sakkaden bezeichnet, also schnelle Sprünge, die das Auge beim Scannen der Umgebung ausführt (Duchowski, 2017). Darüber hinaus ermöglichen weitere visuelle Darstellungen wie Heatmaps und Scanpfade eine anschauliche Interpretation der erhobenen Daten. Heatmaps zeigen mittels Farbskalen (grün bis rot), welche Bereiche besonders oft fixiert wurden, während Fixationssequenzen die Reihenfolge und Dauer der Fixationen abbilden. Diese Visualisierungen helfen dabei, die Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit zu verstehen und unbewusste mentale Prozesse sichtbar zu machen (Duchowski, 2017).

Im Kontext der Usability-Forschung bietet Eye-Tracking eine objektive Möglichkeit, das Verhalten von Nutzer:innen bei der Interaktion mit digitalen Produkten zu analysieren. Es lässt sich ermitteln, welche Elemente sofort Aufmerksamkeit erhalten, welche möglicherweise übersehen werden und in welcher Reihenfolge Informationen aufgenommen werden. Besonders die Anzahl und Dauer der Fixationen

geben Aufschluss über das Abtastverhalten, die kognitive Belastung und den Aufwand, den Nutzer:innen benötigen, um Inhalte zu verstehen (Molina et al., 2024; Novák et al., 2024). Die Datenmengen aus Eye-Tracking-Studien werden meist visuell aufbereitet. Beispiele hierfür sind die Darstellung des sakkadischen Scanpfads sowie Heatmaps, die deutlich machen, auf welche Bereiche sich die Nutzer:innen am meisten konzentriert haben. Allerdings kann es bei der Durchführung solcher Studien zu einem Verlust von bis zu 20 % der Datensätze kommen. Gründe hierfür sind technische Störungen, schlechte Kalibrierung oder unerwünschte Bewegungen der Proband:innen während der Messung (Molina et al., 2024). Zahlreiche Studien belegen, dass Eye-Tracking-Metriken zuverlässig Aufschluss über die Usability digitaler Produkte geben. Eine zentrale Erkenntnis dabei ist, dass ein unübersichtliches Design häufig mit ineffizientem Blickverhalten und erhöhter kognitiver Belastung einhergeht. Pan et al. (2004) zeigen, dass Webseiten mit geringer Übersichtlichkeit zu längeren Fixationszeiten und einer höheren Anzahl an Sakkaden führen. Diese Effekte lassen sich auf verschiedene Komplexitätsfaktoren zurückführen, wie die räumliche, visuelle und semantische Struktur der Inhalte, aber auch auf individuelle psychologische Zustände der Nutzer:innen. Den positiven Einfluss einer klaren und konsistenten Gestaltung verdeutlichen Tichindelean et al. (2021). Ihre Untersuchung zeigt, dass gut strukturierte Landingpages mit eindeutig abgegrenzten Informationseinheiten effizientere Scanfade begünstigen. Besonders die Kombination aus horizontalen und vertikalen Abfolgen, die eine übersichtliche visuelle Hierarchie bieten, erleichtert den Nutzer:innen die Orientierung und trägt so zu einer verbesserten Nutzererfahrung bei. Auch Hung & Wang (2021) bestätigen die Relevanz der Layout-Gestaltung für das Blickverhalten. Ihre Eye-Tracking-Analyse ergab, dass eine horizontale Navigation die Fixationszeiten deutlich reduziert und damit die Navigation insgesamt effizienter gestaltet. Diesen Zusammenhang zwischen Designentscheidungen und Blickmustern greifen Artsawapongtanet et al. (2024) auf, indem sie Eye-Tracking-Daten mit subjektivem Nutzerfeedback kombinieren. Ihre Ergebnisse zeigen, dass klar strukturierte Designs mit kürzeren Fixationsdauern und zielgerichteten Scanpfaden verbunden sind. Gleichzeitig weisen sie darauf hin, dass visuell ansprechende, aber komplexe Designs vermehrt Aufmerksamkeit auf sich ziehen, was sich sowohl positiv als auch negativ auf die User Experience auswirken kann. Einen spezifischen Aspekt der Gestaltung untersuchten Falkowska et al. (2024), indem sie den Einfluss von Link-Design analysierten. Hier zeigte sich, dass klar gestaltete, designkonforme Links die Verweildauer und die Fixationszeiten verringerten und so eine bessere Nutzerführung ermöglichten. Darüber hinaus demonstrierten Zammarchi et al. (2021), wie Eye-Tracking eingesetzt werden kann, um Unterschiede im Navigationsverhalten unterschiedlicher Nutzergruppen sichtbar zu machen. Ihre Untersuchung ergab, dass unerfahrene Nutzer:innen deutlich mehr Fixationen benötigen, um Aufgaben zu bewältigen, was auf ineffiziente Nutzungsmuster und eine eingeschränkte Usability hinweist. Den Einfluss der konkreten Gestaltung von Inhalten auf die visuelle Aufmerksamkeit werden in einer weiteren Studie verdeutlicht. Dabei zeigte sich, dass schlecht hervorgehobene Inhalte sowie längere Textblöcke zu kürzeren Fixationsdauern und einer geringeren Anzahl von Fixationen führten. Dies unterstreicht, dass

die visuelle Aufbereitung der Inhalte maßgeblich zur wahrgenommenen Nutzerfreundlichkeit beiträgt (Idrees et al., 2023). Insgesamt verdeutlichen die vorgestellten Studien, dass Eye-Tracking-Metriken eine verlässliche Grundlage bieten, um den Einfluss gestalterischer Entscheidungen auf die Usability digitaler Produkte systematisch zu analysieren. Unübersichtliche oder komplex aufgebaute Designs führen dabei nachweislich zu ineffizientem Blickverhalten, längeren Fixationen und einer erhöhten kognitiven Belastung. Klare Strukturen, konsistente Navigationskonzepte und visuell hervorgehobene Inhalte hingegen unterstützen eine zielgerichtete Informationsaufnahme und fördern eine positive Nutzererfahrung. Eye-Tracking erweist sich somit als zentrales Instrument, um Schwachstellen im Design sichtbar zu machen und gezielte Optimierungen zur Verbesserung der Usability abzuleiten.

2.6 User Experience Questionnaire (UEQ) – Grundlagen und Anwendung in der Usability-Forschung

Der User Experience Questionnaire (UEQ) ist ein etabliertes Instrument zur standardisierten Erfassung der Nutzererfahrung für interaktive Produkte. Ziel der Konstruktion des UEQs war es, eine Methode bereitzustellen, die eine schnelle und zugleich umfassende Erhebung der subjektiven Nutzererfahrung ermöglicht (Laugwitz et al., 2008). Der Prozess der Entwicklung des Fragebogens basiert auf einem datenanalytischen Ansatz, der eine hohe praktische Relevanz der Skalen gewährleisten sollte. Dafür wurde mit Usability-Experten insgesamt 229 Begriffe gesammelt, die für die Bewertung der Nutzererfahrung als relevant eingestuft wurden. Anschließend wurde diese Anzahl auf 80 Items reduziert und in mehreren empirischen Studien getestet. Durch eine Faktoranalyse wurden schließlich die sechs Skalen des UEQ identifiziert und die Itemanzahl auf 26 Items reduziert (Laugwitz et al., 2008; D. M. Schrepp, 2023).

Die Skalen des UEQ sind die folgenden:

1. Attractiveness (Gesamteindruck des Produktes)
2. Perspicuity (Verständlichkeit)
3. Efficiency (Effizienz)
4. Dependability (Verlässlichkeit)
5. Stimulation (Motivation und Anregung)
6. Novelty (Innovationsgrad und Kreativität)

Dabei lassen sich die Skalen zwei übergeordneten Dimensionen zuordnen. Die pragmatische Qualität umfasst Perspicuity, Efficiency und Dependability, während Stimulation und Novelty die hedonische Qualität abbilden. Attractiveness fungiert als reine Valenzdimension (D. M. Schrepp, 2023). Die psychometrischen Eigenschaften des UEQ wurden in mehreren Studien untersucht. Erste Studien zur Validierung mit 144 Teilnehmer:innen bestätigten eine zufriedenstellende Reliabilität. Die Ergebnisse zeigten, dass die einzelnen Fragen gut zusammenpassen und verlässliche Aussagen ermöglichen. Ergänzend wurde eine Online-Umfrage mit 722 Teilnehmer:innen durchgeführt, deren Ergebnisse die

Konsistenz der Skalen bestätigen (Laugwitz et al., 2008; D. M. Schrepp, 2023). Eine weiterführende psychometrische Analyse von Schankin et al. (2022) basierte auf einer Stichprobe von 1.121 Teilnehmer:innen, die insgesamt 23 verschiedene Produkte bewerteten. Die Analyse ergab, dass alle Skalen eine akzeptable bis gute Zuverlässigkeit aufwiesen. Gleichzeitig zeigte sich, dass die Skalen nicht vollständig unabhängig voneinander sind. Eine Zusammenfassung der Skalen zu zwei Faktoren (pragmatische und hedonische Qualität) führte zu genaueren und besseren Ergebnissen. Zusätzlich wurde eine zweite Studie mit 499 Teilnehmer:innen durchgeführt, um die Validität durch den Vergleich mit dem System Usability Scale (SUS) sowie durch die gezielte Veränderung von Produkteigenschaften weiter zu untermauern (Schankin et al., 2022). Der UEQ wird in verschiedenen Anwendungsszenarien eingesetzt. Typische Einsatzgebiete sind der Vergleich unterschiedlicher Produktversionen, der Vergleich mit Wettbewerbsprodukten oder die Einordnung anhand eines Benchmarks, welches aktuell Daten von über 452 Produktbewertungen enthält (D. M. Schrepp, 2023; M. Schrepp et al., 2014). Der UEQ-Benchmark klassifiziert die Ergebnisse pro Skala in fünf Kategorien: Excellent, Good, Above Average, Below Average und Bad. Diese Einordnung ermöglicht eine vergleichende Bewertung der UX-Qualität eines Produktes (D. M. Schrepp, 2023). Zur Reduktion des Aufwands der Erhebung des Fragebogens wurde der UEQ um eine Kurzversion (UEQ-S) erweitert, die aus acht Items besteht und primär für Situationen konzipiert ist, in denen eine schnelle Erhebung erforderlich ist (D. M. Schrepp, 2023). In der Literatur gibt es bereits viele Studien, wo der UEQ praktisch angewendet wird. Ein Beispiel ist die Studie von Alisya et al. (2023), wo der UEQ half Stärken und Schwächen in einer Anwendung für ein digitales Wallet zu identifizieren. So konnten gut bewertete Bereiche bestätigt und gleichzeitig jede Aspekte erkannt werden, die aus Sicht der Nutzer:innen noch Verbesserungspotenzial aufwiesen – beispielsweise im Bereich der Attraktivität der Anwendung (Alisya et al., 2023). Auch bei der Analyse der Gesundheits-App Halodoc Mobile Health Application trug der UEQ dazu bei, ein umfassendes Bild der Nutzererfahrung zu zeichnen. Auf Basis der Ergebnisse des Fragebogens wurden positive Aspekte sichtbar, während mithilfe von ergänzenden Methoden, die durch den UEQ angeregt wurden, zur Identifikation konkreter Optimierungsmöglichkeiten eingesetzt wurden (Mochammad Aldi Kushendriawan et al., 2021). Ein weiteres Beispiel ist die Evaluation der Open University Credit Transfer Application, bei der der UEQ half, bestehende Usability-Probleme frühzeitig zu erkennen. Die Ergebnisse lieferten klare Hinweise darauf, wo die Anwendung aus Nutzersicht nicht überzeugte. Diese Erkenntnisse wurden anschließend genutzt, um gezielte Nachbesserungen vorzubereiten und die Schwachstellen genauer zu untersuchen (Kusuma & Indrati, 2022). Zusammenfassend zeigt sich, dass der UEQ eine robuste und validierte Messmethode darstellt, die sich flexibel in verschiedenen Evaluationsszenarien einsetzen lässt und durch seine empirische Fundierung eine verlässliche Grundlage für die quantitative Erfassung der Nutzererfahrung bietet.

2.7 Statistische Grundlagen

Im folgenden Kapitel werden die in dieser Arbeit genutzten statistischen Grundlagen auf der Basis des aktuellen Stands des Wissens erklärt. Dabei wird beschrieben, welche statistischen Verfahren angewendet werden und wie sie in der aktuellen Literatur beschrieben werden. Dabei wird genauer auf die deskriptive Statistik, Korrelationsanalysen und Signifikanztests eingegangen.

2.7.1 Deskriptive Statistik

Zur grundlegenden Analyse der erhobenen Daten wurden zunächst zentrale Kennwerte der deskriptiven Statistik berechnet. Diese umfassten den Median, das arithmetische Mittel sowie die Standardabweichung. Die Auswahl dieser Kennwerte erfolgte auf der Grundlage der vorliegenden Literatur. Bei dem ersten Kennwert handelt es sich um den Median, der denjenigen Wert darstellt, der in einer der Größe nach sortierter Verteilung genau in der Mitte liegt. Er bietet insbesondere bei nicht-normalverteilten Datensätzen eine robuste Aussagekraft, was bei kleinen Stichproben von besonderer Relevanz sein kann (Herkner & Müllner, 2011; Statistisches Bundesamt, 2025). Als Nächstes folgt das arithmetische Mittel, auch Durchschnitt genannt, das berechnet wird, indem die Summe aller Einzelwerte durch die Anzahl der Werte geteilt wird. Als zentrales Lagemaß erlaubt es eine Einschätzung des durchschnittlichen Niveaus (Bortz & Schuster, 2011; Herkner & Müllner, 2011). Die Standardabweichung gibt an, wie stark die durchschnittliche Abweichung der Werte vom arithmetischen Mittel ist. Da sie dieselbe Einheit wie die ursprünglichen Messwerte besitzt, lässt sie sich direkt mit diesen in Beziehung setzen (Bortz & Schuster, 2011; Herkner & Müllner, 2011). Zur Veranschaulichung der Daten wurden verschiedene Darstellungsformen gewählt. Eine zentrale Form der grafischen Darstellung ist der sogenannte Boxplot, der sich besonders gut eignet, um gleichzeitig die zentrale Tendenz, die Variabilität sowie mögliche Ausreißer in den Daten sichtbar zu machen. Ein Boxplot besteht aus einer rechteckigen Box und zwei Linien, den sogenannten Whiskern („Antennen“). Die Box repräsentiert den Interquartilsabstand (IQR) und umfasst damit die mittleren 50 % der Werte. Die untere Begrenzung der Box entspricht dem ersten Quartil (Q1), die obere Begrenzung dem dritten Quartil (Q3). Der innerhalb der Box eingezeichnete Strich markiert den Median (Q2), also den zentralen Wert der Verteilung. Die Länge der Whisker basiert auf dem 1,5-fachen Interquartilsabstand. Dabei wird dieser Wert auf das dritte Quartil addiert bzw. vom ersten Quartil subtrahiert, sodass sich die folgenden Schwellen ergeben. Für die obere Grenze ergibt sich folgende Bezeichnung: *Obere Grenze* = $Q3 + 1,5 \times IQR$. Für die untere Grenze: *Untere Grenze* = $Q1 - 1,5 \times IQR$. Datenpunkte, die außerhalb dieser Grenzen liegen, werden als Ausreißer betrachtet (Bortz & Schuster, 2011). Die Entscheidung für diese Kennwerte orientierte sich an der Vorgehensweise vergleichbarer empirischer Studien. So wurden beispielsweise in der Analyse von GSR-Daten Mittelwert und Standardabweichung als grundlegende deskriptive Kennzahlen herangezogen, bevor vertiefende statistische Verfahren angewendet wurden (Jindrová et al., 2020; Juuse et al., 2024; Tuch et al., 2009). Auch in der Analyse von Gesichtsausdrücken mittels Facial Expression Analysis wurden zunächst deskriptive Maße wie Median, Mittelwert und

Standardabweichung berechnet, um die erfassten emotionalen Zustände systematisch zu beschreiben (Dave, 2023; Mauri et al., 2021; Talen & Den Uyl, 2022). Gleiches gilt für die Eye-Tracking-Daten, bei denen deskriptive Verfahren zur ersten Auswertung und Übersichtlichkeit der Ergebnisse genutzt wurden (Aspandi et al., 2022; Molina et al., 2024). Im Rahmen der Auswertung des User Experience Questionnaire (UEQ) erfolgte die Berechnung der deskriptiven Kennwerte über eine auf der Webseite des UEQ bereitgestellte Excel-Vorlage (s. Dateien auf dem USB-Stick der Abgabe). Dabei werden unter anderem Median, Mittelwert und Varianz für die einzelnen Dimensionen des Fragebogens berechnet, um eine erste strukturierte Bewertung der Nutzererfahrung zu ermöglichen (Juuse et al., 2024).

2.7.2 Korrelationsanalyse

Nach der Berechnung der deskriptiven Kennwerte erfolgte im nächsten Schritt die Analyse möglicher Zusammenhänge zwischen den objektiven physiologischen Messdaten und den subjektiven Bewertungen der Nutzererfahrung mittels des User Experience Questionnaires (UEQ). Ziel war es, potenzielle Korrelationen zwischen den erfassten Metriken, insbesondere aus der galvanischen Hautreaktion (GSR), dem Eye-Tracking, der Facial Expression Analysis und den Dimensionen des UEQ zu identifizieren und statistisch zu beschreiben. Die Entscheidung zur Durchführung einer Korrelationsanalyse basiert auf methodischen Vorgehensweisen vergleichbarer Studien. In der Literatur finden sich zahlreiche Arbeiten, die sich mit der Verbindung zwischen physiologischen Parametern und subjektiven Usability-Einschätzungen befassen. Juuse et al. (2024) untersuchten beispielsweise den Zusammenhang zwischen GSR, Emotionen und der subjektiv wahrgenommenen Erregung durch unterschiedliche Reize. Auch Jindrová et al. (2020) analysierten den Zusammenhang zwischen GSR-Daten und dem subjektiven Erregungsempfinden. In der Studie von De Carolis et al. (2023) wurde der Zusammenhang zwischen GSR-Werten und der Bewertung des System Usability Scores (SUS) analysiert, um Rückschlüsse auf das Nutzerengagement zu ziehen. Für den Bereich Eye-Tracking beschreibt Molina et al. (2024) die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Blickverhalten und subjektiven Messwerten als etabliertes Verfahren. Weitere Studien, wie die von Țichindelean et al. (2021) und Zammarchi et al. (2021), analysieren Eye-Tracking-Daten explizit mittels Pearson- und Spearman-Korrelationen. Auch im Bereich der Facial Expression Analysis wurden Zusammenhänge zwischen emotionalen Gesichtsausdrücken und Usability-Metriken untersucht, beispielsweise in der Arbeit von Schmidt et al. (2020). Die Korrelationsanalyse misst den linearen Zusammenhang zwischen zwei Variablen. Als Maßgröße dient der Korrelationskoeffizient r , der angibt, in welchem Ausmaß die Variabilität einer Variable durch die andere erklärt werden kann. Der Wert von r liegt zwischen -1 und +1. Ein Wert von +1 entspricht einem perfekten positiven linearen Zusammenhang, ein Wert von -1 einem perfekten negativen linearen Zusammenhang. Liegt r nahe bei 0, deutet dies auf das Fehlen eines linearen Zusammenhangs hin (Herkner & Müllner, 2011). Es ist jedoch zu beachten, dass eine Korrelation eine notwendige, aber keine hinreichende Voraussetzung für kausale Abhängigkeiten sind. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen zwei Variablen bedeutet nicht zwingend, dass eine Variable

die andere verursacht. Korrelationen können lediglich Hinweise auf potenzielle Ursache-Wirkungs-Beziehungen geben, sind aber als statistische Koinzidenzen zu interpretieren (Bortz & Schuster, 2011).

Für die Durchführung einer Korrelationsanalyse gelten bestimmte Voraussetzungen. Eine zentrale Voraussetzung ist die Normalverteilung der beteiligten Variablen. Nur wenn beide Variablen normalverteilt sind, kann die Pearson-Korrelation, auch Produkt-Moment-Korrelation genannt, verwendet werden. Liegt keine Normalverteilung vor, ist die Spearman-Korrelation zu bevorzugen. Sie basiert auf Rangplätzen der Werte und ist damit robuster gegenüber Ausreißern sowie Tests nicht-parametrischer Natur (Bortz & Schuster, 2011; Herkner & Müllner, 2011). Zur Überprüfung der Normalverteilung wurde der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt. Die Wahl des konkreten Korrelationsverfahrens, Pearson oder Spearman, erfolgte auf Basis der Ergebnisse dieses Tests und stellt einen wesentlichen Bestandteil der statistischen Voraussetzungsprüfung dar (Bortz & Schuster, 2011)

Der Shapiro-Wilk-Test ist ein Verfahren zur Überprüfung der Normalität einer Verteilung (Bortz & Schuster, 2011). Er wurde das erste Mal 1965 von den Autoren S.S. Shapiro und M.B. Wilk vorgestellt. Der Test basiert auf einer linearen Kombination der geordneten Stichprobenwerte, die durch die übliche Varianzschätzung normiert wird. Dabei ist der Test invariant gegenüber Maßstab und Ursprung. Der Test vergleicht dabei, wie gut die geordneten Daten zur idealen Form einer Normalverteilung passen. Dazu berechnet er eine bestimmte Kennzahl (W-Wert), die zwischen 0 und 1 liegt. Je kleiner der W-Wert, desto größer ist die Abweichung von einer Normalverteilung. Um den W-Wert zu berechnen, werden zunächst die Daten der Größe nach geordnet. Dafür nutzt man vorgegebene Zahlen, sogenannte Koeffizienten, um aus den geordneten Daten eine Art Richtwert zu berechnen, Dieser Richtwert wird mit der Streuung der Daten verglichen. Das Ergebnis ist dann der W-Wert. Der Shapiro-Wilk-Test ist dabei relativ einfach anzuwenden und sehr robust gegenüber kleinen Stichprobenumfängen (Shapiro & Wilk, 1965).

2.7.3 Signifikanztests

Die Durchführung von Signifikanztests dient dem Ziel, Unterschiede zwischen zwei unabhängigen Gruppen zu analysieren. Dabei überprüfen Tests wie der t-test, ANOVA oder Mann-Whitney U-Test, ob beobachtete Differenzen zwischen zwei Gruppen zufallsbedingt oder statistisch signifikant voneinander abweichen. Der Einsatz der verschiedenen Tests ist abhängig von den jeweiligen Voraussetzungen der zugrunde liegenden Daten (Molina et al., 2024). Die Entscheidung für die Durchführung von Signifikanztests beruht auf der Durchführung dieser Verfahren in vergleichbaren Studien. So nutzten Goldberg (2014), Jindrová et al. (2020) sowie Juuse et al. (2024) zur Auswertung von GSR-Daten eine ANOVA. In anderen Studien, wie denen von De Carolis et al. (2023), Guo et al. (2015) sowie O'Brien und Lebow (2013), wurde zur Analyse signifikanter Unterschiede zwischen Gruppen ein t-Test eingesetzt. Im Kontext der Facial Expression Analysis kam ein nichtparametrisches Verfahren zum Einsatz, Talen und Den Uyl (2022) verwendeten hierfür den Mann-Whitney U-Test. Für

den Bereich Eye-Tracking beschreiben Molina et al. (2024) sowie Zammarchi et al. (2021) den Einsatz von t-Test, ANOVA oder Mann-Whitney-U-Test zur differenziellen Analyse zwischen Gruppen. Auch in der Studie von Țichindelean et al. (2021) wurde eine ANOVA angewandt.

Für den Vergleich zweier unabhängiger Gruppen auf Basis kontinuierlicher Variablen wird in der Statistik standardmäßig der ungepaarte t-Test eingesetzt, sofern die Daten annähernd normalverteilt sind. Dieser Test prüft, ob die Mittelwerte beider Gruppen signifikant voneinander abweichen. Die Nullhypothese lautet dabei, dass kein Unterschied zwischen den Gruppen besteht. Der berechnete p-Wert gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein beobachteter Unterschied zwischen den Mittelwerten unter der Annahme auftritt, dass die Nullhypothese wahr ist. Liegt der p-Wert unter einem definierten Signifikanzniveau, wird die Nullhypothese verworfen (Herkner & Müllner, 2011; Universität Zürich, 2023b). Die Voraussetzung für die Anwendung dieses Tests ist neben der Normalverteilung auch die Homogenität der Varianzen. Sollte eine dieser Voraussetzungen, insbesondere bei kleinen Stichproben, nicht erfüllt sein, wird auf ein voraussetzungsärmeres, nicht-parametrisches Verfahren zurückgegriffen (Bortz & Schuster, 2011). Der Mann-Whitney U-Test stellt das nicht-parametrische Äquivalent zum t-Test für unabhängige Stichproben dar. Er wird angewendet wenn keine Normalverteilung vorliegt, die Stichprobe besonders klein ist oder Ausreißer enthält (Universität Zürich, 2023a). Der U-Test prüft, ob sich die zentralen Tendenzen zweier Gruppen unterscheiden. Der Test basiert auf der Idee der Rangierung der Daten. Dafür werden die Messwerte durch Ränge ersetzt mit der der eigentliche Test durchgeführt wird. Für die Berechnung werden zuerst die Messwerte, unabhängig von ihrer Gruppenzugehörigkeit, nach ihrer Größe sortiert. Danach werden die Gruppen rangiert und getrennt für jede Gruppe notiert, auf dessen Basis dann die Ränge der jeweiligen Gruppen aufsummiert werden. Ausgehend davon wird gezählt, wie häufig ein Messwert aus der einen Gruppe kleiner ist als ein Messwert aus der anderen Gruppe. Die Berechnung beruht auf der Anzahl der Beobachtung, wie viele Werte der jeweils anderen Gruppe größer sind. Diese Einzelvergleiche werden aufsummiert und ergeben die Prüfgröße U (Bortz & Schuster, 2011; Universität Zürich, 2023a). Ist die Verteilung der U-Werte näherungsweise normal, kann die Signifikanzprüfung über eine z-Transformation erfolgen. Dafür wird zunächst der unter der Nullhypothese erwartete Mittelwert sowie der Standardfehler berechnet. Auf dieser Grundlage ergibt sich die standardisierte Prüfgröße z deren statistische Bedeutsamkeit mithilfe der Standardnormalverteilung beurteilt werden kann. Bei kleinen Stichproben ($n_1 \leq 8$, $n_2 \leq 8$) erfolgt die Signifikanzprüfung anhand von speziellen Tabellen. Diese enthalten die exakten p-Werte für alle möglichen U-Werte. Dabei wird der kleinere der beiden U-Werte verwendet, um bei einem einseitigen Test den zugehörigen p-Wert abzulesen. Handelt es sich um einen zweiseitigen Test, wird der abgelesene p-Wert verdoppelt. Anstatt den p-Wert aus Tabellen abzulesen, kann jedoch auch der exakte p-Wert berechnet und direkt mit dem Signifikanzniveau verglichen werden (Bortz & Schuster, 2011). Die Entscheidung auf die Wahl des Verfahrens beruht hier wieder auf der Annahme, dass die vorliegenden Daten normalverteilt sind oder nicht. Daher wird auch hier das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests als Basis der Entscheidungsfindung genutzt.

3 Methodik

Das folgende Kapitel beschreibt das methodische Vorgehen der empirischen Untersuchung, mit der das Ziel verfolgt wurde, den Einfluss von Usability-Heuristiken und 3D-Visualisierungen auf die Usability einer webbasierten Plattform zur energetischen Sanierung systematisch zu analysieren. Dabei werden das Studiendesign, die Rekrutierung der Teilnehmenden, die verwendeten Messmethoden sowie der Ablauf der Studie im Detail erläutert.

3.1 Studiendesign und Vorbereitung

3.1.1 Zielsetzung der Studie

Die vorliegende Studie verfolgt das Ziel, den Einfluss etablierter Usability-Prinzipien und interaktiver 3D-Visualisierungen auf die Nutzererfahrung einer webbasierten Plattform zur energetischen Sanierung zu analysieren. Im Zentrum steht dabei die Untersuchung, ob eine nutzerzentrierte Gestaltung gemäß den Heuristiken nach Nielsen in Kombination mit einem 3D-Modell zu einer verbesserten Usability führt, im Vergleich zu einer alternativen Version, die bewusst auf diese Prinzipien verzichtet. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen die Weiterentwicklung der IMP-Plattform unterstützen und Ansatzpunkte für eine nutzerfreundlichere Gestaltung liefern.

3.1.2 Studiendesign

Zur Überprüfung der Forschungsfrage wurde eine experimentelle Untersuchung mit einem Between-Subjects-Design konzipiert, die unter kontrollierten Laborbedingungen durchgeführt wurde. Die Datenerhebung erfolgte im Usability-Labor der HAW Hamburg am Campus Finkenau, um eine standardisierte Testsituation für alle Teilnehmenden sicherzustellen und potenzielle Störfaktoren zu minimieren. Das Labor bot die erforderliche technische Ausstattung für die Durchführung der physiologischen und subjektiven Messungen.

Im Rahmen des Experiments wurden zwei Gruppen gebildet, Gruppe A und Gruppe B. Für Gruppe A wurde Version A entwickelt, welche die Usability-Heuristiken und das 3D-Modell enthält. Für Gruppe B wurde Version B entwickelt, welche gegen die Heuristiken verstößt, und das 2D-Modell implementiert. Die Zuweisung der Teilnehmenden zu den beiden Versuchsgruppen erfolgte mittels Blockrandomisierung, um eine ausgewogene Gruppengröße sowie eine zufällige Verteilung sicherzustellen. Ziel des Studiendesigns ist es, den Einfluss der Implementierung von Usability-Heuristiken sowie die Wirkung von 3D-Elementen auf die Benutzererfahrung der Webseite zu analysieren. Die zugrunde liegende Hypothese lautet, dass die Version A, welche sowohl die Heuristiken nach Nielsen berücksichtigt als auch ein 3D-Modell integriert, zu einer signifikant besseren wahrgenommenen Usability führt als die Version B, in der diese Prinzipien bewusst nicht berücksichtigt wurden und stattdessen lediglich eine 2D-Darstellung verwendet. Zur Erfassung der Benutzererfahrung

wurde eine Kombination verschiedener Messmethoden eingesetzt, um sowohl physiologische als auch subjektive Aspekte der Usability abzubilden. Hierzu zählten die Galvanic Skin Response (GSR) zur Erfassung der physiologischen Erregung, die Facial Expression Analysis (FEA) zur Analyse der Gesichtsausdrücke, Eye-Tracking-Daten zur Untersuchung des visuellen Aufmerksamkeitsmusters sowie der User Experience Questionnaire (UEQ) zur subjektiven Bewertung der Nutzererfahrung.

3.1.3 Rekrutierung und Randomisierung der Teilnehmer:innen

Die Auswahl der Teilnehmer:innen erfolgte aus dem persönlichen Bekanntenkreis. Insgesamt wurden zehn Proband:innen für die Studie rekrutiert. Das Alter der Teilnehmenden variierte zwischen 26 und 31 Jahren. Die Stichprobe setzte sich aus drei weiblichen und sieben männlichen Personen zusammen. Keiner der Teilnehmenden verfügte über spezifische Vorerfahrungen im Bereich der energetischen Sanierung von Wohngebäuden.

Die Zuweisung der Teilnehmer:innen zu den beiden Gruppen erfolgte randomisiert. Hierfür wurde eine Blockrandomisierung eingesetzt, um eine gleichmäßige Verteilung der Teilnehmer:innen auf Gruppe A und Gruppe B zu gewährleisten. Die gleichmäßige Verteilung erfolgte, um bei der begrenzten Anzahl der Teilnehmer:innen eine potenzielle Verzerrung durch ungleich große Gruppen zu vermeiden. Die Blockgröße wurde auf zwei festgelegt, sodass die Gesamtzahl der Teilnehmer:innen ein Vielfaches dieser Blockgröße betrug, um eine ausgeglichene Gruppengröße sicherzustellen. Für die Blockpermutationen wurden die Kombinationen AB und BA definiert. Jeder Kombination wurden vier Zufallszahlen im Bereich von 1 bis 8 zugeordnet (AB: 1, 2, 3, 4; BA: 5, 6, 7, 8). Anschließend wurden mittels eines Zufallsgenerators fünf Zahlen gezogen, was zu folgender Gruppenreihenfolge führte: 1, 5, 7, 4, 8. Daraus ergab sich die Zuordnung ABBABAABBA. Die exakte Zuteilung der Teilnehmer:innen zu den jeweiligen Gruppen ist in Tabelle 1 dokumentiert (Herkner & Müllner, 2011).

Tabelle 1: Zuweisung der Teilnehmenden nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Teilnehmer:in	Gruppenzuweisung
Teilnehmer:in 1	Gruppe A
Teilnehmer:in 2	Gruppe B
Teilnehmer:in 3	Gruppe B
Teilnehmer:in 4	Gruppe A
Teilnehmer:in 5	Gruppe B
Teilnehmer:in 6	Gruppe A
Teilnehmer:in 7	Gruppe A
Teilnehmer:in 8	Gruppe B
Teilnehmer:in 9	Gruppe B
Teilnehmer:in 10	Gruppe A

3.1.4 Studienumgebung

Die Durchführung der Studie erfolgte im Usability-Labor der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg), das am Campus Finkenau der Fakultät Design, Medien und Information angesiedelt ist. Die Wahl dieser Umgebung ermöglichte die Durchführung unter kontrollierten Laborbedingungen, wodurch externe Störvariablen minimiert und standardisierte Testbedingungen für alle Teilnehmenden gewährleistet werden konnten. Das Labor verfügt über eine umfangreiche technische Ausstattung, bestehend aus Hard- und Softwarekomponenten, die die Durchführung experimenteller Studien im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion ermöglichen. Dazu zählen unter anderem ein mobiler sowie ein stationärer Eye-Tracker, Geräte zur Messung der Hautleitfähigkeit, Messinstrumente zur Erfassung emotionaler Reaktionen sowie eine Evaluationssoftware, die die umfassende Aufzeichnung von Bild, Ton und Bildschirminhalten unterstützt. Darüber hinaus ist die Erstellung und Verwaltung vollständiger Experimente über die bereitgestellte Softwareumgebung möglich. Zur Durchführung dieser Studie kamen zwei separate Bildschirme zum Einsatz. Zusätzlich wurde eine Trennwand zwischen den Teilnehmenden und der Versuchsleitung platziert, um eine direkte Interaktion während der Testphase auszuschließen und dadurch eine unbeabsichtigte Beeinflussung der Ergebnisse zu vermeiden.

3.1.5 Datenerhebung und eingesetzte Sensorik

Für die Datenerhebung wurde die Software iMotions verwendet. Zur Messung der physiologischen Daten kamen verschiedene Sensoren zum Einsatz. Das Eye-Tracking wurde mithilfe des Tobii Pro Fusion erfasst. Die Messung der galvanischen Hautleitfähigkeit (GSR) wurde mit dem Shimmer3 GSR+ aufgenommen. Zur Erkennung der Gesichtsausdrücke und Emotionen wurde das Modul Affectiva AFFDEX genutzt. Als Stimulus diente die implementierte Webseite der IMP-Plattform, die in den folgenden Kapiteln detailliert beschrieben wird.

Die Grundlage der Studie bildet die Software iMotions des Software-Unternehmens iMotions A/S, die als zentrale Plattform für die Durchführung und Analyse genutzt wurde. iMotions ist eine Software zur Erstellung von Untersuchungen auf der Basis verschiedener Stimuli und ermöglicht eine umfassende Erfassung von Nutzerreaktionen. Durch die Möglichkeit der Integration verschiedener Sensoren, ist es in iMotions möglich Messdaten aus unterschiedlichen Inputs zu bündeln, auszuwerten und visuell darzustellen. Die Funktionalitäten, die iMotions bietet, macht sie zu einer ausgereiften Software, die sie für die vorliegende Studie sehr geeignet macht, da sie eine effiziente und strukturierte Analyse der erhobenen Daten ermöglichte.

Die Messung der elektrodermalen Aktivität erfolgte mit dem Shimmer3 GSR+ (s. Abbildung 1), einem tragbaren Gerät, das am Unterarm der Teilnehmenden angebracht wurde. Drei Sensoren wurden an den Handinnenflächen der Finger befestigt, um eine kontinuierliche und präzise Aufzeichnung der Hautleitfähigkeit während der Interaktion mit der Webseite zu ermöglichen. Im Fokus der Analyse

standen drei zentrale Metriken, die Anzahl der GSR-Peaks über den gesamten Stimulus, die Anzahl der Peaks pro Minute sowie die durchschnittliche Amplitude der Peaks. Diese Parameter gelten als etablierte Indikatoren für die Reaktion der elektrodermalen Aktivität, da sie Aussagen darüber zulassen, ob bei den Teilnehmenden Peaks auftreten, wie häufig diese innerhalb eines bestimmten Zeitraums beobachtet werden und in welcher Intensität sie auftreten.



Abbildung 1: Shimmer3 GSR+ zur Messung der galvanischen Hautreaktion
Quelle: Eigene Aufnahme

Zur Erfassung der Blickbewegungen wurde der screen-basierte Eye-Tracker Tobii Pro Fusion (s. Abbildung 2) verwendet, der an der Unterseite des verwendeten Monitors angebracht war. Die aufgezeichneten Daten ermöglichten eine detaillierte Analyse der visuellen Aufmerksamkeit der Teilnehmenden. Im Mittelpunkt standen dabei sowohl Sakkaden als auch Fixationen. Bei den Sakkaden wurden die Anzahl, die durchschnittliche Länge und die Gesamtlänge betrachtet. Für die Fixationen wurden analog dazu die Anzahl, die durchschnittliche Dauer und die Gesamtdauer analysiert. Diese Metriken wurden ausgewählt, da sie Rückschlüsse auf die kognitive Belastung, das visuelle Suchverhalten sowie die Informationsaufnahme ermöglichen. Ergänzend wurden zur visuellen Darstellung der Blickbewegungen Scanfade und Heatmaps erstellt. Die Scanfade zeigen die Abfolge von Fixationen und Sakkaden, während Heatmaps jene Bereiche hervorheben, auf die am längsten fixiert wurde (Molina et al., 2024).

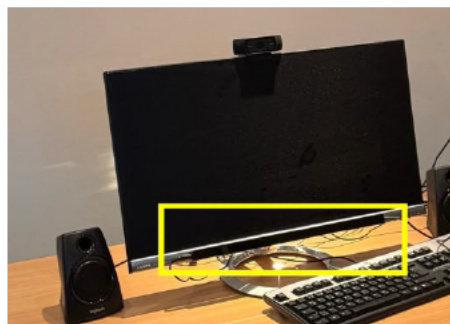


Abbildung 2: Eye-Tracker Tobii Pro Fusion zur Erfassung der Blickbewegungen
Quelle: Eigene Aufnahme

Zur Erfassung der Gesichtsausdrücke wurde das in iMotions integrierte Modul Affectiva AFFDEX verwendet. Die Bildaufnahme erfolgte über eine am oberen Bildschirmrand montierte Webcam (s. Abbildung 3), die während des gesamten Experiments kontinuierlich die Gesichtsmimik der Teilnehmenden aufzeichnete. Im Fokus der Analyse standen die sieben Basisemotionen „Anger“, „Disgust“, „Fear“, „Joy“, „Sadness“, „Surprise“ und „Contempt“, da diese ein breites Spektrum emotionaler Zustände abbilden. Ergänzend wurden auch neutrale Gesichtsausdrücke berücksichtigt, die immer dann aktiv sind, wenn keine der sieben Grundemotionen detektiert wird (Bishay et al., 2022). Darüber hinaus wurden die affektiven Ausprägungen „Positive Valence“ und „Negative Valence“ analysiert. Diese beschreiben die wahrgenommene Attraktivität oder Ablehnung einer Situation und basieren auf dem Verhältnis von positiven zu negativen Gesichtsausdrücken (Bishay et al., 2022).

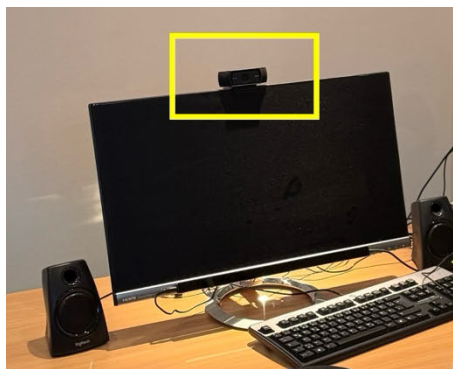


Abbildung 3: Webcam zur Erfassung der Gesichtsausdrücke durch Affectiva AFFDEX
Quelle: Eigene Aufnahme

Als Ergänzung der objektiven Messungen durch die Sensorik wurde der User Experience Questionnaire (UEQ) eingesetzt, ein standardisierter Fragebogen zur Bewertung der User Experience eines Produktes (s. Anhang 4). Der Fragebogen diente dazu die Benutzererfahrung hinsichtlich verschiedener Dimensionen zu evaluieren und ein umfassendes Bild über die Interaktion mit der Webseite zu gewinnen.

Die Wahl auf die iMotions Software und der zugehörigen Hardware viel darauf zurück, dass diese durch das Usability Labor der HAW Hamburg leicht zugänglich waren. Außerdem hatte sich das Equipment bereits vorheriger Studien, die im Rahmen des Institus im Usability Labor durchgeführt wurden, als zuverlässig bewiesen. Die Wahl auf den User Experience Questionnaire (UEQ) zur Bewertung der subjektiven Erfahrung fiel darauf zurück, dass ein zuverlässiger und bereits häufig angewendeter Fragebogen genutzt werden sollte, der viele Aspekte der Benutzerfreundlichkeit abdeckt. Außerdem sollte er die Möglichkeit bieten einen branchentypischen Vergleich durchzuführen. Durch die Breite der Dimensionen und den Benchmark-Vergleich deckt der UEQ die Anforderungen ab. Außerdem verbindet er die Möglichkeit den emotionalen Zustand der Teilnehmer:innen mit der Usability der Webseite zu kombinieren. Insgesamt soll so durch die Kombination von objektiven und subjektiven Messmethoden ein großes Abbild der Usability geschaffen werden, welches helfen soll die Forschungsfrage zu beantworten.

3.1.6 Aufgabenstellung während der Nutzerinteraktion

Da die Studie im Rahmen des Forschungsprojekts IntelMod durchgeführt wurde und einen spezifischen Teil der Intelligenten Modernisierungsplattform (IMP) abbildet, war es wichtig, den Teilnehmenden eine möglichst realistische Aufgabe zu stellen. Die entwickelte Webseite spiegelt dabei eine zentrale Sequenz innerhalb des Prozesses der IMP-Plattform wider. Konkret handelt es sich um das Anwendungsszenario, in dem ein Vermieter ein Modernisierungsvorhaben plant, das verschiedene energetische Maßnahmen umfasst. Die Plattform hat dem Vermieter bereits im Vorfeld dabei geholfen, sämtliche rechtlichen und informativen Grundlagen zu klären. Im letzten Schritt dieses Prozesses erstellt die Plattform eine Modernisierungsankündigung, die an die Mieter:innen verschickt wird. An genau diesem Punkt setzt die Studie ein. Die Teilnehmenden übernehmen die Rolle der Mieter:innen und sollen über die IMP-Plattform den Entwurf des Vermieters überprüfen und gegebenenfalls anpassen. Zu Beginn der Untersuchung erhielten die Teilnehmenden daher eine ausführliche Situationsbeschreibung (s. Anhang 1), um sie in ihre Rolle einzuführen. In dieser Einführung wurde ihnen erläutert, dass ihr Vermieter kürzlich angekündigt hat, energetische Sanierungsmaßnahmen durchführen zu wollen und hierfür die IMP-Plattform verwendet. Anschließend wurde ihnen erklärt, was die Plattform ist, welchen Zweck sie verfolgt und welche Vorteile sich daraus für Mieter:innen und Vermieter:innen ergeben. Ergänzend erhielten sie Informationen zur aktuellen Wohnsituation und dazu, warum die geplanten Modernisierungsmaßnahmen für das betreffende Gebäude sinnvoll sind. Im weiteren Verlauf der Situationsbeschreibung wurde detailliert auf die geplanten Maßnahmen des Vermieters eingegangen. Gleichzeitig wurde die Rolle der Teilnehmenden noch einmal verdeutlicht. Sie sollten sich als Personen verstehen, denen Klimaschutz am Herzen liegt und die ein optimales Kosten-Nutzen-Verhältnis aus den vorgeschlagenen Maßnahmen erzielen möchten, auch wenn dies mit einer moderaten Mieterhöhung verbunden ist. Nach dieser Einführung folgte die konkrete Aufgabenstellung zur Interaktion mit der Webseite. Die Teilnehmenden sollten zunächst die vom Vermieter hinterlegten Angaben überprüfen, mögliche Fehler korrigieren und darüber hinaus zwei weitere energetische Maßnahmen ergänzen. Die Aufgabenstellung wurde so konzipiert, dass die Teilnehmenden aktiv mit der Webseite interagieren mussten, um die Usability zu testen. Hierzu wurden bewusst Fehler in den Angaben des Vermieters eingebaut, die es zu erkennen und zu korrigieren galt. Das Hinzufügen der zusätzlichen Maßnahmen diente insbesondere dazu, die Interaktion der Teilnehmenden mit den 2D- bzw. 3D-Modellen auf der Webseite zu überprüfen. Nur durch die Interaktion mit diesen Modellen konnten neue Maßnahmen eingefügt werden. Ergänzend enthielt die Webseite weitere kleinere Aufgaben, wie beispielsweise das Überprüfen der eigenen Eingaben. Das Ziel der Aufgabe bestand darin, alle fehlerhaften Angaben zu korrigieren, die beiden zusätzlichen Maßnahmen zu ergänzen und schließlich den überarbeiteten Entwurf über die Plattform an den Vermieter zurückzusenden. Beide Gruppen, die an der Studie teilnahmen, erhielten dabei dieselbe Aufgabenstellung. Der einzige Unterschied bestand darin, dass Version A der Webseite die Usability-Heuristiken nach Nielsen umsetzte und die Interaktion mit einem 3D-Modell ermöglichte, während Version B gezielt gegen diese Heuristiken verstieß und lediglich eine

Interaktion mit einem 2D-Modell erlaubte. Um das Szenario noch realistischer zu gestalten, erhielten die Teilnehmenden nach der Situationsbeschreibung zusätzlich eine nach Vorlage der IMP-Plattform erstellte Modernisierungsankündigung (s. Anhang 2). Dieses Schreiben diente dazu, den realen Ablaufplan der Plattform authentisch abzubilden. Darüber hinaus wurde den Teilnehmenden ein Datenblatt (s. Anhang 3) zur Verfügung gestellt, das sämtliche relevanten Daten und bereits geplanten Maßnahmen übersichtlich zusammenfasste. Dieses Dokument sollte insbesondere dazu beitragen, dass die Teilnehmenden während der Interaktion mit der Webseite nicht unnötig lange nach den Informationen suchen mussten. Dadurch konnte vermieden werden, dass längere Unterbrechungen des Eye-Trackings und der Emotionserkennung durch Blicke abseits des Bildschirms entstanden.

3.2 Studiendurchführung

Im Folgenden wird der Ablauf der Studie detailliert dargestellt. Die einzelnen Schritte wurden für alle Teilnehmenden einheitlich durchgeführt, um die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten zu gewährleisten.

1. Begrüßung und Einführung

Zu Beginn der Untersuchung erfolgte ein kurzes Briefing, in dem den Teilnehmenden darüber aufgeklärt wurde, dass sie mit einer Webseite zur energetischen Sanierung interagieren sollen. Anschließend wurde der genaue Ablauf erklärt, einschließlich der Interaktion mit der Webseite sowie des nachfolgenden Ausfüllens eines Fragebogens. Nach dieser Einführung unterschrieben die Teilnehmenden eine Einverständniserklärung. Zudem wurde das Alter der Teilnehmenden erfasst.

2. Einführung in das Thema der energetischen Sanierung

Im Anschluss erhielten die Teilnehmenden ein Einführungsdokument, bestehend aus der Situationsbeschreibung, der Modernisierungsankündigung sowie einem ergänzenden Datenblatt. Diese Dokumente sollten eigenständig gelesen werden. Nach dem Lesen bestand die Möglichkeit Rückfragen zu stellen.

3. Briefing zur Interaktion mit der Webseite

Vor Beginn der Aufgabenbearbeitung wurden die Teilnehmenden über die Rahmenbedingungen der Interaktion informiert. Es wurde explizit darauf hingewiesen, dass die Webseite während der gesamten Dauer der Bearbeitung weder aktualisiert noch geschlossen werden darf. Sämtliche zur Bearbeitung notwendigen Informationen befanden sich auf dem zuvor ausgehändigten Informationsblatt, das während der Aufgabe zur Verfügung stand. Eine Interaktion mit dem Versuchsleiter war während des Studienverlaufs nicht vorgesehen. Nach Abschluss der Aufgabe sollten die Teilnehmenden das Browserfenster eigenständig schließen, um zur Fragebogensektion weitergeleitet zu werden.

4. Anlegen des GSR-Sensors

Anschließend wurde der GSR-Sensor (Shimmer3 GSR+) an der nicht-dominanten Hand der Teilnehmenden befestigt. Um Störungen bei der Datenaufnahme zu vermeiden wurde sichergestellt, dass keine Ringe getragen wurden. Die Sensoren wurden an den Handinnenflächen des Zeige-, Mittel- und Ringfingers angebracht. Die Teilnehmenden wurden darauf hingewiesen, während der Erhebung auf Bewegungen der Hand zu verzichten und normal weiter zu atmen.

5. Sensorkalibrierung und Vorbereitung

Vor Beginn der eigentlichen Aufgabenbearbeitung wurde jede teilnehmende Person in das Studiensystem aufgenommen. Dabei wurde die korrekte Gruppenzuweisung gemäß der zuvor vorgenommenen Randomisierung überprüft. Eine Trennwand wurde so positioniert, dass während der Studie keine visuelle oder verbale Interaktion zwischen Versuchsleitung und Teilnehmenden stattfinden konnte. Zusätzlich wurden die Lichtverhältnisse im Testraum kontrolliert. Nach erfolgreicher Kalibrierung aller Sensoren wurde das Experiment gestartet.

6. Durchführung der Aufgabe

Während der Bearbeitung der Aufgaben auf der Webseite wurden die physiologischen Messwerte kontinuierlich aufgezeichnet. Nach Abschluss der Aufgabe wurden die Teilnehmenden automatisch zum Fragebogen weitergeleitet.

7. Debriefing

Nach Abschluss der Studie wurden sämtliche Sensoren entfernt. Zudem wurde sichergestellt, dass es den Teilnehmer:innen soweit gut geht. Abschließend erhielten sie die Möglichkeit, Fragen zur Studie zu stellen oder Feedback zu äußern. Außerdem wurden den Teilnehmer:innen der Zweck der Studie erläutert und erklärt, dass es zwei verschiedene Webseiten mit unterschiedlicher Usability gibt.

4 Implementierung der Webseitenversionen

Die Implementierung der Webseite orientierte sich eng an der bestehenden IMP-Plattform. Als Grundlage diente der aktuelle Prototyp des Mieter-Szenarios, um den Ablauf und die Struktur auf der Webseite möglichst ähnlich zur Plattform zu halten. Dabei wurde darauf geachtet, die Schritte des Prozesses, die erhobenen Nutzerdaten sowie die für den Nutzer relevanten Informationen zu übernehmen. Zudem wurde die Implementierung auf die im vorherigen Kapitel beschriebenen Aufgabenstellungen ausgerichtet, sodass die Webseite sowohl funktional als auch inhaltlich den Anforderungen der Studie entsprach. Die Webseite wurde mit dem Angular Framework (Version 18) entwickelt. Für die UI-Gestaltung kamen Angular Material sowie das MDB Angular UI Kit zum Einsatz. Das State-Management wurde mithilfe von NgRx Store realisiert. Zur Integration und Visualisierung von 3D-Gebäudemodellen wurden die Bibliotheken Three.js und web-ifc verwendet. Zusätzlich wurden spezialisierte UI-Komponenten aus der That Open Company Bibliothek eingebunden. Die Anwendung

wurde mit TypeScript entwickelt. Mehr zu der Implementierung findet sich in dem beigefügten Repository. Nachfolgend werden die einzelnen Seiten der Webseite detailliert beschrieben. Dabei wird jeweils erläutert, welche Unterschiede zwischen Version A und Version B bestehen und wie spezifische Usability-Heuristiken nach Nielsen umgesetzt oder verletzt wurden.

4.1 Startseite – Einstieg in das Mieter-Szenario

Die erste Seite stellt die Startseite dar, die den Einstiegspunkt für die Nutzer:innen bildet. Ziel dieser Seite ist es, einen orientierenden und motivierenden Einstieg zu bieten, der den Kontext der Plattform vermittelt. Dabei soll eine möglichst geringe Einstiegshürde geschaffen werden, um den Nutzer:innen den Zugang zur Anwendung zu erleichtern. Zusätzlich dient die Startseite dazu, die Rolle der Mieter:in deutlich zu machen, sodass sich die Nutzer:innen in diese Rolle hineinversetzen können. Abschließend fordert die Seite die Nutzer:innen auf den Prozess aktiv zu starten. Version A (s. Abbildung 4) der Startseite zeichnet sich durch ein ansprechendes, thematisch stimmiges Layout aus. Es wurde ein hochauflösendes Bild eines Gebäudes als Eyecatcher integriert. Die Farbgestaltung folgt einem klaren Schema, bei dem vor allem Blau als dominierende Farbe in Header, Navigationsleiste und Action-Button eingesetzt wird. Dies soll den Nutzer:innen ein einheitliches und professionelles Design vermitteln. Der Button zum Start des Prozesses ist farblich hervorgehoben und mit dem Text „Starte jetzt!“ versehen, um eine klare und motivierende Handlungsaufforderung zu setzen. Zur Hervorhebung wichtiger Informationen wird ein Card-Element genutzt. Darüber hinaus ist auf der Startseite ein Home-Symbol in der oberen linken Ecke integriert, das jederzeit zur Startseite zurückführt. Dieses Symbol greift gängige Web-Standards auf, sodass die Nutzer:innen auf ihre Erfahrungen mit anderen Webseiten zurückgreifen können. Damit wird bewusst auf die vierte Heuristik „Consistency and Standards“ nach Nielsen eingegangen. Zusätzlich wird durch die Verlinkung des Home-Buttons die dritte Heuristik „User Control and Freedom“ unterstützt, indem den Nutzer:innen jederzeit die Möglichkeit gegeben wird, den Prozess zu verlassen und den Systemstatus zurückzusetzen. Auch die achte Heuristik „Aesthetic and Minimalist Design“ wird berücksichtigt, indem durch die klare visuelle Struktur und die Hervorhebung relevanter Inhalte ein ästhetisches und minimalistisches Gesamtbild entsteht. Wie Fessenden (2021) betont, wird der erste Eindruck innerhalb der ersten 50 Millisekunden gebildet, weshalb die visuelle Gestaltung dieser Seite gezielt darauf ausgelegt wurde, von Beginn an ein positives Gefühl zu vermitteln.

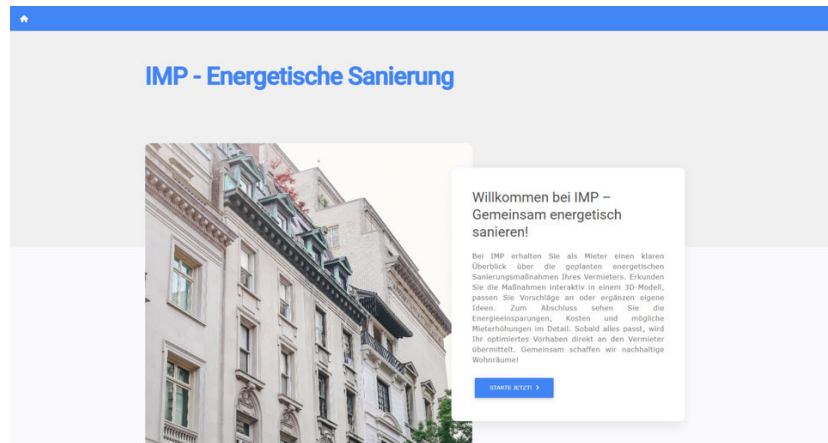


Abbildung 4: Startseite der Version A
Quelle: Eigene Darstellung

Version B (s. Abbildung 5) hingegen verzichtet bewusst auf ein ansprechendes Layout. Die Seite besitzt eine graue Hintergrundfarbe, wodurch sie nüchtern und trostlos wirkt. Ein übergeordnetes Farbkonzept ist nicht erkennbar, und es fehlt der Einsatz eines Eyecatchers in Form eines Bildes. Ebenso wurde das Card-Element für die Darstellung des Informationstextes entfernt, wodurch wichtige Informationen nicht hervorgehoben werden. Die Umsetzung der Startseite in Version B verstößt gezielt gegen die achte Heuristik „Aesthetic and Minimalist Design“, da die Seite durch das reduzierte Design wenig ansprechend wirkt. Auch die Verlinkung des Home-Symbols wurde entfernt. Zwar ist das Symbol visuell vorhanden, es führt jedoch nicht zur Startseite zurück. Dadurch wird die Erwartungshaltung der Nutzer:innen bewusst unterlaufen, was gegen die vierte Heuristik „Consistency and Standards“ sowie gegen die dritte Heuristik „User Control and Freedom“ verstößt. Die Nutzer:innen haben hier keine Möglichkeit, den Prozess flexibel zu verlassen oder den Systemstatus zurückzusetzen. Diese Einschränkung zieht sich durch alle weiteren Seiten von Version B, da der Home-Button zu keinem Zeitpunkt funktionsfähig ist.

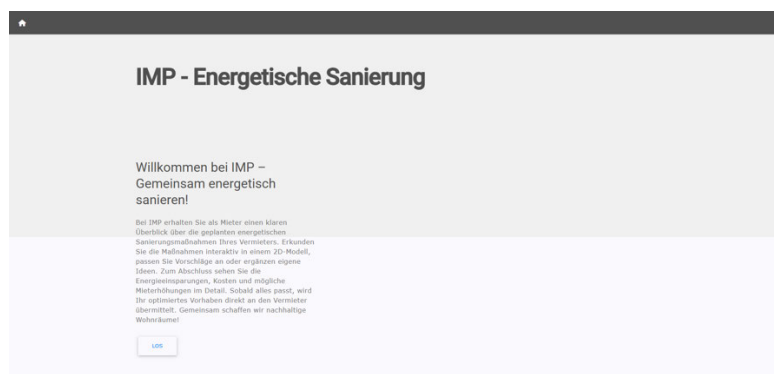


Abbildung 5: Startseite Version B
Quelle: Eigene Darstellung

4.2 Ablaufdarstellung – Visualisierung der Prozessschritte

Die zweite Seite dient, wie auch die Startseite, der Einführung in den Prozess. Ziel dieser Seite ist es, den Nutzer:innen eine klare Übersicht über den weiteren Ablauf sowie ihre Möglichkeiten zur Abgabe von Feedback zu geben. Inhaltlich orientiert sich die Gestaltung eng an der Vorlage des Prototyps. Zusätzlich soll diese Seite verdeutlichen, welche Funktionen die Plattform bietet und welche Vielfalt an Interaktionsmöglichkeiten den Nutzer:innen zur Verfügung steht. In Version A (s. Abbildung 6) wird das bereits etablierte Designkonzept der Startseite konsequent weitergeführt. Der Schwerpunkt liegt weiterhin auf dem Blauton, der sich in verschiedenen Designelementen wie Header und Navigation wiederfindet. Auch auf dieser Seite wurde ein Bild eines Gebäudes als Eyecatcher integriert, um die visuelle Attraktivität und den positiven Eindruck der Startseite fortzusetzen. Wichtige Informationen werden erneut durch ein Card-Element hervorgehoben, wodurch die achte Heuristik „Aesthetic and Minimalist Design“ umgesetzt wird. Zusätzlich wird auf Konsistenz in der Gestaltung geachtet. Die Feedback-Möglichkeiten werden durch Icons visualisiert, und ein Info-Zeichen bietet den Nutzer:innen eine kurze Einführung in die Funktionalitäten der Plattform. Damit wird gezielt auf die vierte Heuristik „Consistency and Standards“ Bezug genommen.

Ein zentrales neues Element ist die Einführung der Stepper-Leiste unterhalb der Navigationsleiste. Diese Leiste visualisiert den aktuellen Systemstatus und ermöglicht den Nutzer:innen eine flexible Navigation zwischen den einzelnen Kategorien der Webseite. Die einzelnen Schritte innerhalb der Stepper-Leiste sind direkt auswählbar, sodass Nutzer:innen jederzeit nachvollziehen können, an welchem Punkt im Prozess sie sich befinden und gezielt zwischen den Seiten wechseln können. Dadurch werden die Heuristiken eins „Visibility of System Status“ sowie drei „User Control and Freedom“ erfüllt. Ergänzend wurde die Navigation um „Weiter“- und „Zurück“-Buttons erweitert. Während der „Zurück“-Button auf dieser Seite noch ausgegraut ist, erweitert er im weiteren Verlauf der Anwendung die Bewegungsfreiheit der Nutzer:innen und unterstützt eine flexible Bedienung.

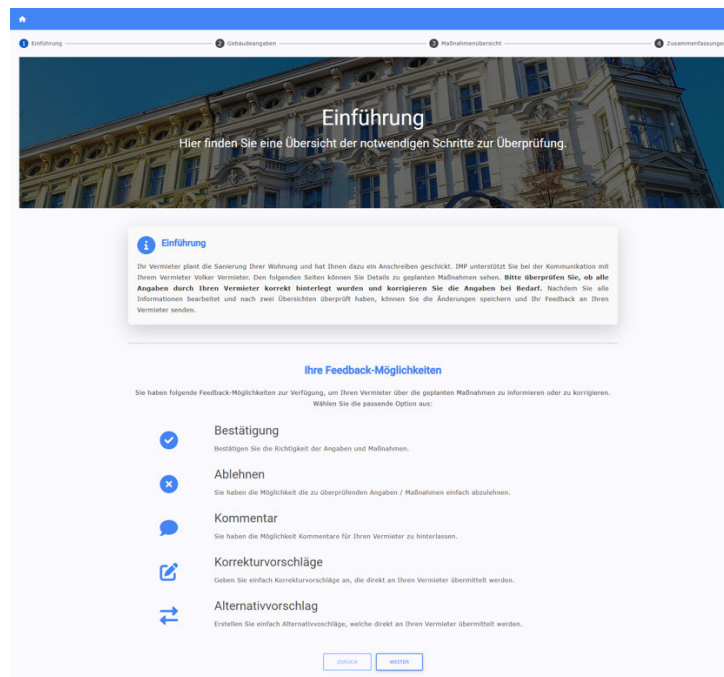


Abbildung 6: Ablaufseite Version A
Quelle: Eigene Darstellung

Version B (s. Abbildung 7) unterscheidet sich inhaltlich nicht von Version A, um eine konsistente Wissensvermittlung zu gewährleisten. Die Nutzer:innen erhalten dieselben Informationen über den Ablauf und die Feedback-Möglichkeiten. Das visuelle Design hingegen wurde in Anlehnung an die Startseite dieser Version bewusst schlicht und wenig ansprechend gestaltet. Die Seite bleibt weiterhin in einem grauen Farbschema gehalten, wodurch kein ästhetischer Gesamteindruck entsteht. Auf Icons für die Feedback-Möglichkeiten wird verzichtet, was gegen die vierte Heuristik „Consistency and Standards“ verstößt. Auch die Stepper-Leiste wurde vollständig weggelassen. Dadurch erhalten die Nutzer:innen keine visuelle Rückmeldung über ihren aktuellen Systemstatus und es besteht keine Möglichkeit, flexibel zwischen den Prozessschritten zu navigieren. Dies führt zu einer bewussten Einschränkung der Nutzerkontrolle und verstößt gegen die erste und dritte Heuristik „Visibility of System Status“ und „User Control and Freedom“. Die Navigation wird zwar ebenfalls durch „Weiter“- und „Zurück“-Buttons ergänzt, allerdings bleibt der „Zurück“-Button über den gesamten Prozess hinweg deaktiviert. Somit wird die Freiheit der Nutzer:innen nochmals gezielt eingeschränkt, da ihnen keine Möglichkeit gegeben wird, im Prozess einen Schritt zurückzugehen oder sich frei zu bewegen.

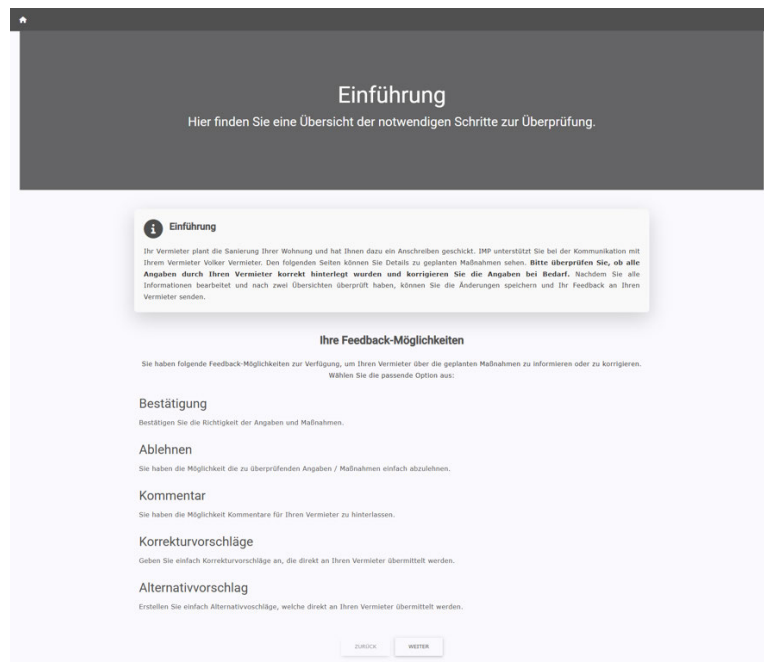


Abbildung 7: Ablaufseite Version B
Quelle: Eigene Darstellung

4.3 Erfassung der Gebäudedaten – Validierung und Korrektur durch die Nutzer:innen

Die dritte Seite der Anwendung markiert den Übergang von der reinen Information zur aktiven Interaktion durch die Nutzer:innen. Ziel dieser Seite ist es, die bereits vorgegebenen Gebäudedaten, bestehend aus den Feldern „Adresse“, „Baujahr“, „Wohnfläche“ und „Energieträger“, transparent darzustellen und den Nutzer:innen die Möglichkeit zu geben, diese Daten zu überprüfen und bei Bedarf zu korrigieren. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Benutzerführung, da einige der initial vorgegebenen Daten („Hausnummer“, „Postleitzahl“ und „Wohnfläche“) bewusst fehlerhaft sind und von den Teilnehmenden korrigiert werden müssen.

In Version A (s. Abbildung 8) wurde der Fokus daraufgelegt, die Nutzer:innen aktiv beim Prüfen und Bearbeiten der Daten zu unterstützen. Zu Beginn erhalten die Nutzer:innen eine kurze, prägnante Einweisung, die erläutert, welche Aufgaben auf der Seite zu erledigen sind und wie potenzielle Fehlerquellen vermieden werden können. Dies entspricht der siebten Heuristik „Help and Documentation“ nach Nielsen. Ergänzend wurden sogenannte Tooltips (s. Abbildung 9 & Abbildung 10) verwendet, die als kontextbezogene Hilfestellungen direkt neben den jeweiligen Feldern und Buttons eingebunden sind. Diese „Pull Revelations“ (Kendrick, 2020) informieren die Nutzer:innen gezielt, ohne das Interface zu überfrachten.

Auch die Implementierung der Bestätigungs-Buttons folgt klar den Anforderungen der fünften Heuristik „Error Prevention“. Um sicherzustellen, dass die Buttons als klickbare Elemente erkannt werden, wurde besonderes Augenmerk auf die visuelle Gestaltung gelegt. Die Buttons sind umrandet, besitzen einen leichten Schatten und zeigen beim Überfahren mit der Maus (Hover) sowie beim Klicken eine optische

Veränderung. Dadurch wird den Nutzer:innen durch sogenannte Affordanzen vermittelt, dass es sich um interaktive Elemente handelt (Laubheimer, 2015a). Diese visuelle Gestaltung der Buttons wurde konsistent auf allen Seiten der Webseite eingesetzt.

Abbildung 8: Gebäudedaten-Seite Version A
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 9: Tooltip der Postleitzahl bei Version A der Gebäudedaten-Seite
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 10: Tooltip des Bestätigungs-Buttons bei Version A der Gebäudedaten-Seite
Quelle: Eigene Darstellung

Für das Feld „Baujahr“ wurde zusätzlich ein Modal implementiert (s. Abbildung 11), das über ein Fragezeichen-Symbol abrufbar ist. Dieses bietet den Nutzer:innen weiterführende Informationen zur Einschätzung des korrekten Baujahrs und unterstützt ebenfalls die neunte Heuristik „Help and Documentation“. Weiterhin wurden für alle Eingabefelder Validierungsmechanismen eingebaut. Diese verhindern die Eingabe fehlerhafter Daten und tragen somit maßgeblich zur Umsetzung der fünften Heuristik „Error Prevention“ bei. Bei fehlerhaften Eingaben werden unmittelbar Fehlermeldungen angezeigt, die den Nutzer:innen konkrete Hinweise darauf geben, welche Eingaben unzulässig sind (s. Abbildung 12). Gleichzeitig wird die neunte Heuristik „Help Users Recognize, Diagnose, and Recover

from Errors“ berücksichtigt, indem den Nutzer:innen ermöglicht wird, Fehler schnell zu erkennen und zu beheben. Erfolgreiche Eingaben werden visuell bestätigt, sodass den Nutzer:innen jederzeit ein klares Feedback über den aktuellen Systemstatus gegeben wird (s. Abbildung 13).



Abbildung 11: Modal der Baujahrhilfe der Version A der Gebäudedaten-Seite
Quelle: Eigene Darstellung



Abbildung 12: Validierung der Eingabe der Postleitzahl
Quelle: Eigene Darstellung

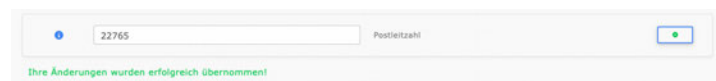


Abbildung 13: Bestätigung der erfolgreichen Eingabe der Postleitzahl
Quelle: Eigene Darstellung

Im Gegensatz dazu verzichtet Version B (s. Abbildung 14) auf eine aktive Unterstützung der Nutzer:innen. Auf dieser Seite fehlt jegliche explizite Einweisung oder Hilfestellung. Lediglich die Überschrift und die Struktur der Seite lassen erahnen, dass die Gebäudedaten überprüft und gegebenenfalls geändert werden sollen. Es fehlen sowohl Tooltips als auch Beschriftungen der Felder, wodurch die Nutzer:innen keine klare Orientierung erhalten. Diese Umsetzung widerspricht der zehnten Heuristik „Help and Documentation“, da keinerlei Unterstützung bei der korrekten Bearbeitung angeboten wird.

Die Gefahr von Eingabefehlern wird in Version B zusätzlich dadurch erhöht, dass bewusst auf Validierungen und Fehlermeldungen verzichtet wurde. Nutzer:innen erhalten keine Rückmeldung, ob ihre Eingabe korrekt ist, was gegen die fünfte Heuristik „Error Prevention“ verstößt. Die Bestätigungs-Buttons sind visuell stark reduziert, sodass deren Funktionalität nicht unmittelbar erkennbar ist. Auch der Hover-Effekt und die visuelle Rückmeldung nach erfolgreicher Eingabe wurden entfernt. Dadurch wird den Nutzer:innen keine Information über den aktuellen Systemstatus vermittelt, was einen klaren Verstoß gegen die erste Heuristik „Visibility of System Status“ sowie die Neunte „Help Users Recognize, Diagnose, and Recover from Errors“ darstellt.

Abbildung 14: Gebäudedaten-Seite Version B
Quelle: Eigene Darstellung

Zusätzlich wurde der „Zurück“-Button, wie bereits auf den vorherigen Seiten, dauerhaft deaktiviert. Dies schränkt die Freiheit der Nutzer:innen weiter ein, da keine Möglichkeit besteht, den Prozess zu unterbrechen oder zu einem vorherigen Schritt zurückzukehren. Zur zusätzlichen Erschwerung wurde ein Timer eingebaut, der nach Betätigung des „Weiter“-Buttons eine Verzögerung von fünf Sekunden auslöst, bevor die nächste Seite geladen wird. Auch diese Maßnahme trägt zur gezielten Einschränkung der Nutzerfreundlichkeit in Version B bei.

4.4 Erfassung der persönlichen und wohnungsbezogenen Daten – Validierung und Korrektur durch die Nutzer:innen

Die vierte Seite ist in ihrer Funktionalität der dritten Seite sehr ähnlich. Hier liegt der Fokus auf der Überprüfung und gegebenenfalls Korrektur der persönlichen Angaben der Nutzer:innen sowie wohnungsbezogener Daten. Die Nutzer:innen werden dazu aufgefordert, vorgegebene Informationen wie Name, Vorname und Wohnungsdaten zu prüfen. Im Unterschied zur vorherigen Seite wurde hier nur eine falsche Angabe eingebaut. Der Nachname der Mieterin ist inkorrekt und muss entsprechend korrigiert werden.

In Version A (s. Abbildung 15) ist die Seite analog zur vorherigen aufgebaut. Auch hier erhalten die Nutzer:innen zu Beginn einen kurzen, prägnanten Text, der den Zweck der Seite und die zu erledigende Aufgabe erklärt. Ergänzend dazu wurden erneut Tooltips verwendet, die den Nutzer:innen direkt kontextbezogene Hinweise geben. Die einzelnen Eingabefelder sind klar benannt, um potenzielle Fehler bei der Dateneingabe zu minimieren. Auf diese Weise wird gezielt die sechste Heuristik „Recognition rather than recall“ angewendet. Durch den wiederkehrenden Aufbau der Seite sowie die gleiche Struktur der Formulare sollen die Nutzer:innen bereits erlernte Interaktionsmuster aus dem vorherigen Schritt problemlos wiedererkennen und anwenden können. Dies verringert die kognitive Belastung und unterstützt eine flüssige Bearbeitung. Darüber hinaus wurden sämtliche bereits auf Seite 3 umgesetzten Heuristiken erneut berücksichtigt. Dazu zählen unter anderem die Heuristiken „Help and

Documentation“ (Heuristik 10), „Error Prevention“ (Heuristik 5), „Help Users Recognize, Diagnose, and Recover from Errors“ (Heuristik 9) sowie eine klare visuelle Gestaltung der Buttons zur Bestätigung der Eingaben. Ebenso erfolgt auch hier eine visuelle Rückmeldung bei erfolgreicher Eingabe, um den Nutzer:innen den aktuellen Systemstatus transparent zu machen.

Abbildung 15: Seite der persönlichen Angaben Version A
Quelle: Eigene Darstellung

Version B (s. Abbildung 16) übernimmt, ähnlich wie auf der dritten Seite, die Prinzipien einer absichtlich eingeschränkten Usability. Es fehlt erneut eine kurze Beschreibung, die den Nutzer:innen erklärt, welche Aufgabe auf dieser Seite zu erfüllen ist. Die Eingabefelder sind unbeschriftet, wodurch keinerlei Hilfestellung zur korrekten Bearbeitung gegeben wird. Auch hier wurde bewusst auf die Integration von Tooltips und erläuternden Texten verzichtet, was gegen die zehnte Heuristik „Help and Documentation“ verstößt. Zudem ist das visuelle Erscheinungsbild der Bestätigungs-Buttons verändert worden. Diese sind in ihrer Gestaltung stark reduziert, sodass ihre Funktion als klickbare Elemente für die Nutzer:innen nicht direkt ersichtlich ist. Auf eine Validierung der Eingaben wurde ebenfalls verzichtet. Es erfolgt keine Fehlermeldung bei falscher Eingabe, wodurch die Gefahr fehlerhafter Angaben bewusst erhöht wird. Dies widerspricht der fünften und neunten Heuristik „Error Prevention“ und „Help Users Recognize, Diagnose, and Recover from Errors“. Insgesamt wurden die schlechte Bedienbarkeit und die fehlende Unterstützung aus der vorherigen Seite konsequent übernommen, um die Interaktion für die Nutzer:innen möglichst herausfordernd zu gestalten.

Abbildung 16: Seite der persönlichen Angaben Version B
Quelle: Eigene Darstellung

4.5 Auswahl energetischer Sanierungsmaßnahmen – Interaktive Auswahl in 2D/3D-Visualisierung

Die fünfte Seite stellt eine der zentralen Seiten der Anwendung dar. Ziel dieser Seite ist es, dass die Nutzer:innen interaktiv Maßnahmen zur energetischen Sanierung des Gebäudes auswählen und hinzufügen, die von der Mieterin gewünscht werden. Die Aufgabe geht explizit aus den bereitgestellten Unterlagen hervor und erfordert eine bewusste Interaktion mit den zur Verfügung stehenden Optionen.

In Version A (s. Abbildung 17) wurde hierfür ein interaktives 3D-Modell eingesetzt. Das Modell basiert auf einem BIM-Modell im IFC-Format und wurde mithilfe der Bibliothek „That Open Company“ sowie Three.js in die Anwendung integriert. „That Open Company“ ist eine auf JavaScript und TypeScript spezialisierte Bibliothek, die es ermöglicht, 3D-BIM-Modelle in bestehende Webanwendungen einzubinden. Three.js fungiert als WebGL-Engine zur Darstellung von 3D-Inhalten im Browser. Beide Bibliotheken wurden kombiniert, um eine flüssige und funktionale Darstellung des Gebäudemodells zu gewährleisten.

Die Steuerung des 3D-Modells ist bewusst einfach gehalten. Nutzer:innen können das Modell durch gedrücktes Halten der linken Maustaste drehen, mit der rechten Maustaste horizontal und vertikal verschieben und über das Mauselement herein- bzw. herauszoomen. Um eine Maßnahme hinzuzufügen, genügt ein Klick auf das gewünschte Bauelement. Anschließend wählen die Nutzer:innen im darunterliegenden Dropdown-Menü eine Maßnahme aus und bestätigen ihre Auswahl über den Bestätigungs-Button. Nach der Bestätigung wird das jeweilige Element farblich eingefärbt, wobei jede Maßnahme einer spezifischen Farbe zugeordnet ist. Parallel dazu wird die hinzugefügte Maßnahme in eine übersichtliche Tabelle eingetragen. Eine Änderung der Maßnahmen erfolgt analog zum Hinzufügen, indem der Vorgang einfach mit einer neuen Auswahl wiederholt wird. Maßnahmen können zudem über ein Papierkorb-Symbol in der Tabelle entfernt werden.

Um den Workflow verständlich und benutzerfreundlich zu gestalten, wurde unterhalb der Überschrift eine Beschreibung der Aufgabe eingefügt. Diese wurde mithilfe eines Card-Elements hervorgehoben,

um die achte Heuristik „Aesthetic and Minimalist Design“ zu berücksichtigen. Zusätzlich wurde die neunte Heuristik „Help and Documentation“ umgesetzt. Neben dem Dropdown-Menü befindet sich ein Tooltip, der darauf hinweist, dass hier das Material der Maßnahme ausgewählt werden muss. Auch der Bestätigungs-Button enthält einen Tooltip, der die Funktion noch einmal verdeutlicht.

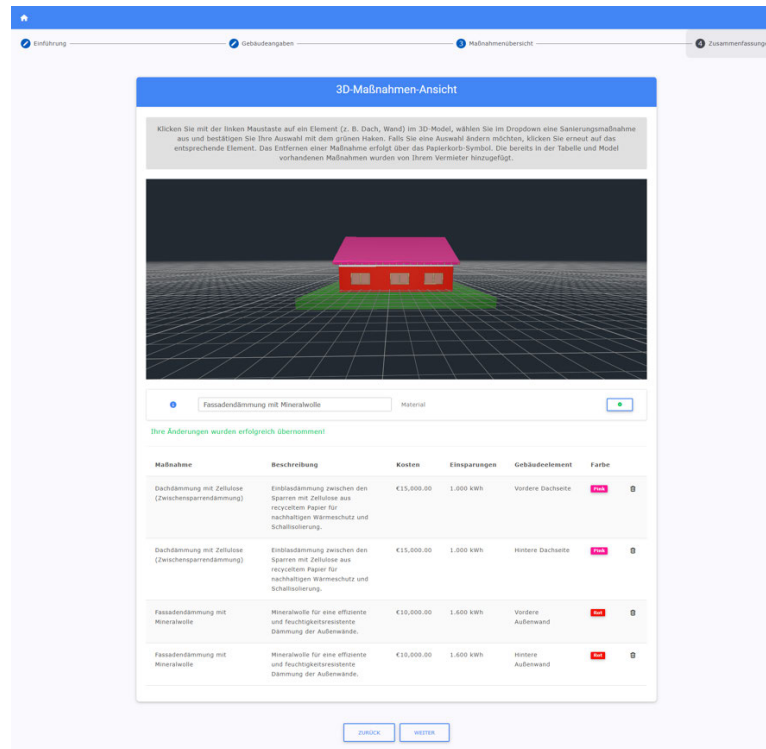


Abbildung 17: Maßnahmenseite Version A
Quelle: Eigene Darstellung

Zur Fehlervermeidung wurde das Dropdown-Menü bewusst gewählt, um potenzielle Eingabefehler zu verhindern. Damit wird die fünfte Heuristik „Error Prevention“ berücksichtigt. Die Maßnahmen-Tabelle ist klar strukturiert und orientiert sich ebenfalls an den Heuristiken. Sie wurde so gestaltet, dass sie ein minimalistisches, aber dennoch informatives Design bietet (achte Heuristik „Aesthetic and Minimalist Design“) und den Nutzer:innen die Möglichkeit gibt, Maßnahmen zu entfernen (dritte Heuristik „User Control and Freedom“). Das Papierkorb-Symbol stellt eine gelernte Konvention für das Löschen dar und folgt damit der vierten Heuristik „Consistency and Standards“. Das Entfernen von Maßnahmen unterstützt zudem die Nutzer:innen dabei, den Umgang mit dem 3D-Modell zu erlernen und Fehler zu korrigieren (neunte Heuristik „Help Users Recognize, Diagnose, and Recover from Errors“). Da der Umgang mit 3D-Modellen für viele Nutzer:innen ungewohnt sein kann, wurde bewusst die Möglichkeit geschaffen, durch Try & Error die Bedienung zu erlernen. Um eine klare Zuordnung zwischen Modell und Tabelle zu gewährleisten, werden die ausgewählten Bauelemente im Modell farblich hervorgehoben. In der Tabelle wird diese Farbe ebenfalls angezeigt, um die Übersichtlichkeit zu fördern.

Die Seite der Version B (s. Abbildung 18) unterscheidet sich signifikant von Version A. Anstelle eines interaktiven 3D-Modells werden hier lediglich Screenshots des Modells aus verschiedenen Perspektiven

angezeigt. Insgesamt wurden 16 unterschiedliche Bildkombinationen erstellt, die sämtliche möglichen Maßnahmenkombinationen visuell darstellen. Grundlage bilden dabei die vier auswählbaren Bauelemente: Dach vorne, Dach hinten, Außenwand vorne, Außenwand hinten. Jede Maßnahme konnte individuell einem dieser Elemente zugewiesen werden, wodurch sich die 16 Varianten ergaben, die jeweils entsprechend der Auswahl angezeigt wurden.

Der Workflow zum Hinzufügen einer Maßnahme unterscheidet sich ebenfalls grundlegend. In Version B erfolgt dies über zwei übereinander angeordnete Dropdown-Menüs. Das obere Dropdown ermöglicht die Auswahl der Maßnahme, während im unteren Dropdown das jeweilige Bauelement gewählt werden kann. Nach Auswahl beider Parameter muss die Auswahl zusätzlich über einen Bestätigungs-Button auf der rechten Seite bestätigt werden. Erst nach der Bestätigung wird das passende Bild angezeigt. Es wird geprüft, welche Kombinationen von Maßnahmen und Bauelementen aktuell in der Tabelle hinterlegt sind. Das angezeigte Bild hebt die betroffenen Gebäudeelemente gelb hervor. Eine Änderung der Maßnahmen ist nur möglich, indem das entsprechende Bauelement zunächst aus der Tabelle gelöscht wird. Hierfür wird ein „X“-Symbol am Ende jeder Tabellenzeile verwendet. Erst nach dem Entfernen steht das Bauelement wieder zur Verfügung.

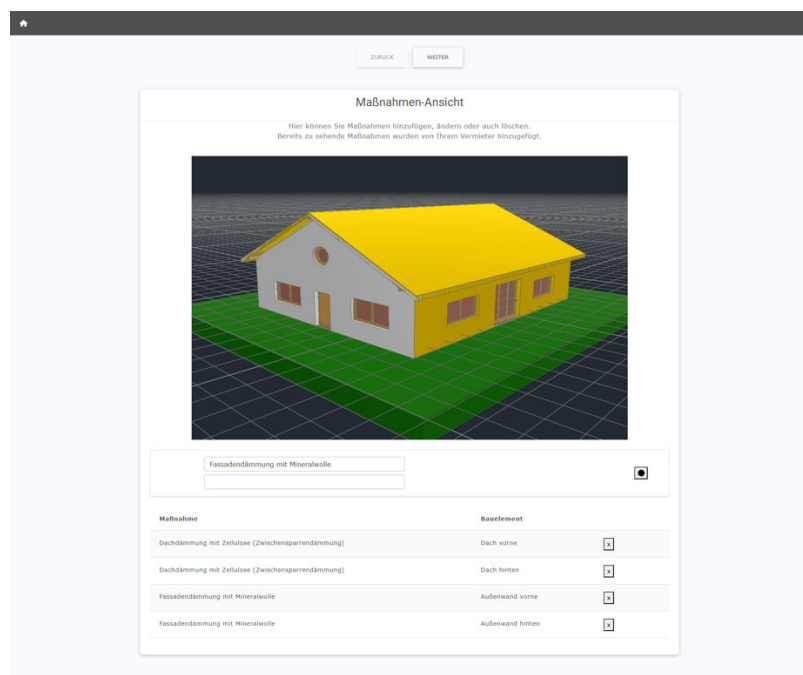


Abbildung 18: Maßnahmenseite Version B
Quelle: Eigene Darstellung

Obwohl auch Version B eine kurze Beschreibung der Aufgabe enthält, wird lediglich erklärt, was auf dieser Seite möglich ist. Eine detaillierte Anleitung zum Hinzufügen oder Entfernen von Maßnahmen fehlt vollständig. Die Beschreibung wird zudem nicht durch ein Card-Element hervorgehoben, was gegen die achte Heuristik „Aesthetic and Minimalist Design“ sowie die neunte Heuristik „Help and Documentation“ verstößt. Auch Tooltips oder andere Hilfestellungen sind nicht vorhanden. Die

Dropdown-Menüs enthalten keine Hinweise auf deren Funktion, was ebenfalls die genannten Heuristiken verletzt.

Das gesamte Design der Seite ist darauf ausgelegt, gegen die fünfte Heuristik „Error Prevention“ zu verstoßen. Der Bestätigungs-Button ist visuell unauffällig gestaltet und kaum als solcher erkennbar. Die Maßnahmen-Tabelle ist äußerst nüchtern gehalten und enthält lediglich die Maßnahme und das Bauelement. Weitere Informationen sind nicht ersichtlich. Zudem wird das für das Löschen genutzte „X“-Symbol nicht unmittelbar mit der Funktion des Löschens assoziiert. Dies widerspricht der vierten Heuristik „Consistency and Standards“ sowie erneut der achten Heuristik, da wichtige Informationen fehlen und gelernte Konventionen ignoriert werden.

Ein weiterer signifikanter Unterschied besteht in der Platzierung der Navigations-Buttons. Während der „Zurück“- und „Weiter“-Button in den vorherigen Seiten stets am unteren Rand der Seite positioniert waren, befinden sie sich auf dieser Seite oben. Dies widerspricht nicht nur der vierten Heuristik „Consistency and Standards“, sondern auch dem mentalen Modell der Nutzer:innen, die sich durch die bisherige Navigation daran gewöhnt haben, die Buttons unten zu finden.

4.6 Maßnahmenübersicht – Zusammenfassung der gewählten Optionen

Die sechste Seite der Anwendung dient der Übersicht über die von den Nutzer:innen sowie vom Vermieter vorgeschlagenen Maßnahmen zur energetischen Sanierung. Sie soll den Teilnehmenden einen klaren Überblick darüber bieten, welche Maßnahmen im finalen Vorschlag enthalten sind und gleichzeitig die Möglichkeit geben, die getroffenen Entscheidungen zu kontrollieren. So können die Nutzer:innen überprüfen, ob sie die gewünschten Maßnahmen korrekt ausgewählt haben und welche Maßnahmen vom Vermieter vorgeschlagen wurden.

Version A (s. Abbildung 19) dieser Seite wurde bewusst einfach und übersichtlich gestaltet. Zu Beginn findet sich eine kurze Beschreibung, die den Zweck und den Aufbau der Tabelle erläutert. Die Tabelle besteht aus drei Spalten, einer Spalte für die Übersicht der Maßnahmen, einer Spalte für die vom Nutzer vorgeschlagenen Maßnahmen und einer Spalte für die vom Vermieter vorgeschlagenen Maßnahmen. In diesem konkreten Fall werden zwei Maßnahmen dargestellt. Die erste Maßnahme wurde sowohl vom Vermieter vorgeschlagen als auch vom Nutzer akzeptiert, was durch grüne Häkchen in beiden Spalten visualisiert wird. Die zweite Maßnahme wurde ausschließlich von den Nutzer:innen vorgeschlagen, was durch ein grünes Häkchen in der Nutzer-Spalte und ein rotes Kreuz in der Vermieter-Spalte dargestellt wird.

Bei der Gestaltung dieser Tabelle wurde besonders auf Übersichtlichkeit geachtet. Die Seite folgt der achten Heuristik „Aesthetic and Minimalist Design“, indem das Layout klar strukturiert und ohne überflüssige Elemente gehalten ist. Die Verwendung typischer Icons wie grüne Häkchen und rote Kreuze unterstützt zusätzlich die vierte Heuristik „Consistency and Standards“, da die Nutzer:innen vertraute Symbole erkennen und schnell interpretieren können. Zudem sorgt die visuelle

Gegenüberstellung der Maßnahmen dafür, dass die Nutzer:innen direkt den aktuellen Stand ihrer Auswahl erfassen können, was der ersten Heuristik „Visibility of System Status“ entspricht. Durch das klare Layout und die Reduzierung auf das Wesentliche wird außerdem die sechste Heuristik „Recognition rather than Recall“ erfüllt, da keine zusätzlichen Informationen im Kopf behalten werden müssen.

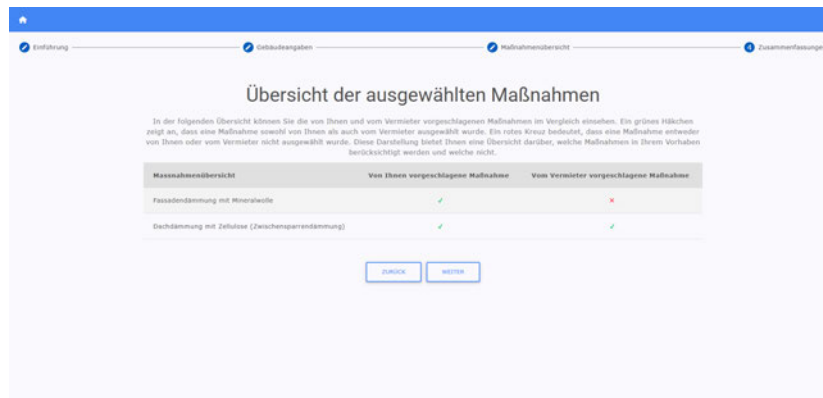


Abbildung 19: Maßnahmenübersicht-Seite Version A
Quelle: Eigene Darstellung

In Version B (s. Abbildung 20) wurde versucht, denselben Inhalt zu vermitteln, jedoch unterscheidet sich die Umsetzung grundlegend. Hier wurde eine deutlich kürzere Beschreibung verwendet, die weniger erklärend ist. Statt einer gemeinsamen Tabelle werden die Maßnahmen in zwei separaten Tabellen dargestellt. Die obere Tabelle listet die Maßnahmen auf, die von den Teilnehmenden vorgeschlagen wurden, während die untere Tabelle die Maßnahmen des Vermieters zeigt. Auch in Version B wird mit Symbolen (Häkchen und Kreuz) visualisiert, ob eine Maßnahme hinzugefügt wurde oder nicht. Allerdings fehlen visuelle Hervorhebungen, wie die grüne oder rote Einfärbung der Symbole. Stattdessen sind sowohl Häkchen als auch Kreuze grau, wodurch eine klare Unterscheidung erschwert wird.

Übersicht der ausgewählten Maßnahmen

In der folgenden Übersicht können Sie die von Ihnen und vom Vermieter vorgeschlagenen Maßnahmen im Vergleich einsehen.

Maßnahmenübersicht	Von Ihnen vorgeschlagen
Fassadendämmung mit Styropor	X
Fassadendämmung mit Mineralwolle	✓
Bödenndämmung mit Polystyrol	X
Innenwanddämmung mit Holzfasernplatten	X
Fassadendämmung mit Kork	X
Außendämmung mit Vakuumdämmplatten	X
Dachdämmung mit Holzfasernplatten (Aufsparrendämmung)	X
Dachdämmung mit Zellulose (Zwischensparrendämmung)	✓

Maßnahmenübersicht	Von Vermieter vorgeschlagen
Fassadendämmung mit Styropor	X
Fassadendämmung mit Mineralwolle	X
Bödenndämmung mit Polystyrol	X
Innenwanddämmung mit Holzfasernplatten	X
Fassadendämmung mit Kork	X
Außendämmung mit Vakuumdämmplatten	X
Dachdämmung mit Holzfasernplatten (Aufsparrendämmung)	X
Dachdämmung mit Zellulose (Zwischensparrendämmung)	✓

Abbildung 20: Maßnahmenübersicht-Seite Version B
Quelle: Eigene Darstellung

Die Nutzung zweier Tabellen und die fehlende visuelle Hervorhebung widersprechen mehreren Heuristiken. Zum einen führt die Darstellung von zwei Tabellen zu einer Überlastung der Seite und erschwert die Übersicht, was gegen die achte Heuristik „Aesthetic and Minimalist Design“ verstößt. Die Nutzer:innen müssen irrelevante Informationen filtern und selbstständig beide Tabellen miteinander vergleichen, was eine unnötige kognitive Belastung verursacht. Die Übersichtlichkeit leidet dadurch erheblich. Zum anderen ist die erste Heuristik „Visibility of System Status“ nicht vollständig erfüllt, da der aktuelle Status der Maßnahmen nicht unmittelbar ersichtlich ist. Darüber hinaus wird durch die parallele Darstellung von zwei Tabellen gegen die vierte Heuristik „Consistency and Standards“ verstoßen. Die Notwendigkeit, zwei Tabellen gedanklich zusammenzuführen, entspricht nicht den üblichen, konsistenten Darstellungsmustern und weicht von gängigen Standards der Informationsdarstellung ab.

4.7 Kosten- und Einsparungsberechnung – Wirtschaftliche und ökologische Bewertung

Die siebte Seite der Anwendung verfolgt das Ziel, den Nutzer:innen einen transparenten Überblick über die finanziellen Auswirkungen und ökologischen Vorteile des vorgeschlagenen Vorhabens zu geben. Dafür werden die monatlichen Kosten klar aufgeschlüsselt, bestehend aus Kaltmiete und Nebenkosten. Die aktuellen und zukünftigen Kosten werden direkt nebeneinandergestellt, um den Nutzer:innen eine einfache Vergleichsmöglichkeit zu bieten und die Zusammensetzung der neuen Mietkosten nachvollziehbar darzustellen. Die zentrale Botschaft dieser Seite liegt darin, den Nutzer:innen zu verdeutlichen, dass sich die monatlichen Kosten zwar leicht erhöhen, dies jedoch vor allem durch die Beteiligung an den Sanierungskosten, also eine Erhöhung der Kaltmiete, geschieht, während die Nebenkosten langfristig sinken. Zusätzlich soll den Nutzer:innen vermittelt werden, dass sie durch ihre Auswahl einen positiven Beitrag zum Klimaschutz leisten, was durch die Darstellung der CO₂-

Einsparungen unterstützt wird. Ergänzend werden die Gesamtkosten der gewählten Maßnahmen übersichtlich aufgelistet, um die finanziellen Kosten transparent darzustellen. Insgesamt verfolgt die Seite die Botschaft, dass sich die energetische Sanierung trotz leicht steigender Mietkosten, sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch, lohnt.

In Version A (s. Abbildung 21) wird diese Zielsetzung konsequent umgesetzt. Direkt unter der Überschrift befindet sich eine Beschreibung, die den Nutzer:innen erläutert, was auf dieser Seite dargestellt wird. Die aktuellen monatlichen Kosten werden der zukünftigen Miete gegenübergestellt. Um die Vorteile des Vorhabens weiter zu verdeutlichen, werden die CO₂-Einsparungen in Kilogramm angegeben. Zusätzlich wird das Potenzial der CO₂-Einsparungen durch ein kreisförmiges Diagramm visualisiert, welches den Unterschied zwischen dem aktuellen und zukünftigen Ausstoß deutlich macht. Dies ermöglicht den Nutzer:innen, intuitiv zu erfassen, welchen positiven Beitrag ihre Auswahl für den Klimaschutz leistet. Ergänzend erfolgt eine Gesamtbewertung mittels eines Smileys und eines kurzen erläuternden Textes, um den Teilnehmenden ein direktes Feedback zu geben.

Am unteren Ende der Seite befindet sich eine Tabelle, die nochmals die einzelnen Maßnahmen sowie Anzahl, Kosten und Energieeinsparungen detailliert auflistet. Auf der gesamten Seite wird darauf geachtet, Nielsens erste Heuristik „Visibility of System Status“ zu erfüllen. Nutzer:innen erkennen sofort, auf welchem Stand ihr Vorhaben ist. Die Seite bietet auf einen Blick eine klare Darstellung der Kostenveränderung sowie der CO₂-Einsparungen. Darüber hinaus wurde auf die zweite Heuristik „Match Between the System and the Real World“ geachtet, indem Begriffe wie Kaltmiete, CO₂-Einsparungen und die Darstellung in Euro verwendet wurden, um einen klaren Bezug zur realen Welt herzustellen. Trotz der Vielzahl an Informationen bleibt die Seite übersichtlich und aufgeräumt, womit die achte Heuristik „Aesthetic and Minimalist Design“ erfüllt wird. Die visuelle Gegenüberstellung der Maßnahmen, Kosten und Einsparungen erleichtert den Nutzer:innen das Verständnis, ohne dass sie sich Informationen merken müssen, dies entspricht der sechsten Heuristik „Recognition Rather than Recall“. Zusätzlich sorgt das Smiley-Symbol mit der Gesamtbewertung für ein unmittelbares, einfach interpretierbares Feedback, das die erste Heuristik ebenfalls unterstützt.

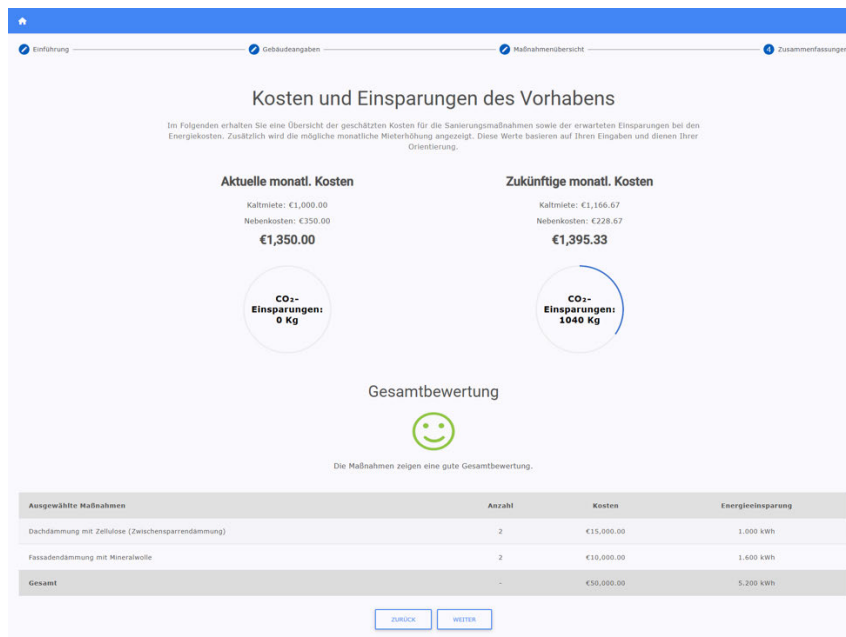


Abbildung 21: Kosten- und Einsparungsseite Version A
Quelle: Eigene Darstellung

In Version B (s. Abbildung 22) wird ebenfalls versucht, die alten und neuen monatlichen Mietkosten direkt gegenüberzustellen. Allerdings fehlt hier eine klare Erläuterung, worauf sich die einzelnen Zahlen konkret beziehen. Die Darstellung beschränkt sich lediglich auf Kaltmiete und Nebenkosten, eine erklärende Einordnung oder weiterführender Kontext bleibt aus. Die Einsparungen werden zwar in Kilogramm angegeben, doch bleibt unklar, dass es sich dabei um CO₂-Einsparungen handelt. Der Zusammenhang wird nicht explizit erläutert und ist für die Nutzer:innen somit schwer nachvollziehbar.

Die Kostenaufstellung weist zudem Inkonsistenzen in der Formatierung auf, teilweise steht das Euro-Zeichen vor dem Betrag, teilweise dahinter, und es werden irrelevante Nachkommastellen dargestellt. Eine visuelle Unterstützung, wie ein Diagramm oder eine zusammenfassende Bewertung, die den Nutzer:innen einen schnellen Gesamteindruck vermitteln würde, fehlt vollständig. Ebenso wird auf eine motivierende Rückmeldung verzichtet, die die Teilnehmenden darin bestärken könnte, die vorgeschlagenen Maßnahmen umzusetzen.

Am unteren Ende der Seite befindet sich auch hier eine Tabelle, in der die einzelnen Maßnahmen mit Anzahl, Kosten und Energieeinsparungen aufgelistet sind. Allerdings fehlt in dieser Version eine abschließende Zeile, die die Gesamtkosten und die gesamte Energieeinsparung übersichtlich zusammenfasst.

Kosten und Einsparungen des Vorhabens			
Kaltmiete: €1.000,00 Nebenkosten: 350 € Einsparungen 0 Kg		Kaltmiete: 1166.6666666666667 € Nebenkosten: €238,67 Einsparungen 1040 Kg	
Maßnahme	Anzahl	Kosten	Energieeinsparung
Dachdämmung mit Zellulose (Zwischensparrendämmung)	2	€15.000,00	1.000 kWh
Fassadendämmung mit Mineralwolle	2	€10.000,00	1.400 kWh
ZURÜCK WEITER			

Abbildung 22: Kosten- und Einsparungsseite Version B
Quelle: Eigene Darstellung

Die fehlende visuelle Hervorhebung der aktuellen und zukünftigen Kosten sowie der Einsparungen erschwert es den Nutzer:innen, einen klaren Unterschied zwischen dem Ist- und Soll-Zustand auszumachen, wodurch gegen die erste Heuristik „Visibility Of System Status“ verstoßen wird. Zwar ist das Layout schlicht gehalten, doch werden unterstützende visuelle Elemente wie Diagramme oder zusammenfassende Bewertungen nicht genutzt, was gegen die achte Heuristik „Aesthetic And Minimalist Design“ verstößt. Die Informationen sind zudem nicht so aufbereitet, dass sie intuitiv erkannt werden können. Die Nutzer:innen müssen eigenständig den Zusammenhang zwischen den Zahlen erschließen, was der sechsten Heuristik „Recognition Rather Than Recall“ widerspricht. Weiterhin wird gegen die zweite Heuristik „Match Between The System And The Real World“ verstoßen, da Begriffe wie „Einsparungen“ ohne weiteren Kontext verwendet werden und die Darstellung der Währung uneinheitlich erfolgt. Dies verstößt gleichzeitig gegen die vierte Heuristik „Consistency And Standards“.

4.8 Überprüfung aller Angaben – Abschließende Validierung durch die Nutzer:innen

Die achte Seite der Anwendung dient als Review-Seite, auf der die Nutzer:innen alle zuvor gemachten Angaben noch einmal übersichtlich einsehen und überprüfen können. Diese Überprüfung umfasst die Eingaben aus Seite 3 (Adress- und Gebäudeangaben) sowie Seite 4 (Wohnungs- und Personendaten) und bietet den Teilnehmenden die Möglichkeit, ihre Angaben abschließend zu kontrollieren, bevor diese final an den Vermieter übermittelt werden. Dies ist besonders wichtig, da die Korrektur dieser Angaben Bestandteil der zu lösenden Aufgabe war und Fehler vermieden werden sollen.

In Version A (s. Abbildung 23) ist die Aufgabenstellung dieser Seite klar erkennbar. Direkt unter der Überschrift befindet sich eine Beschreibung, die den Nutzer:innen erklärt, dass sie hier ihre bereits getätigten Angaben prüfen und, sofern alles korrekt ist, an den Vermieter zurücksenden können. Zusätzlich wird den Teilnehmenden erläutert, dass ihre geänderten Angaben farblich markiert sind, um die Kontrolle zu erleichtern. Die Tabelle auf dieser Seite ist bewusst einfach aufgebaut. In der ersten Spalte „Informationen“ sind die Felder der Seiten 3 und 4 gelistet, während die zweite Spalte „Ihre Angaben“ die von den Nutzer:innen eingegebenen Informationen enthält. Angaben, die von den

Teilnehmenden geändert wurden, sind dabei durch eine rote Umrandung hervorgehoben, sodass Fehler oder Korrekturen sofort ersichtlich sind.

Informationen	Ihre Angaben
Vorname	Marie
Nachname	Holzer
Straße	Hamburgerstraße
Hausnummer	1
Postleitzahl	22765
Stadt	Hamburg
Baujahr	1955
Gesamtwohlfäche	240 m²
Beschreibung	OG Rechts
Wohnungsgröße	120 m²
Energieträger	Erdgas

ZURÜCK ABSENDEN

Abbildung 23: Review-Seite Version A
Quelle: Eigene Darstellung

Mit dieser Gestaltung wird gezielt Nielsen's erste Heuristik „Visibility Of System Status“ umgesetzt, da den Nutzer:innen sofort ersichtlich ist, ob ihre Angaben korrekt sind. Zudem wird die fünfte Heuristik „Error Prevention“ berücksichtigt, da visuell darauf hingewiesen wird, wenn eine Eingabe geändert wurde, wodurch das Risiko sinkt, versehentlich falsche Daten zu übermitteln. Auch die neunte Heuristik „Help Users Recognize, Diagnose, And Recover From Errors“ wird erfüllt, da Fehler direkt erkannt und gegebenenfalls korrigiert werden können. Darüber hinaus bleibt die Kontrolle über den Prozess vollständig bei den Nutzer:innen, was der dritten Heuristik „User Control And Freedom“ entspricht. Über die Navigation haben sie die Möglichkeit, jederzeit zurückzugehen und Eingaben anzupassen.

Eine Besonderheit stellt die Navigation am unteren Seitenrand dar. Anstatt wie auf den vorherigen Seiten die Buttons „Zurück“ und „Weiter“ zu nutzen, wurde der „Weiter“-Button durch den Button „Absenden“ ersetzt. Diese Anpassung soll den Nutzer:innen verdeutlichen, dass sie sich im letzten Schritt befinden und ihre Angaben nun final übermittelt werden. Dies unterstreicht erneut die Umsetzung der ersten Heuristik „Visibility of System Status“.

In Version B (s. Abbildung 24) hingegen fehlt eine klare Erklärung der Aufgabe. Einziger Hinweis ist die Überschrift „Ihre Angaben“, doch es wird nicht explizit darauf eingegangen, dass die Teilnehmer:innen ihre Angaben prüfen und bei Bedarf korrigieren sollen. Zudem enthält die Tabelle keine Spaltenbeschriftungen, wodurch unklar bleibt, welche Informationen in den jeweiligen Spalten dargestellt werden. Auch eine visuelle Hervorhebung geänderter Angaben ist nicht vorhanden. Diese Gestaltung verstößt gegen die erste Heuristik „Visibility of System Status“, da den Nutzer:innen nicht unmittelbar ersichtlich ist, welche ihrer Angaben korrekt sind oder welche sie bearbeitet haben.

Ein weiterer Verstoß gegen die erste Heuristik findet sich in der Navigation. Der „Weiter“-Button suggeriert, dass es nach diesem Schritt noch weitere Seiten gibt. Tatsächlich jedoch wird durch das Klicken auf „Weiter“ der Prozess abgeschlossen und die Angaben an den Vermieter gesendet. Dies führt zu einem potenziell missverständlichen Bedienerlebnis. Darüber hinaus wird gegen die fünfte Heuristik „Error Prevention“ sowie die neunte Heuristik „Help Users Recognize, Diagnose, And Recover From Errors“ verstoßen. Durch das Fehlen klarer Hinweise und visuellem Feedback ist die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass falsche Angaben übermittelt werden. Zudem besteht keine Möglichkeit für die Nutzer:innen, Eingaben nachträglich zu korrigieren, da der „Zurück“-Button deaktiviert ist und die Navigation zur Startseite über das Home-Symbol ebenfalls nicht funktioniert. Dadurch wird die Kontrolle der Nutzer:innen über den Prozess deutlich eingeschränkt, was einen klaren Verstoß gegen die dritte Heuristik „User Control And Freedom“ darstellt.

Ihre Angaben	
Vorname	Maria
Nachname	Müllerin
Straße	Hamburgerstraße
Hausnummer	1
Postleitzahl	22765
Stadt	Hamburg
Baujahr	1955
Gesamtwohlfäche	240 m²
Bezeichnung	OG Rechts
Wohnungsgröße	120 m²
Energieträger	Erdgas

ZURÜCK WEITER

Abbildung 24: Review-Seite Version B
Quelle: Eigene Darstellung

4.9 Finalisierung – Abschluss des Szenarios

Die neunte Seite der Anwendung stellt die Abschlussseite dar und dient dem Zweck, den Teilnehmer:innen eine klare Rückmeldung darüber zu geben, dass der Prozess der Plattform erfolgreich abgeschlossen wurde und die Daten an den Vermieter übermittelt wurden.

In Version A (s. Abbildung 25) wird dieser Abschluss direkt und eindeutig kommuniziert. Bereits die prominent platzierte Überschrift „Geschafft!“ signalisiert den Nutzer:innen unmissverständlich, dass der Prozess erfolgreich beendet ist. Unterhalb der Überschrift befindet sich eine kurze Beschreibung, die diesen Eindruck bestätigt und explizit darauf hinweist, dass die eingegebenen Daten nun an den Vermieter übermittelt wurden. Ergänzt wird diese positive Rückmeldung durch die Darstellung eines grünen Haken-Symbols. Dieses visuelle Element soll den erfolgreichen Abschluss zusätzlich unterstreichen und den Nutzer:innen ein positives Feedback vermitteln.

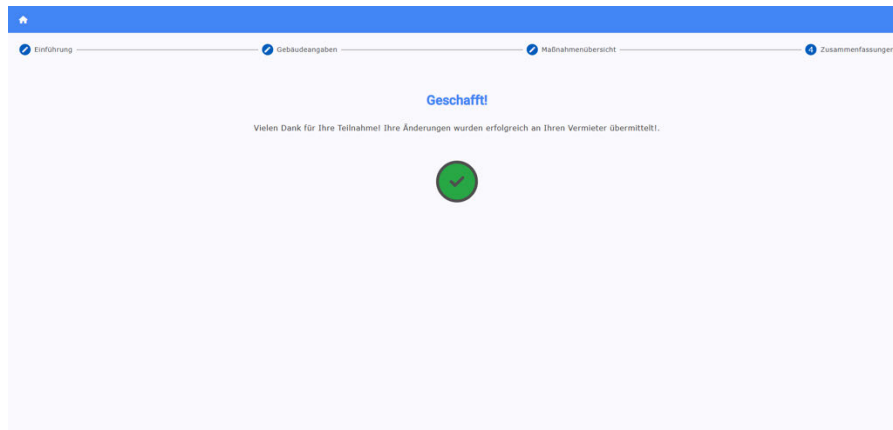


Abbildung 25: Abschluss-Seite Version A
Quelle: Eigene Darstellung

Damit werden auf dieser Seite gezielt mehrere Heuristiken berücksichtigt. Die erste Heuristik „Visibility of System Status“ wird konsequent umgesetzt, da die Nutzer:innen unmittelbar erkennen, dass der Prozess abgeschlossen ist. Die Seite folgt außerdem der achten Heuristik „Aesthetic and Minimalist Design“, indem sie bewusst schlicht gehalten ist und sich auf die wesentliche Botschaft konzentriert. Durch die Verwendung des grünen Hakens wird zudem die vierte Heuristik „Consistency and Standards“ berücksichtigt, da hierbei etablierte visuelle Konventionen genutzt werden, die allgemein mit einem erfolgreichen Abschluss assoziiert werden.

Im Gegensatz dazu fällt die Gestaltung in Version B (s. Abbildung 26) deutlich reduzierter aus. Hier wird lediglich ein kurzer Schriftzug mit „Danke, Ihre Änderungen wurden abgeschickt.“ angezeigt, der darauf hinweist, dass die Änderungen an den Vermieter übermittelt wurden. Jedoch fehlt eine klar hervorgehobene, eindeutige Message, dass der gesamte Prozess damit abgeschlossen ist. Der Text ist zudem relativ klein gehalten und befindet sich unauffällig in der oberen Ecke der Seite, was es für die Nutzer:innen schwierig macht, ihn im ersten Moment wahrzunehmen.

Durch diese Gestaltung verstößt Version B gegen mehrere Heuristiken. Zum einen wird die erste Heuristik „Visibility Of System Status“ nicht ausreichend erfüllt, da den Nutzer:innen keine klare Rückmeldung gegeben wird, ob der Prozess erfolgreich abgeschlossen wurde. Zum anderen wird gegen die achte Heuristik „Aesthetic And Minimalist Design“ verstoßen, da der Abschluss nicht visuell ansprechend oder übersichtlich dargestellt ist. Es fehlt eine Überschrift oder grafische Elemente, die den Abschluss deutlich machen würden. Zudem besteht die Gefahr, dass Nutzer:innen aufgrund der unklaren Darstellung unsicher sind, ob sie den Prozess korrekt abgeschlossen haben. Dies kann zu Fehlhandlungen wie einem Neuladen der Seite führen, was gegen die fünfte Heuristik „Error Prevention“ verstößt. Auch wird gegen die sechste Heuristik „Recognition Rather Than Recall“ verstoßen, da die Nutzer:innen selbst interpretieren müssen, ob der Prozess erfolgreich beendet wurde oder nicht.



Abbildung 26: Abschluss-Seite Version B
Quelle: Eigene Darstellung

5 Datenaufbereitung und statistische Analyseverfahren

Für die statistische Auswertung wurden vor allem Methoden verwendet, die in der Literatur am häufigsten zur Analyse physiologischer Messungen im Kontext der Usability-Forschung eingesetzt werden. Ähnlich wie in vergleichbaren Studien setzt sich die Analyse aus mehreren Schritten zusammen. Zunächst wurde eine deskriptive Statistik durchgeführt, um zentrale Tendenzen und Streuungsmaße der erhobenen Daten darzustellen. Im Anschluss folgte eine Korrelationsanalyse, die insbesondere dazu genutzt wurde, Zusammenhänge zwischen objektiven physiologischen Messwerten und subjektiv wahrgenommenen Nutzererfahrungen zu untersuchen. Darüber hinaus kamen Signifikanztests zum Einsatz, mit denen geprüft wurde, ob sich die Messwerte zwischen zwei Vergleichsgruppen statistisch signifikant unterscheiden.

Die gesamte statistische Analyse wurde mit der Programmiersprache Python (Version 3.12) umgesetzt. Für die Datenaufbereitung wurde primär das Paket *pandas* verwendet, während *numpy* zur numerischen Analyse diente. Die inferenzstatistischen Tests wurden mithilfe der Bibliothek *scipy.stats* durchgeführt. Zur grafischen Darstellung der Ergebnisse kamen *matplotlib* und *seaborn* zum Einsatz. Im folgenden Kapitel werden die einzelnen statistischen Auswertungsverfahren im Detail erläutert.

5.1 Datenaufbereitung

Die Aufbereitung der Rohdaten erfolgte durch die Nutzung interner R-Skripte, die in der iMotions-Software ab Version 8.0 integriert sind. Diese Skripte übernehmen automatisiert die Extraktion und Verarbeitung der erhobenen Messdaten. Dabei werden wesentliche Schritte der Signalverarbeitung durchgeführt, wie etwa die Filterung, Normalisierung oder die Definition spezifischer Messwerte. Ziel dieses Prozesses ist es, die Daten in einer vorstrukturierten und analysierbaren Form bereitzustellen. Im Rahmen dieser Arbeit kamen hierfür spezifizierte R-Notebooks zum Einsatz, die jeweils auf die Analyse der jeweiligen Metriken abgestimmt sind. Ausgewählt wurden: „GSR Signal Quality“ und „GSR Peak Detection“ für Galvanic Skin Response (GSR), „FEA Thresholding“ für Facial Expression Analysis

(FEA) sowie „I-VT Filter“ für Eye-Tracking-Daten (iMotions, 2023). Die Rohdaten aus den R-Skripten befinden sich in Anhang 5, 6, und 7. Die Rohdaten für das Eye-Tracking befinden sich auf dem USB-Stick, der zur Abgabe bereitgestellt wird.

Das R-Notebook „GSR Signal Quality“ diente der Bewertung der Signalqualität der mit dem Shimmer3 GSR+ erhobenen GSR-Daten. Hierbei wurden zwei Metriken berechnet, zum einen die „Signal-to-Noise Ratio“ (SNR), die das Verhältnis zwischen Signalstärke und Rauschanteil in Dezibel angibt. Zum anderen wurde die Metrik „Signal Missing“ bestimmt, die den prozentualen Anteil fehlender Signalabschnitte angibt. Diese Metriken ermöglichen eine objektive Einschätzung der Qualität der erfassten GSR-Signale (iMotions, 2022a).

Das zweite für die GSR-Daten eingesetzte Notebook war „GSR Peak Detection“. Es identifiziert und aggregiert GSR-Peaks, die als physiologische Indikatoren für autonome Erregung interpretiert werden können. Der Analyseprozess umfasst zunächst eine Interpolation fehlender Werte sowie die Trennung des GSR-Signals in eine tonische und eine phasische Komponente. Zur Rauschunterdrückung wird ein Tiefpassfilter angewendet. Die Erkennung eines Peaks erfolgt, wenn die Amplitude der phasischen Komponente einen vordefinierten Schwellenwert überschreitet und für eine bestimmte Mindestdauer bestehen bleibt. Erfasst werden hierbei unter anderem die Anzahl der Peaks, Peaks pro Minute sowie die durchschnittliche Amplitude in Mikrosiemens (μS) (iMotions, 2024).

Für die Auswertung der Gesichtsausdrücke wurde das R-Notebook „FEA Thresholding“ eingesetzt. Es verarbeitet die kontinuierlichen Confidence Scores des Affectiva AFFDEX-Algorithmus, um binäre Klassifikationen einzelner Gesichtsausdrücke zu erzeugen. Wird ein definierter Schwellenwert erreicht oder überschritten, gilt der entsprechende Ausdruck als präsent (1), andernfalls als nicht präsent (0). Zusätzlich werden Beginn (Onset) und Ende (Offset) jedes Ausdrucksegments erfasst. Die ermittelten Metriken umfassen unter anderem den prozentualen Anteil der Zeit mit einem bestimmten Ausdruck, die Anzahl der Segmente mit dem Ausdruck sowie deren Beginn und Ende. Die verwendeten Standardschwellenwerte liegen für Emotionen bei 50 %, für Valence bei +50 (positiv) bzw. -50 (negativ) (iMotions, 2025).

Zur Analyse der Eye-Tracking-Daten wurde das R-Notebook „I-VT Filter“ verwendet. Es dient der Klassifikation von Blickbewegungen in Fixationen und Sakkaden auf Basis der Augenbewegungsgeschwindigkeit. Zunächst wird ein durchschnittlicher Gaze-Punkt aus den Messwerten beider Augen berechnet. Zur Reduktion des Messrauschens werden ein „Moving Average Filter“ sowie ein Medianfilter angewendet. Im Anschluss erfolgt die Berechnung der Winkelgeschwindigkeit, auf deren Basis die Einordnung als Fixation (unterhalb eines Schwellenwerts) oder Sakkade (gleich oder oberhalb des Schwellenwerts) erfolgt. Ergänzend werden benachbarte Fixationen zusammengeführt, sofern sie zeitlich und räumlich nahe beieinander liegen. Sehr kurze Fixationen, z. B. unter 100 Millisekunden, werden ausgeschlossen. Die daraus abgeleiteten Metriken

umfassen unter anderem Start- und Endzeitpunkt sowie Dauer der jeweiligen Fixationen und Sakkaden (iMotions, 2022b).

5.2 Deskriptive Statistik

Für die Analyse der deskriptiven Kennwerte der verschiedenen Metriken, darunter die Galvanic Skin Response (GSR), Facial Expression Analysis (FEA), Eye-Tracking-Daten, die Durchführungsdauer sowie der User Experience Questionnaire (UEQ) wurde die Programmiersprache Python verwendet. Als Grundlage dienten dabei bereits vorverarbeitete Datensätze, die zuvor mithilfe eines R-Skripts aus iMotions exportiert worden waren.

Im ersten Schritt wurden die Daten für jede Metrik bereinigt. Dabei wurde eigene Hilfsfunktionen eingesetzt, die unter anderem fehlerhafte oder unvollständige Einträge entfernten und eine einheitliche Datenstruktur sicherstellten. Anschließend erfolgte die Berechnung zentraler statistischer Kennwerte darunter Mittelwert, Median und Standardabweichung getrennt für jede Versuchsgruppe.

Zur Visualisierung der Daten wurden verschiedene Diagrammformen genutzt, um die Verteilung der Gruppen anschaulich darzustellen. Dafür wurden Boxplots und Balkendiagramme genutzt, die einen direkten Vergleich beide Gruppen zulassen. Abschließend wurden alle berechneten Statistiken in strukturierter Form gespeichert, um eine spätere Weiterverwendung zu ermöglichen. Diese Schritte wurden für alle Metriken gleich durchgeführt.

Für die Galvanic Skin Response (GSR) wurden die drei Metriken „Peak Count“, „Average Peak Amplitude“ und „Peaks Per Minute“ aus den Daten aus dem R-Skript verarbeitet. Dafür wurden zunächst die Daten geladen und NaN-Werte durch 0 ersetzt. Im nächsten Schritt wurden danach die deskriptiven Kennwerte berechnet (s. Codeblock 1). Diese Schritte wurden für beide Gruppen durchgeführt. Im letzten Schritt wurden die berechneten Kennwerte als Boxplots und Balkendiagramme dargestellt.

Codeblock 1: Verarbeitung der GSR-Daten für Gruppe A
Quelle: Eigene Darstellung

```
1 # Organize data
2 df_group_a = OrganizeData.load_data(path=GROUP_A_PROCESSED_GSR_METRICS)
3 OrganizeData.clean_gsr_data(None, df=df_group_a)
4 gsr_stats_group_a = OrganizeData.calculate_gsr_stats(None, df=df_group_a)
```

Für die Facial Expression Analysis (FEA) wurden die Metriken „Core Emotions“, „Positive And Negative Valence“ und „Neutral Expressions“ analysiert. Dafür wurden zunächst die Daten geladen und danach die einzelnen Metriken untersucht. Dabei wurde für jede Metrik zunächst gezählt, wie viele Personen den Threshold für die jeweilige Metrik überschritten haben und danach der prozentuale Anteil der Metrik über die Gesamtdauer des Gesamtstimulus aller Teilnehmer:innen berechnet. Danach wurden

auch hier die deskriptiven Kennwerte berechnet (s. Codeblock 2). Am Ende wurden die berechneten Ergebnisse in Form von Balkendiagrammen visuell dargestellt. Dieser Vorgang wurde für beide Gruppen parallel durchgeführt.

Codeblock 2: Verarbeitung der Kernemotionen der FEA-Daten und Berechnung der deskriptiven Kennwerte für Gruppe B

Quelle: Eigene Darstellung

```
1 # Analyze core emotions
2         df_core_emotion_detection_group_b =
FeaDataAnalysis.count_values_over_threshold(None, df_group_b, 0,
core_emotions_frames, 'group_b')
3         df_emotion_percentages_group_b =
FeaDataAnalysis.calculate_emotion_percentages(df_group_b,
core_emotions_frames, 'group_b')
4 group_b_stats = FeaDataAnalysis.calculate_fea_stats(df_group_b)
```

Auch für die Durchführungsdauer („Duration“) wurden zunächst die Daten geladen, bevor die deskriptiven Kennwerte berechnet wurden. Zusätzlich wurden die Ergebnisse danach noch von Millisekunden in Minuten umgerechnet (s. Codeblock 3). Diese Schritte wurden für beiden Gruppen durchgeführt, bevor die Ergebnisse in Form von einem Boxplot und Balkendiagramm dargestellt wurden.

Codeblock 3: Laden der Durchführungsdauer, Berechnung deskriptiver Kennwerte und Umrechnung in Minuten

Quelle: Eigene Darstellung

```
1 df_group_a = OrganizeData.load_data(path=GROUP_A_PROCESSED_FEA_METRICS)
2 duration_stats_group_a = DurationAnalysis.calculate_duration_stats(self
= None, df = df_group_a)
3 df_group_a['Duration (ms)'] = df_group_a['Duration (ms)'].apply(lambda ms:
ms/60000)
```

Für das Eye-Tracking war der Workflow leicht anders als für die vorherigen Metriken, da die Ergebnisse aus den R-Skripts für alle Teilnehmenden als eigene Datei geliefert wurden. Daher wurden zunächst die Dateien der einzelnen Personen geladen, bevor die eigentliche Analyse stattfand (s. Codeblock 4).

Codeblock 4: Laden der berechneten Eye-Tracking Metriken für alle Teilnehmenden

Quelle: Eigene Darstellung

```
1 data_files = {
2     "A01": A01_PROCESSED_GAZE_ANALYSIS,
3     "A02": A02_PROCESSED_GAZE_ANALYSIS,
4     "A03": A03_PROCESSED_GAZE_ANALYSIS,
5     "A04": A04_PROCESSED_GAZE_ANALYSIS,
6     "A05": A05_PROCESSED_GAZE_ANALYSIS
7 }
```

Danach wurden, wie bei den vorherigen physiologischen Parametern, zunächst die NaN-Werte entfernt, bevor die deskriptiven Kennwerte berechnet wurden. Die zu untersuchenden Metriken waren dabei die “Total Fixation Duration”, die “Average Fixation Duration”, “Fixation Count”, “Total Saccades Duration”, “Average Saccades Duration” und der “Saccades Count”. Um nur gültige Fixationen und Sakkaden zu betrachten, wurden alle Zeilen ohne einen eindeutigen Fixations- oder Sakkadenindex pro Stimulus entfernt. Danach wurden zusätzlich doppelte Fixationen entfernt, um Mehrfachzählungen zu vermeiden (s. Codeblock 5). Anschließend wurden die deskriptiven Kennwerte berechnet. Nach der Berechnung der deskriptiven Kennwerte für die jeweiligen Metriken wurden die Daten zusammengelegt und als CSV-Datei gespeichert.

Codeblock 5: Berechnung der gesamten und durchschnittlichen Fixationsdauer pro Teilnehmer:in
Quelle: Eigene Darstellung

```
1 df_fixations = df_fixations.dropna(subset=["Fixation Index by Stimulus"])
2 df_unique_fixations = df_fixations.drop_duplicates(subset=["Respondent Name", "Fixation Index by Stimulus"])
3 df_total_fixation_duration = df_unique_fixations.groupby("Respondent Name")["Fixation Duration"].sum().reset_index()
4 df_average_fixation_duration = df_unique_fixations.groupby("Respondent Name")["Fixation Duration"].mean().reset_index()
```

Diese Schritte wurden für beide Gruppen durchgeführt. Danach wurden die Ergebnisse in verschiedenen Boxplots und Balkendiagramme visualisiert.

Der gesamte Code zur Berechnung der deskriptiven Kennwerte findet sich im Auswertungs-Repository, welches in den abzugebenden Unterlagen enthalten ist.

5.3 Korrelationsanalyse

Nach der Auswertung der deskriptiven Kennwerte wurde eine Korrelationsanalyse durchgeführt, um mögliche Zusammenhänge zwischen objektiven und subjektiven Messgrößen zu untersuchen. Dabei wurden die während der Studie erhobenen physiologischen Daten mit den Ergebnissen des Fragebogens auf Korrelationen geprüft. Zusätzlich wurde analysiert, ob zwischen den Werten der Emotionserkennung und der galvanischen Hautreaktion (GSR) statistisch signifikante Zusammenhänge bestehen.

Im ersten Schritt wurden dafür die jeweiligen Daten geladen und bereinigt. Danach wurden aus dem jeweiligen Datensatz die numerischen Metriken übernommen. Dabei handelt es sich um dieselben Metriken, wie bei der Berechnung der deskriptiven Kennwerte. Für die Korrelationsanalyse wurden anschließend die Daten aus den physiologischen Messungen mit den Daten aus dem User Experience Questionnaire (UEQ) verknüpft. Bevor die Korrelationsanalyse durchgeführt wurde, wurde zunächst anhand des Shapiro-Wilk-Tests überprüft, ob die Daten normalverteilt sind. Im Code wird der Shapiro-Wilk-Test aus dem Paket `scipy.stats` aufgerufen. Das Paket stellt verschiedene statistische Tests bereit, darunter auch den Shapiro-Wilk-Test. Dabei gibt die Funktion zwei Werte zurück, zum einen *stat*, den

Teststatistik-Wert und p , den p -Wert des Tests (s. Codeblock 6). Dabei wird der p -Wert verwendet, um zu entscheiden, ob eine Variable normalverteilt ist, oder nicht. Wenn der p -Wert kleiner als 0,05 ist, ist die Verteilung nicht normal, ist der Wert größer als 0,05 ist die Verteilung normal. Auf der Basis der Ergebnisse wurde daraufhin entschieden die Spearman-Korrelation, statt der Pearson-Korrelation, zu verwenden (s. Anhang 11 und 12).

Codeblock 6: Berechnung des Shapiro-Wilk-Tests
Quelle: Eigene Darstellung

```
1 stat, p = shapiro(df_combined[col])
```

Die Spearman-Korrelation wurde aus dem Paket *pandas* verwendet. Dabei wird eine paarweise Korrelationsmatrix für alle numerischen Variablen berechnet. Als Ergebnis bekommt man eine symmetrische Tabelle (Matrix), in der jede Zelle den Spearman-Korrelationskoeffizienten enthält. Für die Darstellung der Korrelationsmatrix wurde eine Heatmap verwendet. Die Heatmap wird auf der Basis des Korrelationskoeffizienten gebildet und mit *seaborn.heatmap* visualisiert. Durch die Heatmap werden die Zusammenhänge zwischen den physiologischen Daten und den Dimensionen des UEQs visualisiert, wodurch einfach Rückschlüsse auf mögliche Zusammenhänge gezogen werden konnten (s. Codeblock 7).

Codeblock 7: Berechnung der Spearman-Korrelation und Visualisierung der Korrelationsmatrix als Heatmap
Quelle: Eigene Darstellung

```
1 df_numeric = df_combined.select_dtypes(include=["number"])
2 correlation_matrix = df_numeric.corr(method="spearman")
3 sns.heatmap(correlation_matrix, annot=True, cmap="coolwarm", fmt=".2f",
linewidths=0.5)
```

5.4 Signifikanztests

Das Vorgehen zur Durchführung der Signifikanztests folgt einem ähnlichen Ablauf wie bei den vorherigen statistischen Verfahren. Zunächst wurde die Metrik geladen, die auf Signifikanz geprüft werden sollte. Um eine fehlerfreie Berechnung sicherzustellen, wurden anschließend alle fehlenden Werte (NaN) durch den Wert 0 ersetzt. Danach erfolgte die Durchführung des Signifikanztests. Aufgrund der nicht normalen Verteilung (Shapiro-Wilk-Test) und der kleinen Stichprobe wurde der Mann-Whitney-U-Tests zur Überprüfung auf Unterschiede genutzt. Er wurde aus der Bibliothek *scipy.stats* genutzt, die eine Vielzahl statistischer Verfahren bereitstellt.

Der Test liefert zwei Ergebnisse, u_stat , den U-Wert, der die Differenz der Rangsummen zwischen den Gruppen beschreibt, und u_p , den zugehörigen p -Wert. Als Eingabe wurden die beiden Stichproben df_group_a und df_group_b übergeben. Zusätzlich wurde der Parameter *alternative='two-sided'* gesetzt, wodurch geprüft wird, ob zwischen den Gruppen ein Unterschied in beide Richtungen (größer oder kleiner) besteht. Mit dem Parameter *method='exact'* wurde eine exakte Berechnung des p -Werts vorgenommen, wodurch sichergestellt wurde, dass die p -Werte auf der exakten

Wahrscheinlichkeitsberechnung basieren (s. Codeblock 8). Außerdem liefert diese Methode vor allem bei kleineren Stichproben zuverlässigere Ergebnisse. Zur Bewertung der Signifikanz wurde ein Signifikanzniveau von 0,05 verwendet. Liegt der p-Wert darunter, gilt der Unterschied zwischen den Gruppen als statistisch signifikant. Abschließend wurden die Testergebnisse in einer CSV-Datei gespeichert.

Codeblock 8: Berechnung Mann-Whitney-U-Tests
Quelle: Eigene Darstellung

```
1 u_stat, u_p = mannwhitneyu(df_group_a, df_group_b, alternative='two-sided',  
2 method='exact')
```

5.5 Visuelle Darstellung des Eye-Trackings – Heatmaps und Scanpfade

Die Darstellung von Heatmaps und Scanpfaden wurde mithilfe der iMotions Software erstellt. Dabei werden Heatmaps bei iMotions automatisch für jede Analyse erstellt, sofern Eye-Tracking Daten vorhanden sind, und konnten direkt aus der Software exportiert werden. Auch die Visualisierung und der Export der Scanpfade erfolgten über iMotions, allerdings müssen diese manuell erstellt werden. Hierfür wurde das sogenannte „Gaze Mapping Tool“ verwendet. Ziel dieses Verfahrens ist es, die dynamischen Augenbewegungen der Teilnehmenden auf ein statisches Referenzbild zu übertragen. Dazu wurden zunächst Screenshots der jeweiligen Seiten beider Webseitenversionen erstellt. Für jede Versuchsperson konnten anschließend die entsprechenden Scanpfade erzeugt werden. Dafür wurden im ersten Schritt Screenshots der einzelnen Seiten beider Versionen erstellt. Folgend wurde der Startpunkt des Gaze Mappings definiert und anschließend der passende Screenshot der betrachteten Seite geladen. Danach wurde das Endzeitintervall festgelegt und im letzten Schritt der Bilderkennungsalgorithmus gestartet. Dieser Algorithmus erkennt visuelle Merkmale im Referenzbild und ordnet die aufgezeichneten Blickpunkte entsprechend zu. Der Ablauf wurde für alle Teilnehmer:innen und alle betrachteten Seiten beider Versionen durchgeführt.

6 Ergebnisse

6.1 Ergebnisse der deskriptiven Statistik

Die deskriptive Analyse basierte auf Mittelwert, Median, Standardabweichung und Boxplots. Abbildung 27 zeigt die Verteilungen der GSR-Peaks beider Gruppen. In Gruppe A liegt der Median bei 3 Peaks, das untere Quartil leicht über null, das obere bei etwa 20 Peaks. Der untere Whisker reicht bis 0 Peaks, der obere bis knapp unter 40 Peaks. Der Mittelwert beträgt 12,8 Peaks bei einer Standardabweichung von 15,96. Insgesamt zeigt sich eine geringe Streuung, beeinflusst durch vereinzelte Ausreißer.

Tabelle 2: Deskriptive Kennwerte der Anzahl der GSR-Peaks

Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	3	40
Mittelwert	12.8	41.4
Standardabweichung	15.96	31.33

In Gruppe B liegt der Median bei 40 Peaks und damit höher als in Gruppe A. Das untere Quartil liegt bei etwa 30, das obere bei 41–42 Peaks. Es traten keine klassischen Whisker auf, sondern zwei Ausreißer, einer knapp über 0 und einer nahe 100 Peaks. Der Mittelwert beträgt 41,4 Peaks, die Standardabweichung 31,33, was die starke Streuung unterstreicht. Insgesamt weist Gruppe B sowohl einen deutlich höheren Median und Mittelwert als auch eine größere Streuung ($SD = 31,33$) im Vergleich zu Gruppe A ($SD = 15,96$) auf (s. Tabelle 2).

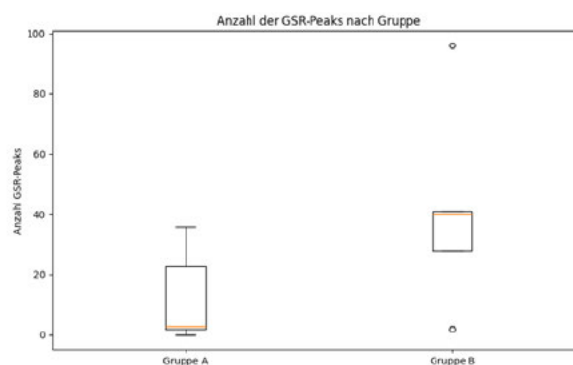


Abbildung 27: Boxplot der GSR-Peaks nach Gruppe

Quelle: Eigene Darstellung

Bei den Peaks pro Minute liegt der Median von Gruppe A bei 0,81, der Mittelwert bei 2,52 ($SD = 2,95$). Der Interquartilsabstand (IQR) reicht von etwa 0,5 bis knapp unter 6 Peaks pro Minute. Die Whisker erstrecken sich von 0 bis 6 Peaks pro Minute (s. Abbildung 28). In Gruppe B liegt der Median bei 8,32 Peaks pro Minute, der Mittelwert bei 6,72 ($SD = 4,17$). Der IQR reicht von etwa 5 bis 9 Peaks pro Minute, die Werte spannen von nahe 0 bis etwa 11 Peaks pro Minute. Gruppe A weist insgesamt

niedrigere Kennwerte auf als Gruppe B. Zudem ist die Streuung in Gruppe B ($SD = 4,17$) größer als in Gruppe A ($SD = 2,95$) (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Deskriptive Kennwerte der Peaks pro Minute
Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	0,81	8,32
Mittelwert	2,52	6,72
Standardabweichung	2,95	4,17

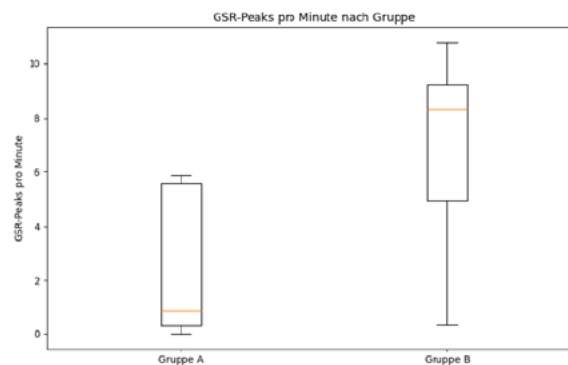


Abbildung 28: Boxplot der GSR-Peaks pro Minute nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Die letzte GSR-Metrik betrifft die durchschnittliche Peak-Amplitude (s. Abbildung 29). In Gruppe A liegt der Median bei $0,0102 \mu S$, der Mittelwert bei $0,01 \mu S$ ($SD = 0,01 \mu S$). Der Wertebereich reicht von nahe $0 \mu S$ bis etwa $0,03 \mu S$. Der IQR erstreckt sich von etwa $0,01 \mu S$ bis $0,02 \mu S$. Insgesamt zeigt sich eine geringe Streuung. In Gruppe B liegt der Median bei $0,0708 \mu S$, der Mittelwert bei $0,07 \mu S$ ($SD = 0,05 \mu S$). Aufgrund der Streuung bei Gruppe B zeigt der Boxplot keine Whisker, sondern Ausreißer bei etwa $0,01 \mu S$ und $0,14 \mu S$. Der IQR reicht von etwa $0,065 \mu S$ bis $0,085 \mu S$. Insgesamt weist Gruppe B eine breite Streuung auf. Der Vergleich zeigt, dass die durchschnittliche GSR-Peak-Amplitude in Gruppe B höher ist als in Gruppe A. Auch der Interquartilsabstand und die Streuung ($SD = 0,05 \mu S$) sind in Gruppe B größer als in Gruppe A ($SD = 0,01 \mu S$) (s. Tabelle 4).

Tabelle 4: Deskriptive Kennwerte der durchschnittlichen Peak-Amplitude
Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	0,0102	0,0708
Mittelwert	0,01	0,07
Standardabweichung	0,01	0,05

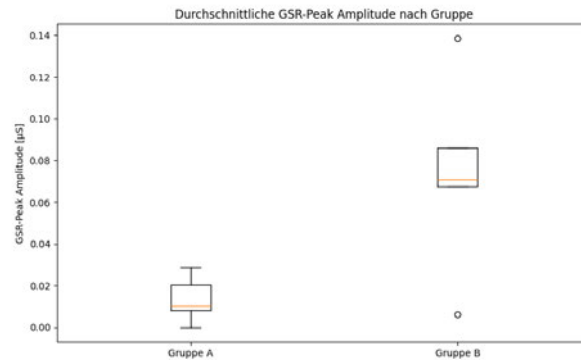


Abbildung 29: Boxplot der durchschnittlichen GSR-Peak Amplitude nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Im nächsten Schritt wurde die deskriptive Statistik der Facial Expression Analysis (FEA) betrachtet. Untersucht wurden die sieben Grundemotionen, positive, negative und neutrale Valenz sowie neutrale Ausdrücke. Zunächst wurde analysiert, bei wie vielen Teilnehmern jede Grundemotion (Anger, Sadness, Disgust, Fear, Joy, Surprise, Contempt) mindestens einmal detektiert wurde. Zusätzlich wurden die deskriptiven Kennwerte berechnet, basierend auf der Anzahl der Frames, in denen die jeweilige Emotion den Schwellenwert überschritt.

Bei „Anger“ liegt der Median in Gruppe A bei 0 Frames, der Mittelwert bei 42,4 (SD = 60,9). In Gruppe B beträgt der Median 6 Frames, der Mittelwert 13,6 (SD = 20,01). In Gruppe A überschritten zwei Teilnehmende den Schwellenwert, in Gruppe B vier. Während die durchschnittliche Frame-Anzahl in Gruppe A höher ist, sind Median und die Anzahl der Personen über dem Schwellenwert in Gruppe B größer. Bei „Sadness“ beträgt der Median in Gruppe A 0 Frames, der Mittelwert 48,6 (SD = 90,87). In Gruppe B liegt der Median bei 18 Frames, der Mittelwert bei 16,8 (SD = 17,05). In Gruppe A überschritten zwei Teilnehmende den Schwellenwert, in Gruppe B drei. Gruppe A zeigt einen höheren Mittelwert und eine stärkere Streuung, während in Gruppe B mehr Teilnehmende den Schwellenwert übertrugen. Bei „Disgust“ liegt der Median in beiden Gruppen bei 0. In Gruppe A beträgt der Mittelwert 6,8 Frames (SD = 10,55), in Gruppe B 15 Frames (SD = 30,3). In beiden Gruppen überschritten zwei Teilnehmende den Schwellenwert. Gruppe B weist einen höheren Mittelwert und eine größere Streuung auf. Bei der Emotion „Fear“ beträgt der Median in Gruppe A 0 Frames, der Mittelwert 40,4 (SD = 66,43). In Gruppe B liegt der Median bei 112 Frames, der Mittelwert bei 131,6 (SD = 114,15). In Gruppe A überschritten zwei, in Gruppe B vier Teilnehmende den Schwellenwert. Insgesamt zeigt Gruppe B sowohl höhere deskriptive Kennwerte als auch mehr Detektionen. Bei „Joy“ liegt der Median in Gruppe A bei 76 Frames, der Mittelwert bei 227 (SD = 383,37). In Gruppe B beträgt der Median 128, der Mittelwert 230 Frames (SD = 232,19). In Gruppe A überschritten drei, in Gruppe B vier Teilnehmende den Schwellenwert. Beide Gruppen zeigen ähnliche Mittelwerte, wobei Gruppe A eine größere Streuung und Gruppe B höhere Median- und Überschreitungswerte aufweist. Bei „Surprise“ liegt der Median in Gruppe A bei 0 Frames, der Mittelwert bei 44,8 (SD = 62,03). In Gruppe B beträgt der Median 125, der

Mittelwert 203,4 (SD = 243,04). In Gruppe A überschritten zwei, in Gruppe B vier Teilnehmende den Schwellenwert. Alle Kennwerte sind in Gruppe B höher. Bei der letzten Emotion „Contempt“ liegt der Median in beiden Gruppen bei 0. In Gruppe A beträgt der Mittelwert 3,2 Frames (SD = 5,22), in Gruppe B 21,8 (SD = 45,47). In beiden Gruppen überschritten zwei Teilnehmende den Schwellenwert. Gruppe B zeigt einen höheren Mittelwert und eine größere Streuung. Der Vergleich zeigt, dass für die meisten Emotionen die Anzahl der Frames mit detektierten Ausprägungen in Gruppe B höher ist als in Gruppe A. Besonders bei Fear, Joy und Surprise liegen sowohl Median als auch Mittelwert über den Werten von Gruppe A. Zudem überschreiten in Gruppe B mehr Teilnehmende den Schwellenwert. Die Schwellenwerte für die einzelnen Emotionen finden sich in Abbildung 30. Die Ergebnisse der deskriptiven Analyse finden sich in Anhang 8 und 9.

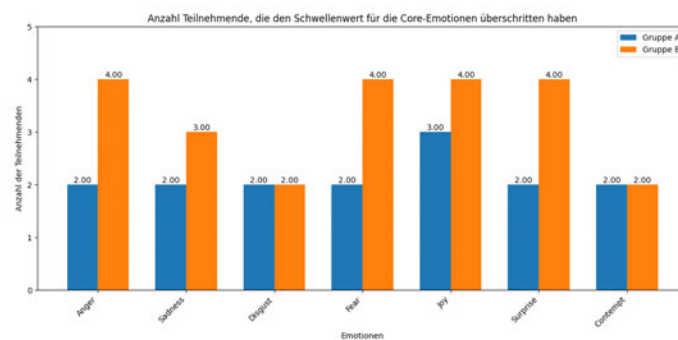


Abbildung 30: Säulendiagramm der sieben Kern-Emotionen nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Zur weiteren Analyse wurde der prozentuale Anteil der sieben Kern-Emotionen an der gesamten Interaktionsdauer berechnet (Abbildung 31). Der Anteil der Emotion „Anger“ beträgt in Gruppe A 0,46 % und in Gruppe B 0,13 %. Für „Sadness“ liegt der Anteil bei 0,53 % in Gruppe A und 0,16 % in Gruppe B. Bei „Disgust“ zeigt sich ein leicht höherer Anteil in Gruppe B mit 0,14 % gegenüber 0,07 % in Gruppe A. Die Emotion „Fear“ tritt in Gruppe B mit 1,27 % häufiger auf als in Gruppe A mit 0,44 %. Bei „Joy“ sind die Anteile leicht höher in Gruppe A (2,45 %) im Vergleich zu Gruppe B (2,23 %). Für „Surprise“ beträgt der Anteil in Gruppe A 0,48 % und in Gruppe B 1,97 %, bei „Contempt“ 0,04 % in Gruppe A und 0,21 % in Gruppe B. Insgesamt treten bei „Fear“, „Surprise“ und „Contempt“ höhere Anteile in Gruppe B auf, während „Anger“ und „Sadness“ in Gruppe A dominieren. Die Emotion „Joy“ zeigt in beiden Gruppen vergleichbare Werte mit einem leichten Vorteil für Gruppe A.

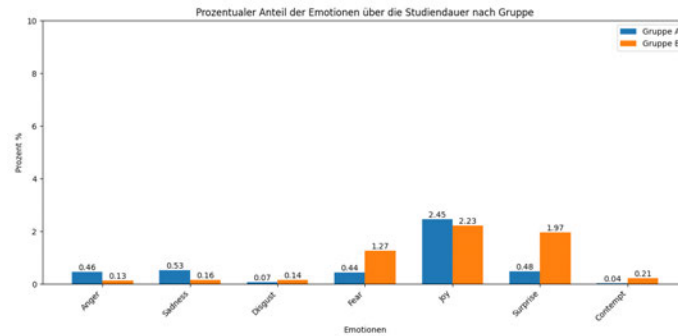


Abbildung 31: Säulendiagramm des prozentualen Anteils der sieben Kern-Emotionen nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Zur Bewertung der affektiven Ausdrücke wurde die Anzahl der Frames analysiert, in denen positive, negative oder neutrale Valenz den Schwellenwert überschritt. Die deskriptiven Kennwerte sind erneut in Anhang 8 und 9, die Anzahl der betroffenen Teilnehmenden in Abbildung 32 dargestellt. Bei der positiven Valenz liegt der Median in Gruppe A bei 109 Frames, der Mittelwert bei 276 (SD = 421). In Gruppe B beträgt der Median 108, der Mittelwert 273 (SD = 296). In Gruppe A überschreiten drei, in Gruppe B vier Teilnehmende den Schwellenwert. Die Werte sind hinsichtlich Medians und Mittelwert vergleichbar, die Streuung ist in Gruppe A höher. Bei der negativen Valenz beträgt der Median in beiden Gruppen 0. Gruppe A zeigt mit 58 Frames (SD = 90) höhere Mittelwerte als Gruppe B mit 16 Frames (SD = 12). Der Schwellenwert wird in Gruppe A von zwei, in Gruppe B von fünf Teilnehmenden überschritten. Die neutrale Valenz erreicht in beiden Gruppen die höchsten Werte. In Gruppe A liegt der Median bei 9233 Frames, der Mittelwert bei 8898 (SD = 2109). In Gruppe B beträgt der Median 8696, der Mittelwert 9995 (SD = 3283). Alle Teilnehmenden überschreiten den Schwellenwert. Gruppe A zeigt den höheren Median, Gruppe B den höheren Mittelwert und eine stärkere Streuung. Insgesamt zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen den Gruppen. Die positive Valenz ist nahezu identisch, bei negativer Valenz weist Gruppe A höhere Mittelwerte auf, während in Gruppe B mehr Teilnehmende betroffen sind. Die neutrale Valenz liegt in beiden Gruppen auf hohem Niveau, bei tendenziell stärkerer Streuung in Gruppe B.

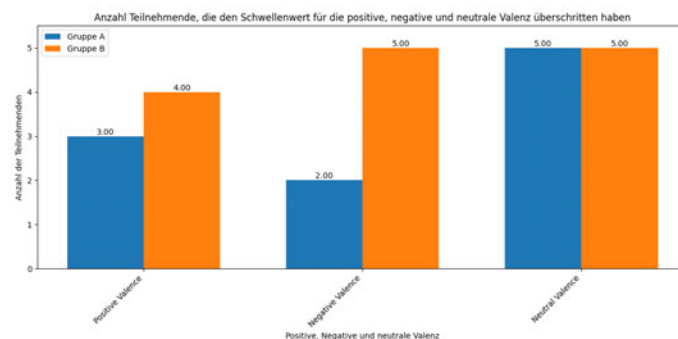


Abbildung 32: Säulendiagramm der positiven, negativen und neutralen Valenz nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Zur weiteren Analyse wurde auch bei der Valenz der prozentuale Anteil an der Gesamtdauer der Interaktion berechnet. Grundlage war der Anteil der Frames mit erkannter Valenz (über Schwellenwert) im Verhältnis zur Gesamtzahl aller Frames (s. Abbildung 33). In Gruppe A beträgt der Anteil positiver Valenz 2,99 %, in Gruppe B 2,65 %. Der Anteil negativer Valenz liegt in Gruppe A bei 0,63 % und in Gruppe B bei 0,16 %. Der Anteil neutraler Valenz ist in beiden Gruppen deutlich höher als für positive oder negative Valenz und beträgt 96,14 % in Gruppe A sowie 96,79 % in Gruppe B. Insgesamt dominiert in beiden Gruppen die neutrale Valenz. Positive und negative Valenz treten deutlich seltener auf, wobei Gruppe A bei der negativen Valenz etwas höhere Werte zeigt. Die Unterschiede bei der positiven Valenz sind minimal.

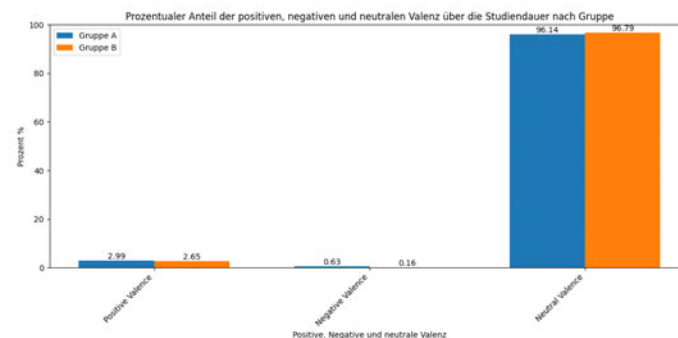


Abbildung 33: Säulendiagramm des prozentualen Anteils der positiven, negativen und neutralen Valenz nach Gruppe

Quelle: Eigene Darstellung

Zur Analyse der neutralen Gesichtsausdrücke wurde die Anzahl der Frames ausgewertet, in denen der Schwellenwert für neutrale Ausdrücke überschritten wurde (s. Abbildung 34). Anders als bei der Valenzmessung, bei der Neutralität als das Fehlen positiver oder negativer Valenz definiert wird, handelt es sich hier um explizit als neutral klassifizierte Gesichtsausdrücke. Die deskriptiven Kennwerte und die Anzahl der Teilnehmenden, die den Schwellenwert überschritten haben, sind in Anhang 6, 7, 8 und 9 dargestellt. In Gruppe A beträgt der Median 9233 Frames, der Mittelwert 8772 (SD = 2012). In Gruppe B liegt der Median bei 8218 Frames, der Mittelwert bei 9266 (SD = 2504). In beiden Gruppen überschreiten alle Teilnehmenden ($n = 5$) den Schwellenwert. Der Vergleich zeigt, dass die Anzahl der Frames mit neutralem Gesichtsausdruck in beiden Gruppen auf hohem Niveau liegt und sich nur geringfügig unterscheidet. Gruppe A weist einen höheren Median auf, während Gruppe B einen höheren Mittelwert und eine größere Streuung zeigt.

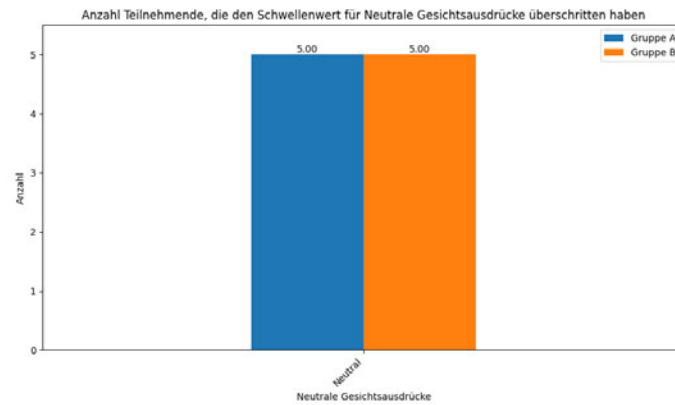


Abbildung 34: Säulendiagramm der neutralen Gesichtsausdrücke nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Wie bei den vorherigen Metriken wurde auch für neutrale Gesichtsausdrücke der prozentuale Anteil der Frames berechnet, bezogen auf die Gesamtanzahl aller Frames (s. Abbildung 35). In Gruppe A beträgt der Anteil 94,78 %, in Gruppe B 89,74 %. Der Vergleich zeigt, dass in beiden Gruppen ein sehr hoher Anteil neutraler Gesichtsausdrücke vorliegt, wobei Gruppe A einen leicht höheren Wert aufweist.

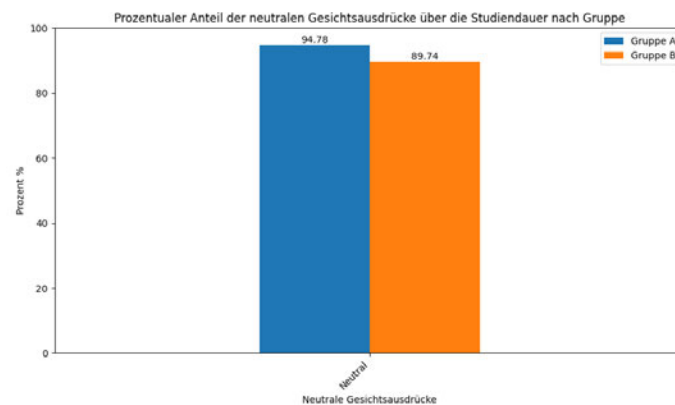


Abbildung 35: Säulendiagramm des prozentualen Anteils der neutralen Gesichtsausdrücke nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Zur Analyse der visuellen Aufmerksamkeit wurde die Anzahl der Fixationen während der Interaktion für die Gruppen A und B erfasst. Die deskriptiven Kennwerte finden sich in Tabelle 5, die Verteilung im Boxplot in Abbildung 36. In Gruppe A beträgt der Median 1.012 Fixationen, der Mittelwert 1.038 (SD = 219). Der Boxplot reicht von etwa 800 bis 1.350 Fixationen. In Gruppe B liegt der Median bei 999, der Mittelwert bei 1.051 (SD = 200), mit einem Wertebereich von ca. 850 bis knapp über 1.300 Fixationen. Der Vergleich zeigt, dass die Fixationszahlen in beiden Gruppen auf ähnlichem Niveau liegen. Gruppe A weist einen leicht höheren Median, Gruppe B einen minimal höheren Mittelwert auf. Die Streuung ist in Gruppe A etwas größer, die Verteilungen sind insgesamt vergleichbar.

Tabelle 5: Deskriptive Kennwerte der Anzahl der Fixationen
Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	1012	999
Mittelwert	1038	1051
Standardabweichung	219	200

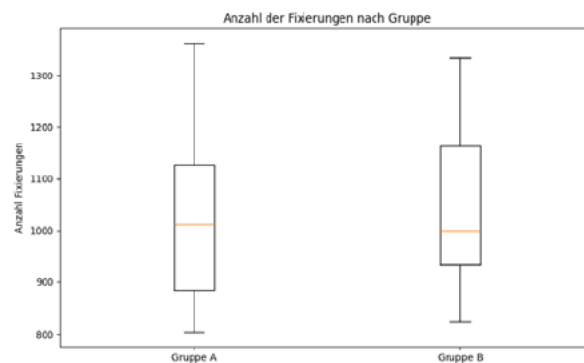


Abbildung 36: Boxplot der Anzahl der Fixierungen nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Zusätzlich wurde die „Average Fixation Duration“ für beide Gruppen berechnet, wo sich die Verteilung in Abbildung 37 und die Kennwerte in Tabelle 6 befinden. In Gruppe A liegt der Median bei 197 Frames, der Mittelwert bei 203 (SD = 21). Der Boxplot reicht von etwa 185 bis 240 Frames, mit einem IQR zwischen knapp 190 und 210 Frames. In Gruppe B beträgt der Median 207 Frames, der Mittelwert 208 (SD = 5). Die Verteilung ist deutlich enger, der Wertebereich reicht von 205 bis 215 Frames. Der Vergleich zeigt, dass die durchschnittliche Fixationsdauer in Gruppe B insgesamt höher ist. Die Unterschiede in Median und Mittelwert sind gering, Gruppe A weist jedoch eine deutlich größere Streuung auf.

Tabelle 6: Deskriptive Kennwerte der durchschnittlichen Dauer einer Fixation
Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	197	207
Mittelwert	203	208
Standardabweichung	21	5

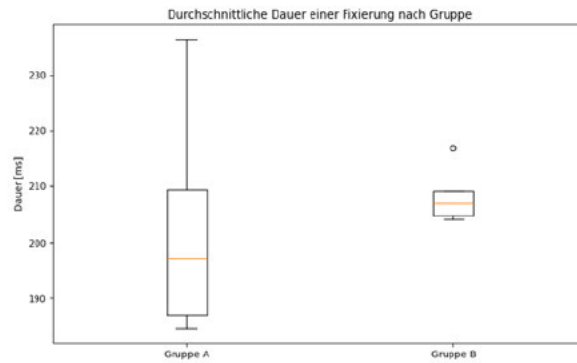


Abbildung 37: Boxplot der durchschnittlichen Fixationsdauer nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Als letzte Metrik wurde die „Total Fixation Duration“ für beide Gruppen ermittelt (s. Tabelle 7 & Abbildung 38). In Gruppe A beträgt der Mittelwert 211.503 Frames, der Median 235.928 (SD = 51.828). Der Boxplot reicht von etwa 150.000 bis 270.000 Frames, der IQR liegt zwischen 170.000 und 240.000 Frames. In Gruppe B liegt der Median bei 206.888 Frames, der Mittelwert bei 218.944 (SD = 41.485). Die Verteilung reicht von etwa 170.000 bis 280.000 Frames, mit einem IQR zwischen 200.000 und 230.000 Frames. Der Vergleich zeigt, dass die summierte Fixationsdauer in beiden Gruppen ähnlich ist. Gruppe A weist einen höheren Median, Gruppe B einen leicht höheren Mittelwert auf. Die Streuung der Werte ist in Gruppe A größer.

Tabelle 7: Deskriptive Kennwerte der Gesamt-Fixationsdauer
Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	235.928	206.888
Mittelwert	211.503	218.944
Standardabweichung	51.828	41.485

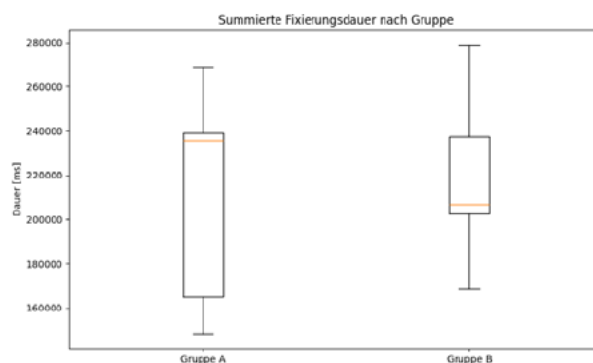


Abbildung 38: Boxplot der Gesamt-Fixationsdauer nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Als weitere Eye-Tracking-Metrik wurden die Sakkaden analysiert, unterteilt in Anzahl, durchschnittliche Länge und Gesamtlänge. Bei der Anzahl der Sakkaden (s. Tabelle 8) liegt der Mittelwert in Gruppe A bei 1.341, der Median bei 1.255 (SD = 352). Der Boxplot (s. Abbildung 39) reicht von etwa 1.050 bis 1.900 Sakkaden. In Gruppe B beträgt der Median 1.241, der Mittelwert 1.423 (SD = 416), mit einer breiteren Verteilung von knapp unter 1.000 bis knapp über 2.000 Sakkaden. Der Vergleich zeigt, dass die Anzahl der Sakkaden in beiden Gruppen ähnlich ist. Gruppe A weist einen leicht niedrigeren Mittelwert auf, während die Streuung in Gruppe B größer ist.

Tabelle 8: Deskriptive Kennwerte der Anzahl der Sakkaden
Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	1255	1241
Mittelwert	1341	1423
Standardabweichung	352	416

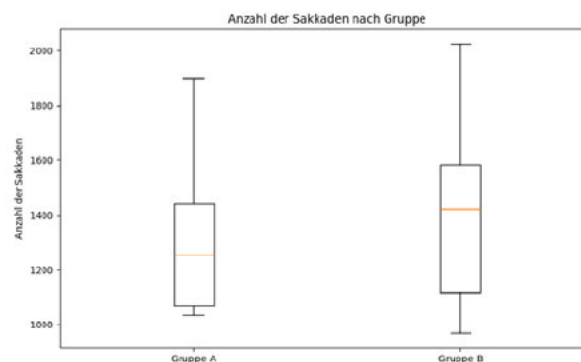


Abbildung 39: Boxplot der Anzahl der Sakkaden nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Bei der durchschnittlichen Sakkadendauer („Average Saccade Duration“) liegt der Median in Gruppe A bei 30,96 ms, der Mittelwert bei 30,97 ms (SD = 3,24) (s. Tabelle 9). Der Boxplot (s. Abbildung 40) reicht von etwa 27 bis 35 ms. In Gruppe B liegen Median (29,27 ms) und Mittelwert (28,96 ms) etwas niedriger, die Standardabweichung beträgt 2,03 ms. Die Verteilung ist enger und reicht von 26 bis 32 ms. Der Vergleich zeigt, dass die durchschnittliche Sakkadendauer in Gruppe A höher ist und die Werte eine größere Streuung aufweisen.

Tabelle 9: Deskriptive Kennwerte der durchschnittlichen Sakkadenlänge
Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	30,96	29,27
Mittelwert	30,97	28,96
Standardabweichung	3,24	2,03

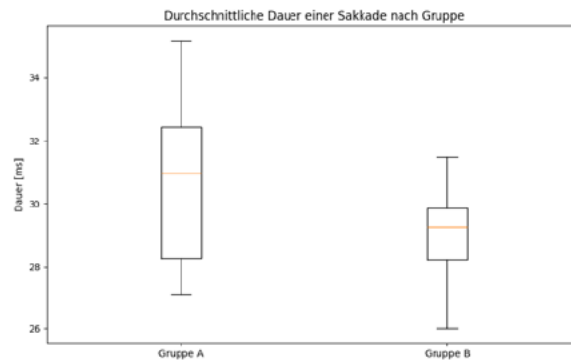


Abbildung 40: Boxplot der durchschnittlichen Dauer einer Sakkade nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Bei der „Total Saccade Duration“ liegen Mittelwert und Median in Gruppe A mit 40.520 ms und 40.699 ms nah beieinander ($SD = 6.911$) (s. Tabelle 10). Der Boxplot reicht von etwa 32.500 bis knapp über 40.000 ms, mit einem Ausreißer über 50.000 ms (s. Abbildung 41). In Gruppe B beträgt der Median 42.412 ms, der Mittelwert 40.574 ms ($SD = 9.107$). Die Verteilung reicht von etwa 30.000 bis knapp 55.000 ms, der Abstand zwischen erstem und drittem Quartil ist größer als in Gruppe A. Der Vergleich zeigt, dass die summierte Sakkadendauer in beiden Gruppen ähnlich ist. Gruppe B weist einen höheren Median und eine größere Streuung auf, während die Mittelwerte nahezu identisch sind.

Tabelle 10: Deskriptive Kennwerte der Gesamt-Sakkadendauer
Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	40.699	42.412
Mittelwert	40.520	40.574
Standardabweichung	6.911	9.107

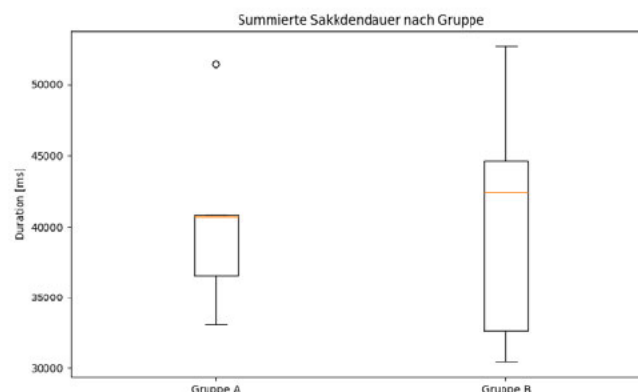


Abbildung 41: Boxplot der Gesamt-Sakkadenlänge nach Gruppe
Quelle: Eigene Darstellung

Im nächsten Schritt wurde die Durchführungsdauer der beiden Gruppen untersucht. Dafür wurden Median, Mittelwert, Standardabweichung (s. Tabelle 11) sowie die Verteilung per Boxplot (s.

Abbildung 42) und die Gesamtdauer aller Teilnehmenden berechnet. In Gruppe A liegt der Median bei 5,13 Minuten, der Mittelwert bei 5,15 Minuten ($SD = 1,28$). Die Verteilung reicht von knapp unter 4 bis knapp unter 7 Minuten. Die Gesamtdauer beträgt 25,76 Minuten. In Gruppe B liegen Median und Mittelwert bei 5,7 bzw. 5,97 Minuten ($SD = 1,76$). Die Verteilung reicht von etwa 4,5 bis ca. 9 Minuten, wobei der höchste Wert als Ausreißer markiert ist. Die Gesamtdauer beträgt 29,83 Minuten. Der Vergleich zeigt, dass Gruppe B eine längere Gesamtdauer, höhere Mittelwerte und eine größere Streuung aufweist.

Tabelle 11: Deskriptive Kennwerte der Durchführungsdauer
Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	5,13	5,7
Mittelwert	5,15	5,97
Standardabweichung	25,76	29,83

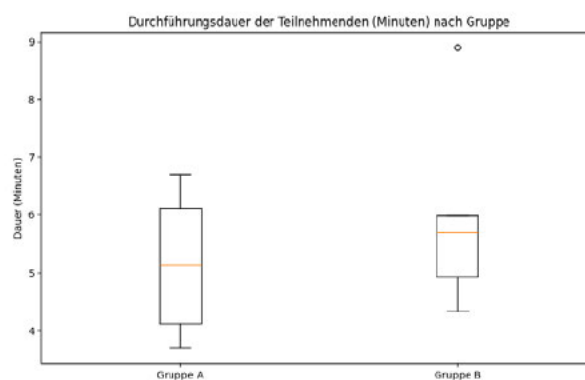


Abbildung 42: Boxplot der Durchführungsdauer nach Gruppen
Quelle: Eigene Darstellung

Zur Beurteilung der Nutzererfahrung wurden die Mittelwerte der sechs Skalen des User Experience Questionnaire (UEQ) für beide Gruppen berechnet (s. Abbildung 43). Ergänzend wurden die deskriptiven Kennwerte sowie die Verteilung der Werte anhand von 5 %-Konfidenzintervallen veranschaulicht. In Gruppe A (Version A) liegen die Mittelwerte der Skalen „Attraktivität“, „Durchschaubarkeit“, „Effizienz“, „Steuerbarkeit“, „Stimulation“ und „Originalität“ durchgehend im positiven Bereich, mit Werten zwischen 1,25 und 1,90. Die Mediane bewegen sich zwischen 1,00 und 2,00, wobei die Standardabweichungen vergleichsweise gering sind (zwischen 0,55 und 0,85). Auch die 5 %-Konfidenzintervalle bestätigen die positive Tendenz, da sie vollständig oberhalb der neutralen Grenze liegen. In Gruppe B (Version B) fallen die Mittelwerte hingegen deutlich niedriger aus und reichen von -0,45 bis 1,10. Mehrere Skalen zeigen negative oder sehr breite Konfidenzintervalle, die bis in den negativen Bereich reichen, was auf eine deutlich größere Streuung und schlechterer Bewertung hindeutet. Ein Vergleich der beiden Gruppen zeigt, dass Gruppe A in sämtlichen Skalen höhere Mittelwerte und Mediane erzielt als Gruppe B. Während die Bewertungen in Gruppe A

insgesamt ein konsistent positives Nutzererlebnis widerspiegeln, deuten die Ergebnisse von Gruppe B auf eine schwächere und weniger homogene Nutzererfahrung hin. Besonders auffällig ist dabei nicht nur die niedrigere Bewertung der Einzelskalen in Gruppe B, sondern auch die insgesamt größere Streuung der Antworten. Die gesamten Ergebnisse des UEQ finden sich in Anhang 4.

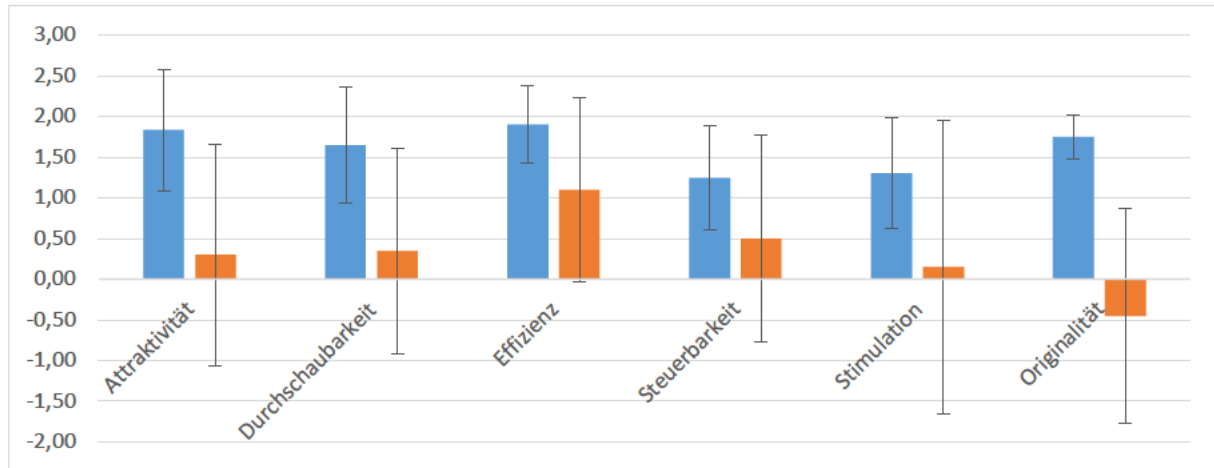


Abbildung 43: Vergleich der Ergebnisse des User Experience Questionnaires (UEQ) nach Dimensionen
Quelle: Eigene Darstellung und Excel UEQ

Zur Einordnung der Skalenwerte im Vergleich zu bestehenden Benchmarks wurden die Mittelwerte der sechs UEQ-Skalen für Gruppe A und Gruppe B mit einem Benchmark-Datensatz verglichen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 44 (Gruppe A) und Abbildung 45 (Gruppe B) dargestellt. Für die Skala „Attraktivität“ erreicht Gruppe A mit einem Mittelwert von 1,83 die Kategorie „Good“ und verfehlt „Excellent“ nur knapp. Gruppe B wird mit einem Mittelwert von 0,30 als „Bad“ eingestuft und gehört damit zu den 25 % schlechtesten Ergebnissen. Die Skala „Durchschaubarkeit“ wird in Gruppe A mit einem Mittelwert von 1,65 als „Above Average“ klassifiziert, bleibt jedoch unterhalb der Schwelle zu „Good“. Gruppe B erreicht auch hier nur die Einstufung „Bad“ bei einem Mittelwert von 0,35. Für „Effizienz“ erzielt Gruppe A mit einem Mittelwert von 1,90 die Bewertung „Excellent“. Gruppe B wird mit einem Mittelwert von 1,10 als „Above Average“ eingeordnet, liegt jedoch nur knapp über dem Schwellenwert. Bei „Steuerbarkeit“ erreicht Gruppe A mit einem Mittelwert von 1,25 „Above Average“, während Gruppe B mit 0,50 erneut in die Kategorie „Bad“ fällt. Auch bei „Stimulation“ wird Gruppe A mit einem Mittelwert von 1,30 als „Above Average“ bewertet, wobei der Wert knapp unter „Good“ liegt. Gruppe B wird hier mit 0,15 wiederum als „Bad“ eingestuft. Die Skala „Originalität“ erreicht in Gruppe A einen Mittelwert von 1,75 und wird als „Excellent“ klassifiziert. Gruppe B erzielt mit -0,45 erneut nur „Bad“ und bleibt deutlich unter dem Durchschnitt. Ein Vergleich der Gruppen zeigt deutliche Unterschiede. Während in Gruppe A alle Skalen im positiven Bereich liegen und drei von sechs Skalen die Kategorien „Good“ oder „Excellent“ erreichen, werden in Gruppe B fünf von sechs Skalen als „Bad“ bewertet. Lediglich die Skala Effizienz erreicht dort „Above Average“. Die vollständigen Ergebnisse des User Experience Questionnaires finden sich in Anhang 10.

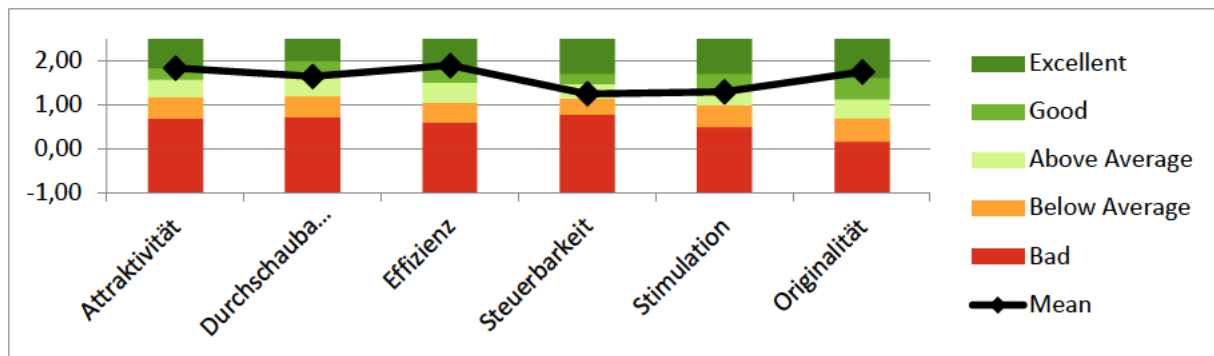


Abbildung 44: Benchmark-Vergleich der Dimensionen des UEQs für Gruppe A
Quelle: Eigene Darstellung und Excel UEQ

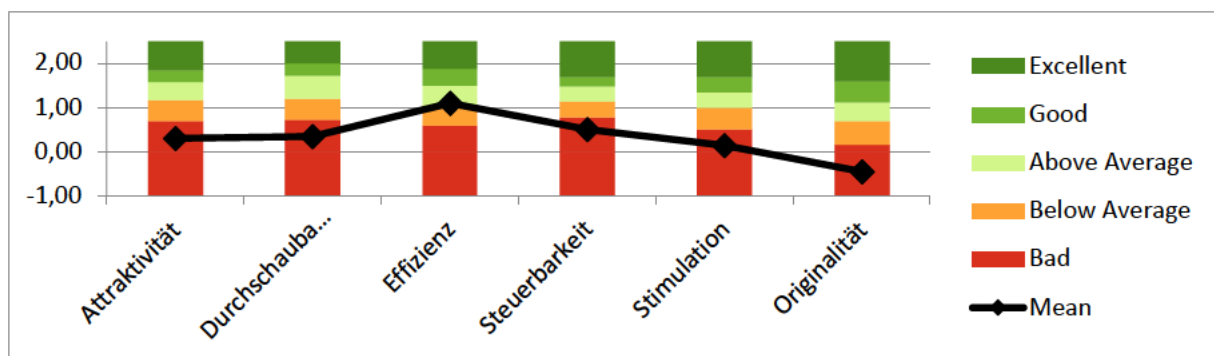


Abbildung 45: Benchmark-Vergleich der Dimension des UEQs für Gruppe B
Quelle: Eigene Darstellung und Excel UEQ

6.2 Ergebnisse der Korrelationsanalyse

Nach der Berechnung der deskriptiven Statistik wurden Korrelationsanalysen durchgeführt. Das Ziel der Korrelationsanalyse ist die Identifikation möglicher Zusammenhänge zwischen den physiologischen Messungen und der, durch den User Experience Questionnaire, wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit. Hierbei werden die verschiedenen Dimensionen des UEQs mit den Metriken verglichen. In dem folgenden Kapitel werden dabei nur die relevantesten und stärksten Korrelationen dargestellt. Die weiteren Berechnungen der Korrelationsanalyse finden sich in Anhang 13 und 14.

Bei der Analyse der Galvanic Skin Response (GSR) sticht in Gruppe A die starke positive Korrelation zwischen der Dimension Originalität und allen drei GSR-Metriken (Peak Count, Average Peak Amplitude und Peaks per Minute) hervor ($r = 0,95$). Auch Durchschaubarkeit korreliert positiv mit der durchschnittlichen Peak-Amplitude ($r = 0,74$), während Attraktivität und Steuerbarkeit positive Zusammenhänge mit der Anzahl der Peaks ($r = 0,60$ bzw. $0,50$) aufweisen. Effizienz und Stimulation zeigen hingegen negative Korrelationen mit der durchschnittlichen Peak-Amplitude ($r = -0,56$ und $r = -0,50$). In Gruppe B dominieren negative Korrelationen. Besonders stark sind die Beziehungen zwischen den GSR-Metriken und den Dimensionen Originalität (r zwischen $-0,60$ und $-0,70$) sowie

Stimulation ($r = -0,56$). Zudem korreliert die durchschnittliche Peak-Amplitude negativ mit Durchschaubarkeit ($r = -0,60$). Mit der Dimension Steuerbarkeit gibt es keine Korrelation.

Zusätzlich wurde untersucht, wie die GSR-Metriken mit den sieben Grundemotionen aus der Facial Expression Analysis zusammenhängen. In Gruppe A zeigten sich insgesamt nur schwache Zusammenhänge, lediglich die durchschnittliche Peak-Amplitude korrelierte positiv mit der Emotion „Joy“. In Gruppe B hingegen traten starke positive Korrelationen zwischen „Sadness“ und sowohl der Anzahl der Peaks ($r = 0,87$) als auch Peaks pro Minute ($r = 0,67$) auf. Auch „Joy“ zeigte positive Zusammenhänge mit den GSR-Metriken.

Bei der Analyse zwischen den sieben Kern-Emotionen und den Dimensionen des User Experience Questionnaire ergaben sich bei Gruppe A starke Korrelationen der „Effizienz“ und den Emotionen „Anger“, „Sadness“, „Fear“ und „Surprise“, jeweils $r = 0,92$. Dieselben Emotionen korrelieren auch mit der Dimension „Steuerbarkeit“. Generell besitzen diese vier Emotionen immer denselben Korrelationskoeffizienten mit allen Dimensionen des Fragebogens. Ansonsten zeigt sich noch eine negative Beziehung zwischen der Emotion „Joy“ und der Dimension „Stimulation“ ($r = -0,72$). Bei Gruppe B korrelieren „Fear“ und „Surprise“ mit allen Dimensionen des UEQ. Dabei stechen besonders die Korrelationen mit der „Effizienz“ und „Steuerbarkeit“ hervor. Im Gegensatz dazu korrelieren die Emotionen „Anger“, „Sadness“ und „Contempt“ stark negativ mit allen Dimensionen. Dabei sticht besonders die Emotion „Contempt“ vor, wo die Beziehungen zu den Dimensionen besonders stark ausgeprägt ist. Mit der „Steuerbarkeit“ beträgt der Korrelationskoeffizient $0,92$. Die „Attraktivität“ korreliert stark negativ mit der Emotion „Disgust“ ($r = -0,63$). Die Ergebnisse der Valenz zeigen bei Gruppe A überwiegend negative Korrelationen mit der positiven Valenz. Nur mit den Dimensionen „Durchschaubarkeit“ ($r = 0,89$) und „Originalität“ ($r = 0,46$) fielen die Korrelationen positiv aus. Bei der negativen Valenz zeigen sich mit allen Dimensionen positive Korrelationskoeffizienten außer bei der Dimension „Originalität“. Auffallend sind die starken Korrelationen mit der „Effizienz“ ($r = 0,92$) und Steuerbarkeit ($r = 0,67$). Bei Gruppe B gibt es fast keine Korrelationen zwischen der positiven Valenz und den Dimensionen des UEQ. Dafür zeigen alle Dimensionen eine stark negative Korrelation zur negativen Valenz. Besonders mit der Dimension „Durchschaubarkeit“ ist der Korrelationskoeffizient mit $-0,90$ stark ausgeprägt. Als letzte Metrik der Facial Expression Analysis wurden die neutralen Ausdrücke mit den Dimensionen des UEQs analysiert. Dabei ergab sich bei Gruppe A keine Korrelation außer mit der Dimension „Attraktivität“ ($r = -0,60$). Bei Gruppe B sind die Korrelationen tendenziell stärker. Besonders mit den Dimensionen „Attraktivität“, „Durchschaubarkeit“, „Effizienz“ und „Steuerbarkeit“ liegt der Korrelationskoeffizient jeweils über $0,50$. Bei der Durchführungsläng der Gruppen zeigt sich bei Gruppe A eine negative Beziehung mit der Dimension „Attraktivität“ ($r = -0,70$). Ansonsten zeigen sich keine besonders relevanten Korrelationen. Anders sieht es bei Gruppe B aus. Dort korreliert die Durchführungsdauer mit allen Dimensionen. Besonders hervorstechen tun die Ergebnisse mit der „Steuerbarkeit“ ($r = 0,97$) und „Effizienz“ ($r = 0,95$). Der geringste Korrelationskoeffizient ergibt sich mit der „Originalität“. Als letzte Metrik wurde die Beziehung

zwischen den Ergebnissen des Eye-Trackings und dem User Experience untersucht. Dabei zeigen sich bei Gruppe A stark negative Korrelationen mit der Dimension „Attraktivität“. Bei allen Metriken des Eye-Trackings wurden mit dieser Dimension stark negative Korrelationskoeffizienten berechnet. Nur bei der durchschnittlichen Sakkadendauer ergab sich ein positiver Koeffizient von 0,60. Bei den negativen Korrelationen stechen besonders die Anzahl der Fixationen und die gesamte Sakkadendauer (beide -0,90) mit der Dimension „Attraktivität“ heraus. Mit den anderen Dimensionen gibt es ansonsten keine besonderen Auffälligkeiten. Es stechen nur einzelne Metriken heraus, wie die durchschnittliche Sakkadenlänge mit der Dimension „Effizienz“ ($r = -0,62$), die gesamte Sakkadendauer und die Anzahl der Fixationen mit der Steuerbarkeit (beide $r = -0,50$), sowie die „Originalität“ mit der durchschnittlichen Sakkadenlänge ($r = 0,79$) und der Anzahl der Sakkaden ($r = -0,58$). Bei Gruppe B zeigt sich direkt, dass es zwischen Dimensionen und fast allen Eye-Tracking Metriken starke positive Korrelationen gibt. Besonders die Dimensionen „Durchschaubarkeit“, „Effizienz“ und „Steuerbarkeit“ korrelieren stark mit den Metriken. Ausgenommen sind nur die Metriken der durchschnittlichen Fixations- und Sakkadenlänge. Dabei zeigt die durchschnittliche Fixationslänge generell kaum Korrelationen mit den Dimensionen des UEQs. Anders bei der durchschnittlichen Sakkadenlänge, die fast ausschließlich negative und zum Teil starke Korrelationen mit den Dimensionen aufweist. Besonders mit den Dimensionen „Durchschaubarkeit“ ($r = -0,90$), Effizienz ($r = -0,95$) und „Steuerbarkeit“ ($r = -0,97$) zeigen sich fast perfekt negative Korrelationen.

6.3 Ergebnisse der Signifikanztests

Für die Überprüfung, ob die Unterschiede zwischen den beiden Webseiten-Versionen statistisch signifikant sind und nicht zufällig auftreten, wurde ein Signifikanztest durchgeführt. Auch hier fiel die Wahl des Testverfahrens wieder auf Basis der Verteilung der Daten. Da anhand des Shapiro-Wilk-Tests bereits festgestellt wurde, dass die Daten zum Teil nicht normalverteilt sind und Ausreißer enthalten, fiel die Entscheidung gegen den t-Test und für den Mann-Whitney U-Test. Für die U-Tests wurde ein Signifikanzniveau von 0,05 und ergänzend 0,10 gewählt, um trotz der kleinen Stichprobengröße potenzielle Effekte nicht zu übersehen. Durch die bewusste Wahl eines höheren Signifikanzniveaus (10 %) sollte die Wahrscheinlichkeit, bestehende Zusammenhänge fälschlicherweise zu übersehen, reduziert werden. Nachfolgend werden nur die Ergebnisse gezeigt, wo ein signifikanter Unterschied gemessen wurde. Die gesamten Ergebnisse des Mann-Whitney U-Test befinden sich in Anhang 15. Bei den Ergebnissen des Testes gab es nur bei zwei Metriken einen signifikanten Unterschied. Das ist zum einen die durchschnittliche Peak-Amplitude ($p = 0,09$) und der Dimension Originalität des User Experience Questionnaire ($p = 0,03$). Ansonsten zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in den Berechnungen. Für den User Experience Questionnaire wurde in der Auswertungsdatei zudem noch ein t-Test durchgeführt (s. Anhang 10), bei dem das Signifikanzniveau bei 0,05 liegt. Bei diesem Signifikanzniveau zeigt auch nur die Dimension Originalität ($p = 0,02$) einen signifikanten Unterschied.

Bei einem Signifikanzniveau von 0,10 würde auch noch die Dimension Attraktivität ($p = 0,09$) signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen aufzeigen.

6.4 Ergebnisse der Heatmaps und Scanfade

Zur weiteren Analyse des Eye-Trackings wurden Heatmaps und Scanfade der Augenbewegungen visualisiert. Die Darstellung folgt der Seitenabfolge der Webseite. Die Scanfade werden beispielhaft für jeweils eine:n Teilnehmende:n pro Gruppe gezeigt, während die übrigen Daten in Anhang 16 und 17 zu finden sind. Heatmaps visualisieren die Blickintensität von grün (gering) über gelb bis rot (hoch), Scanfade bestehen aus nummerierten Fixationspunkten und verbindenden Sakkadenlinien. Auf der Startseite fokussierten beide Gruppen den Einleitungstext (s. Abbildung 46). In Gruppe richtete sich die Aufmerksamkeit zudem stark auf den „Starte jetzt!“-Button, während der „Los“-Button bei Gruppe B kaum beachtet wurde. Auch das Bild des Gebäudes und die Überschrift erhielten in Gruppe A mehr Aufmerksamkeit als in Gruppe B. Die Fixationen im oberen rechten Bildbereich lassen sich in beiden Gruppen auf ein automatisch eingblendetes Google-Übersetzer-Pop-up zurückführen, das von den Teilnehmenden weggeklickt wurde. Die Scanfade (s. Abbildung 47) in Gruppe A bestätigen das Bild der Heatmaps. Zunächst wurde die Überschrift gelesen, anschließend der Einführungstext, bevor die Blicke auf das Gebäude und schließlich auf den „Starte jetzt!“-Button wanderten. Die Blickverläufe erscheinen dabei strukturiert und folgen überwiegend vertikalen und horizontalen Bewegungen, mit wenigen Sprüngen. In Gruppe B zeigt sich ein ähnliches Muster, jedoch wurde der Überschrift deutlich weniger Aufmerksamkeit geschenkt. Die Teilnehmenden lasen primär den Text und klickten anschließend auf den „Los“-Button. Auch hier verläuft das Blickmuster geordnet von oben nach unten. Zusätzlich ist bei Gruppe B das Wegklicken des Pop-Ups klar erkennbar.



Abbildung 46: Heatmap der Startseite von Gruppe A(links) und Gruppe B (rechts)
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

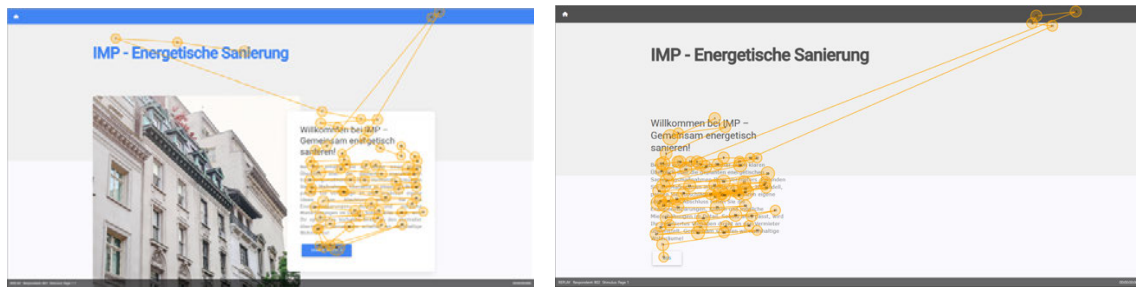


Abbildung 47: Scanpfad der Startseite von Teilnehmer:in 1 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 2 von Gruppe B (rechts)

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Auf der zweiten Seite, der Ablaufseite, zeigen die Blickkonzentrationen beider Seiten ein ähnliches Muster (s. Abbildung 48). Die Headline „Einführung“ wird in beiden Gruppen beachtet, jedoch mit einer niedrigen Intensität. Im Gegensatz dazu erhält der Einführungstext in beiden Gruppen viel Aufmerksamkeit. Auch die Feedback-Möglichkeiten werden von beiden Gruppen häufig betrachtet, wobei die Intensität bei Gruppe A etwas stärker ist als in Gruppe B. Bei Gruppe A sticht zudem der starke Fokus auf den „Weiter“-Button heraus, der bei Gruppe B deutlich weniger intensiv ist. Die Icons bei Gruppe A ziehen eher weniger Blicke an. Bei Gruppe B ist dafür ein stärkerer Fokus auf den fettgeschriebenen Buchstaben im Einführungstext zu erkennen. Die Scanpfade von Gruppe A (s. Abbildung 49) zeigen hier auch ein strukturiertes Muster der Augenbewegungen. Die Blicke beginnen bei der Headline und bewegen sich über den Einführungstext runter zu den Feedback-Möglichkeiten. Dabei bestätigt sich hier, dass die Icons wenig betrachtet werden. Das Blickmuster ist hier auch wieder strukturiert und folgt dem Aufbau der Seite. Gruppe B zeigt dabei ein ähnliches Muster wie Gruppe A. Die Blicke bewegen sich von der Überschrift, über den Einführungstext zu den Feedback-Möglichkeiten. Auch hier folgen die Blicke dem Aufbau der Webseite.

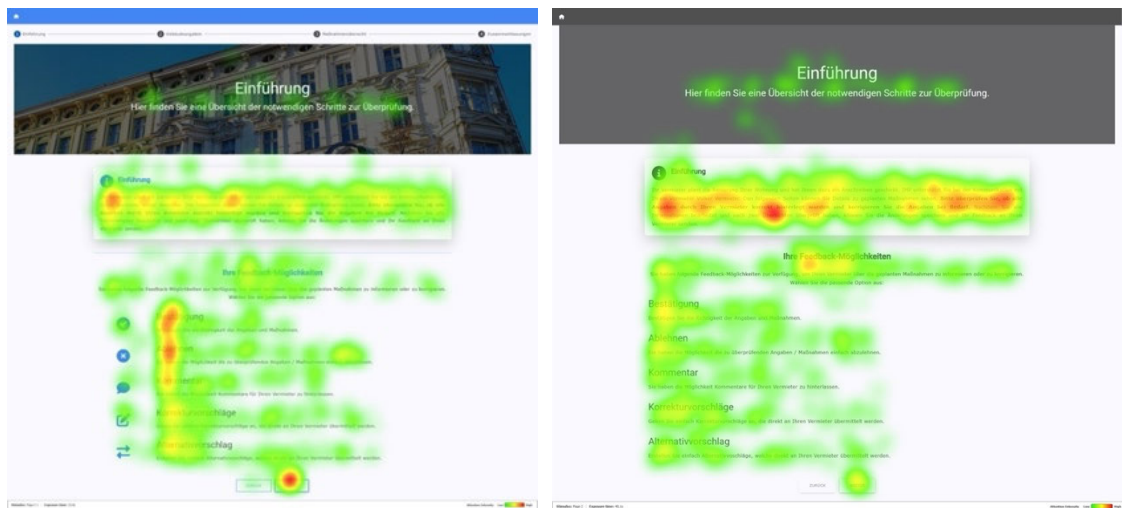


Abbildung 48: Heatmap der Ablaufseite von Gruppe A (links) und Gruppe B (rechts)
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

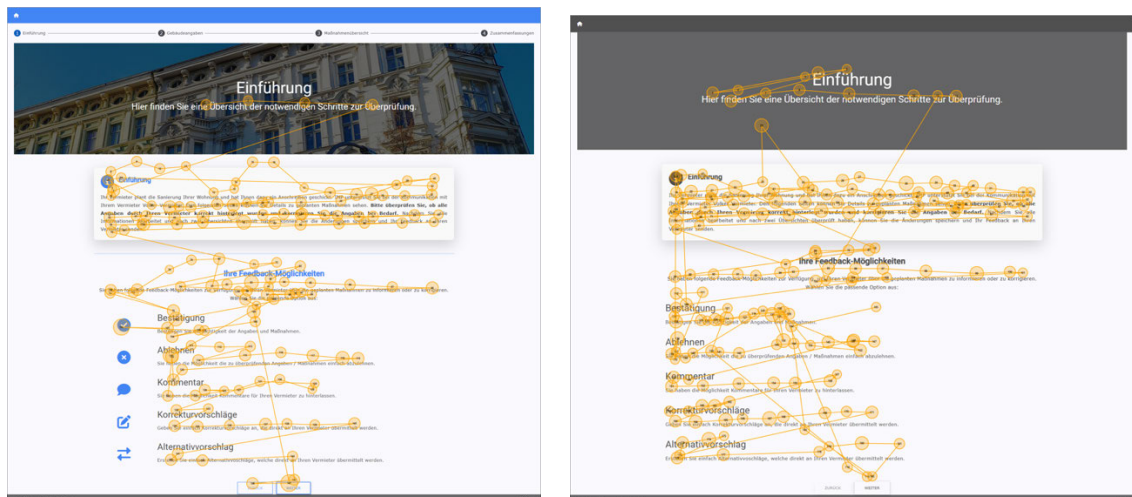


Abbildung 49: Scanpfad der Ablaufseite von Teilnehmer:in 3 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 3 von Gruppe B (rechts)
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Auf Seite 3, auf der die Teilnehmenden die Formulardaten kontrollieren und korrigieren sollten, zeigen beide Gruppen eine starke Fokussierung auf den linken Bereich der Eingabemaske (s. Abbildung 50). In Gruppe A lag der Schwerpunkt besonders auf den Feldern „Hausnummer“ und „Postleitzahl“, die auch tatsächlich geändert werden mussten. In Gruppe B richtete sich die Aufmerksamkeit auf die Felder „Straße“, „Hausnummer“ und „Postleitzahl“, wobei das Feld „Straße“ nicht verändert werden sollte. Beim Feld Gesamtwohnfläche, das ebenfalls bearbeitet werden musste, ist die Blickintensität in beiden Gruppen ähnlich. Bei den Bestätigungs-Buttons verteilte sich der Fokus in Gruppe A relativ gleichmäßig, während in Gruppe B eine stärkere Konzentration auf die Buttons bei den Feldern „Hausnummer“, „Straße“ und „Gesamtwohnfläche“ zu beobachten war. Die Überschrift erhielt in beiden Gruppen wenig Aufmerksamkeit. Der Einleitungstext wurde in Gruppe A kaum betrachtet, während in Gruppe B zusätzlich ein deutlich stärkerer Fokus auf dem „Weiter“-Button lag. Insgesamt

zeigt sich in Gruppe A ein strukturierteres und gleichmäßigeres Blickverhalten, während Gruppe B eine stärkere Fokussierung auf einzelne Elemente aufweist. Auch bei den Scanpfaden zeigt sich bei Gruppe A (s. Abbildung 51), dass - wie bereits in der Heatmap beobachtet - die Überschrift und der Einführungstext fast gar nicht betrachtet wurden. Man erkennt jedoch beim Muster, dass die Blicke weiterhin strukturiert von links nach rechts nach unten verlaufen. Es sind keine großen Sprünge in den Blicken zu erkennen. Dabei sticht vor allem heraus, dass die Felder besonders häufig und lange fokussiert wurden, die auch für die Aufgabe entscheidend waren. Die anderen Felder wurden zwar auch angeschaut, jedoch nicht so häufig und so lange. Bei Gruppe B dagegen springen die Blicke viel stärker und verlaufen nicht nach einem strukturierten Muster. Dabei werden sich teilweise gar nicht alle Felder angeschaut. Besonders auffällig ist, dass die Buttons zum Bestätigen der Eingaben zum Teil gar nicht wahrgenommen wurden.



Abbildung 50: Heatmap der Gebäudedaten-Seite von Gruppe A (links) und von Gruppe B (rechts)
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

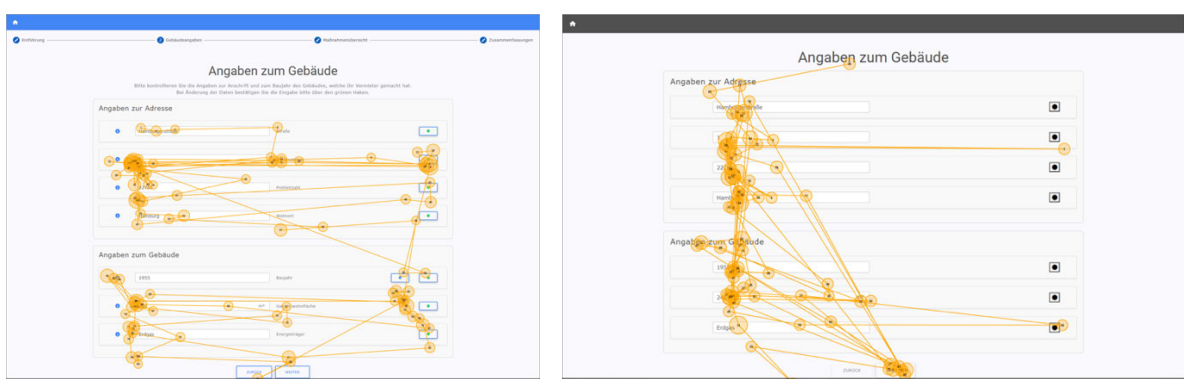


Abbildung 51: Scanpfad der Gebäudedaten-Seite der Teilnehmer:in 5 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 4 von Gruppe B (rechts)
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Auf Seite 4, welche das Formular zur Angabe der persönlichen Daten beinhaltet, ist vom Aufbau ähnlich zu Seite 3 und zeigt auch eine ähnliche Verteilung der Blickintensität. Dabei zeigen beide Gruppen eine hohe Aufmerksamkeit auf das Feld „Nachname“ im unteren Bereich des Formulars (s. Abbildung 52).

Die anderen Felder erhalten bei beiden Gruppen deutlich weniger Aufmerksamkeit, genauso wie die Überschrift. Auch der Text unterhalb der Überschrift bei Gruppe A bekommt kaum Betrachtung. Bei Gruppe A zeigt sich wie bei Seite 3 ein strukturierteres Blickverhalten. Bei Gruppe B liegt der Fokus erneut mehr auf einzelnen Feldern. Bei beiden Gruppen gibt es geringe Intensität auf die Bestätigungsbutton, ausgenommen das Feld „Nachname“, welches auch bearbeitet werden musste. Bei den Navigations-Buttons ist bei Gruppe A mehr Intensität auf dem „Zurück“-Button zu erkennen. Bei dem Scanpfad von Gruppe A sieht hier das Muster ähnlich zu Seite 3 aus (s. Abbildung 53). Die Überschrift und Einleitung finden eher weniger Betrachtung, dafür bewegen sich die Blicke von Feld zu Feld über das Formular. Es gibt wenige Sprünge der Blicke. Auch bei Gruppe B zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei Seite 3. Die Blickverläufe sind eher kurz und haben mehr Sprünge als bei Gruppe A. Außerdem werden erneut die Bestätigungsbutton fast gar nicht beachtet.

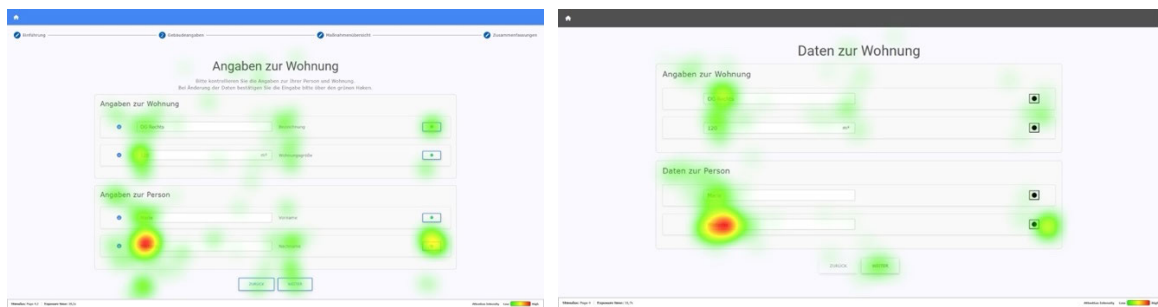


Abbildung 52: Heatmap der persönlichen Angaben von Gruppe A (links) und von Gruppe B (rechts)
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

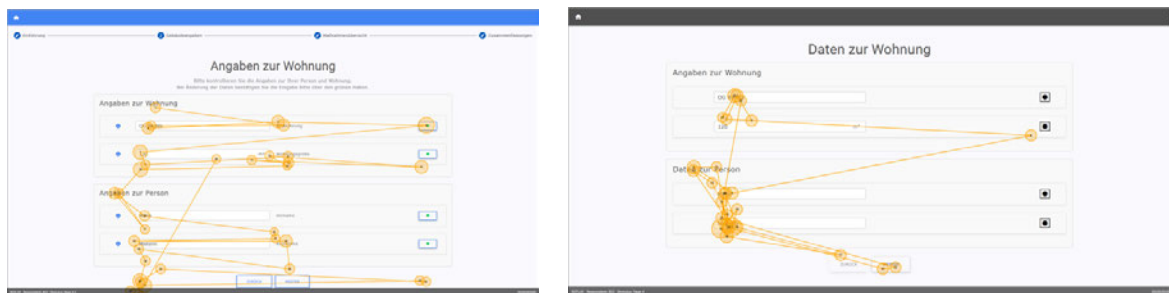


Abbildung 53: Scanpfad der persönlichen Angaben der Teilnehmer:in 3 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 2 von Gruppe B (rechts)
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Bei der Maßnahmen-Ansichts-Seite (Seite 5), ist bei beiden Gruppen zunächst der Fokus auf dem Einleitungstext. Dabei ist das Blickverhalten bei Gruppe A (s. Abbildung 54) jedoch gleichmäßiger verteilt als bei Gruppe B. Bei dem Modell zur Darstellung der Maßnahmen gibt es starke Unterschiede hinsichtlich dem Blickverhalten. Bei Gruppe A findet das 3D-Modell die stärkste Betrachtung und wurde intensiv angeschaut. Hier liegt der stärkste Blickfokus der Gruppe A auf dieser Seite. Bei Gruppe B hingegen findet das 2D-Modell nur wenig Betrachtung. Die Intensität ist hier nur sehr gering, was zeigt, dass sich die Teilnehmenden das Modell nicht wirklich angeschaut haben. Dafür findet das

Auswahlmenü bei Gruppe B die stärkste Betrachtung. Dort ist die stärkste Intensität zu beobachten. Gruppe A zeigt beim Auswahlmenü eher eine moderate Betrachtung. Die Farbskala reicht dort nur von grün bis gelb. Beim Bestätigungsbutton der Maßnahme ist die Intensität bei beiden Gruppen moderat bis hoch. Wobei die Intensität bei Gruppe A noch etwas höher ist als in Gruppe B. Dafür wird die Tabelle mit der Auflistung der Maßnahmen stärker bei Gruppe B betrachtet als in Gruppe A. Bei Gruppe A liegt der Fokus eher auf den Spaltennamen. Bei Gruppe B verteilen sich die Blicke auf die gesamte Tabelle, wobei der Fokus etwas stärker auf der ersten Reihe ist. Außerdem ist die Fokussierung auf den „Weiter“-Button bei Gruppe B stärker als bei Gruppe A. Bei Gruppe B liegt der Button zudem jetzt im oberen Bildbereich, wie statt davor im unteren Teil. Bei den Scanpfaden (s. Abbildung 55) bestätigt sich, dass das 3D-Modell bei Gruppe A im Fokus der Blicke steht. Zunächst haben sich die Teilnehmer:innen die Einleitung durchgelesen, bevor sie sich dann das Modell angeschaut haben. Die Blickverläufe sind hier auch mehr durch verschiedene Sprünge geprägt, die sich vom Modell zurück zur Anleitung oder zur Tabelle mit den Maßnahmen bewegen. Generell zeigen sich viele Fixierungen auf dieser Seite. Bei Gruppe B zeigt sich auch hier, dass vor allem die Tabelle und das Auswahlmenü deutlich mehr angeschaut wurde als das Modell selbst. Dabei zeigen sich über alle Teilnehmer:innen aber insgesamt weniger Pfade als bei Gruppe A. Die Blicke wirken jedoch hier auch sehr chaotisch. Es gibt viele Sprünge von der Tabelle zum Modell oder auch zum Einleitungstext. Auch der „Weiter“-Button wird viel häufiger angeschaut als bei Gruppe A.

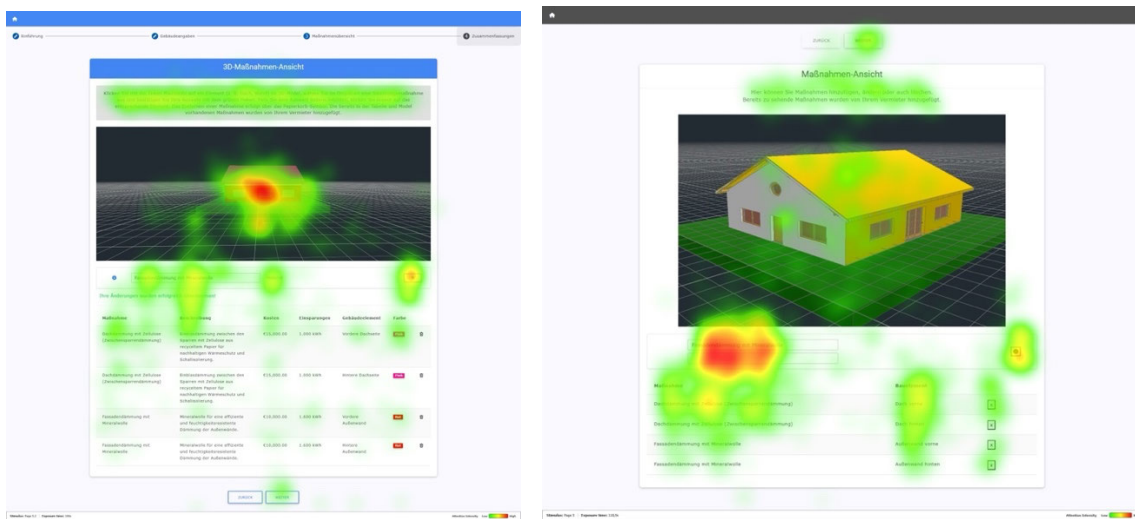


Abbildung 54: Heatmap der Maßnahmen-Ansichts-Seite von Gruppe A (links) und von Gruppe B (rechts)
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

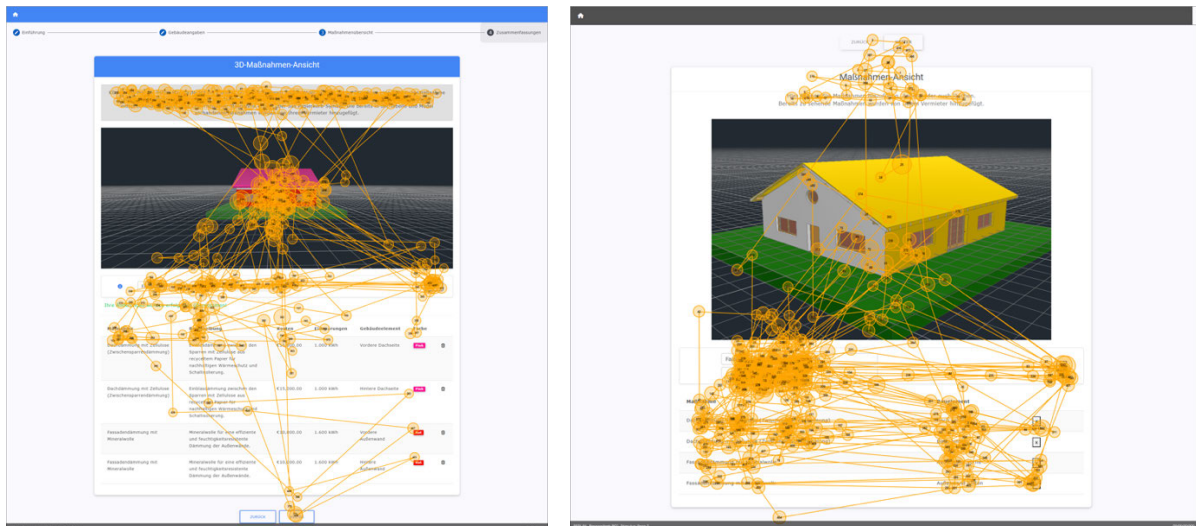


Abbildung 55: Scanpfad der Maßnahmen-Ansichts-Seite der Teilnehmer:in 2 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 2 von Gruppe B (rechts)
 Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Bei der sechsten Seite, der Maßnahmenübersichts-Seite, liegt bei Gruppe A der Fokus besonders stark auf den Einleitungstext (s. Abbildung 56). Dabei werden manche Bereiche stärker fokussiert als andere. Der Fokus auf die Tabelle ist auf beiden Reihen gleichmäßig verteilt, wobei der erste und zweite Eintrag häufiger angeschaut wurden. Auch der „Weiter“-Button hat viele Blicke angezogen. Insgesamt zeigt Gruppe A ein relativ komprimiertes Blickmuster, wo alle Bereiche von den Teilnehmenden angeschaut wurden. Bei Gruppe B wird statt einer Tabelle, zwei verschiedene Tabellen angezeigt, die sich untereinander befinden und alle Maßnahmen enthalten, statt nur die ausgewählten wie in Gruppe A. Dadurch zeigt sich ein viel verteilteres Blickmuster, wo der Fokus schon auf der ersten Tabelle liegt. Dabei wurden vor allem die erste und letzte Reihe in der ersten Tabelle häufig angeschaut. Diese Reihen sind auch die von den Teilnehmer:innen ausgewählte Maßnahmen. Die zweite Tabelle, welche die vom Vermieter vorgeschlagenen Maßnahmen enthält, wurde weniger fokussiert. Eine erhöhte Blickkonzentration zeigt sich dort auf der letzten Reihe, welche die vom Vermieter vorgeschlagene Maßnahme enthält. Insgesamt ist das Blickverhalten bei Gruppe B deutlich breiter und gestreuter als in Gruppe A.

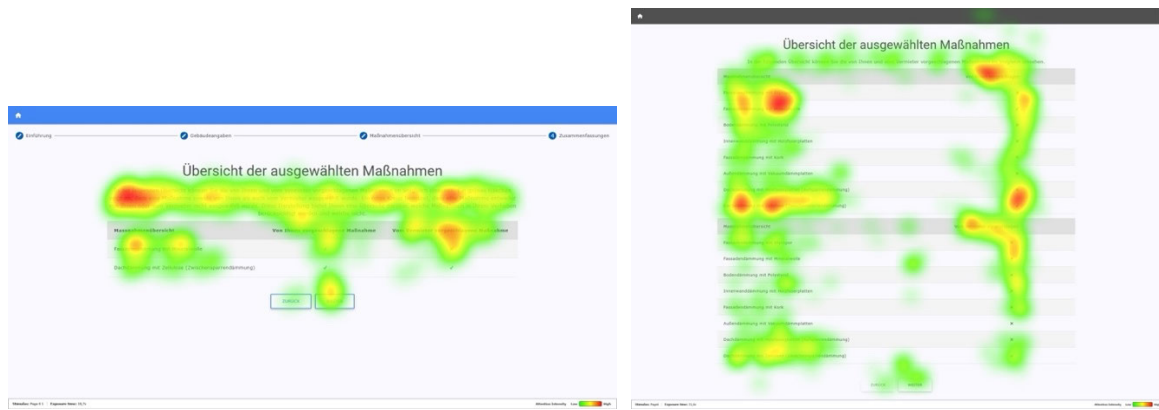


Abbildung 56: Heatmap der Maßnahmenübersichts-Seite von Gruppe A (links) und von Gruppe B (rechts)
 Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Bei Gruppe A ist der Scanpfad (s. Abbildung 57) hier sehr strukturiert und nach dem Muster von links nach recht und oben nach unten folgend. Die Nutzer:innen bewegen sich hier sehr effizient über die Seite und zeigen kaum Sprünge in den Blickbewegungen. Im Gegensatz dazu sind die Bewegungen bei Gruppe B deutlich unstrukturierter. Es gibt generell viel mehr und längere Blicke. Die Teilnehmer:innen bewegen sich hier nicht, wie bei Gruppe A, horizontal und vertikal, sondern springen über die Tabellenelemente hin und her. Das Scanverhalten ist deutlich länger und ineffizienter.

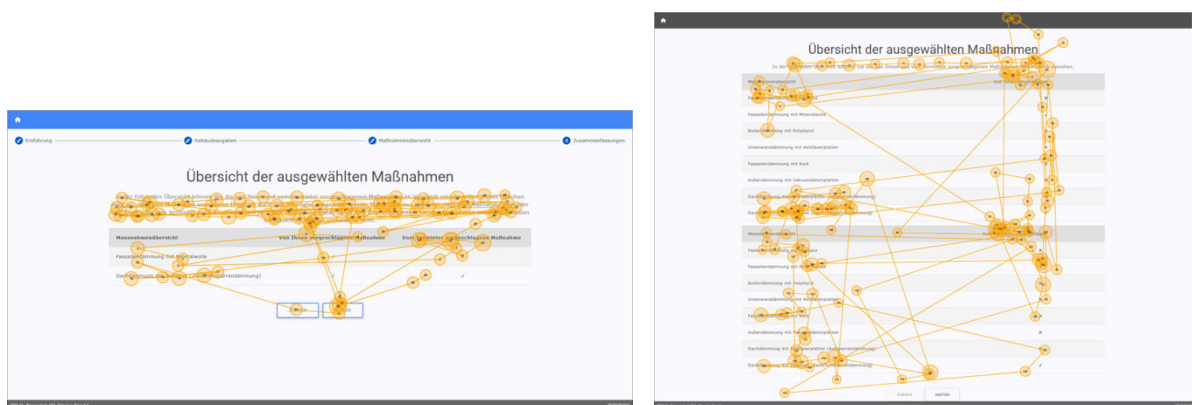


Abbildung 57: Scanpfad der Maßnahmenübersichts-Seite der Teilnehmer:in 3 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 3 von Gruppe B (rechts)
 Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Auf der Kosten- und Einsparungsseite (Seite 7) zeigt sich bei Gruppe A ein einheitliches und strukturiertes Blickmuster (s. Abbildung 58). Die Überschrift und der Einführungstext zeigen beide ein einheitliches Lese-Verhalten mit geringer bis mittlerer Intensität. Danach liegt der Fokus auf den aktuellen und zukünftigen Kosten. Beide Felder wurde einheitlich angeschaut, wobei die Intensität bei den zukünftigen Kosten etwas höher ist als bei den Aktuellen. Auch die CO₂-Einsparungen zeigen ein einheitliches Muster, wobei auch hier die Intensität bei den zukünftigen Einsparungen etwas höher ist als bei den aktuellen Einsparungen. Auch die nachfolgende Bewertung der Maßnahmen konnte die Blicke der Teilnehmenden anziehen. Die nachfolgende Tabelle mit der Auflistung der Maßnahmen zeigt ein einheitliches Blickverhalten. Jedoch ist der Fokus auf den Spalten der ausgewählten Maßnahmen, Kosten und Energieeinsparung am höchsten. Außerdem zeigt die Heatmap einen starken Fokus auf den

„Weiter“-Button. Bei Gruppe B liegt der Fokus hauptsächlich auf den aktuellen und zukünftigen Kosten. Außerdem zeigt sich eine höhere Intensität auf den zukünftigen CO₂-Einsparungen, die hier jedoch nicht explizit erwähnt werden, sondern nur mit Kilogramm aufgezeigt werden. Die Tabelle wird ähnlich angeschaut wie bei Gruppe A, nur dass die Intensität hier etwas geringer ist als bei Gruppe A. Geringer ist auch die Intensität der Blicke auf dem „Weiter“-Button, der hier deutlich weniger angeschaut wurde.

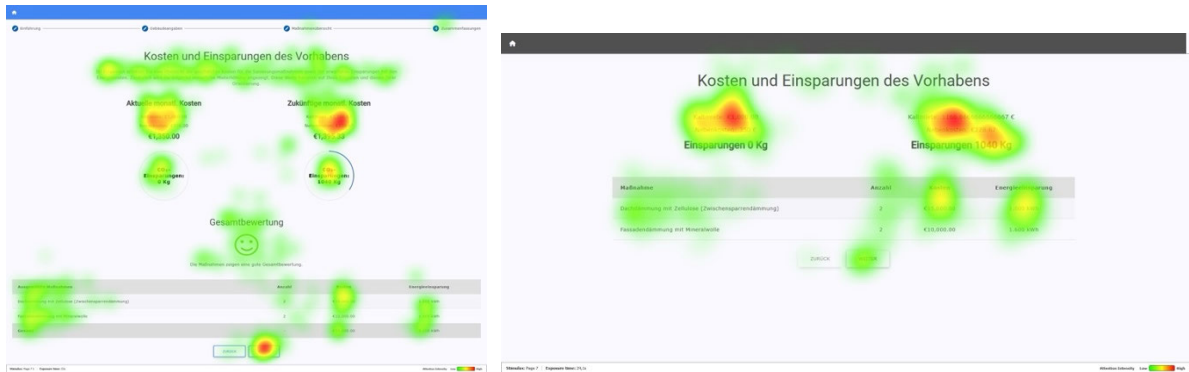


Abbildung 58: Heatmap der Kosten- und Einsparungsseite von Gruppe A (links) und von Gruppe B (rechts)
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Die Scanfade (s. Abbildung 59) bestätigen den Eindruck des Blickmusters aus der Heatmap von Gruppe A. Die Teilnehmer:innen schauen sich alle Elemente der Webseite an und bewegen sich horizontal nach unten. Auch bleiben an keinem Element der Webseite zu viele Blicke hängen. Es sind kaum Sprünge zu erkennen. Bei Gruppe B sieht das Blickmuster ähnlich aus. Die Bewegungen der Augen sind auch hier horizontal nach unten. Auffällig ist jedoch, dass die Teilnehmer:innen hier viel mehr Zeit sich auf den aktuellen und zukünftigen Kosten und Einsparungen verbringen. Es zeigen sich mehr Sprünge im Blickverhalten als bei Gruppe A.

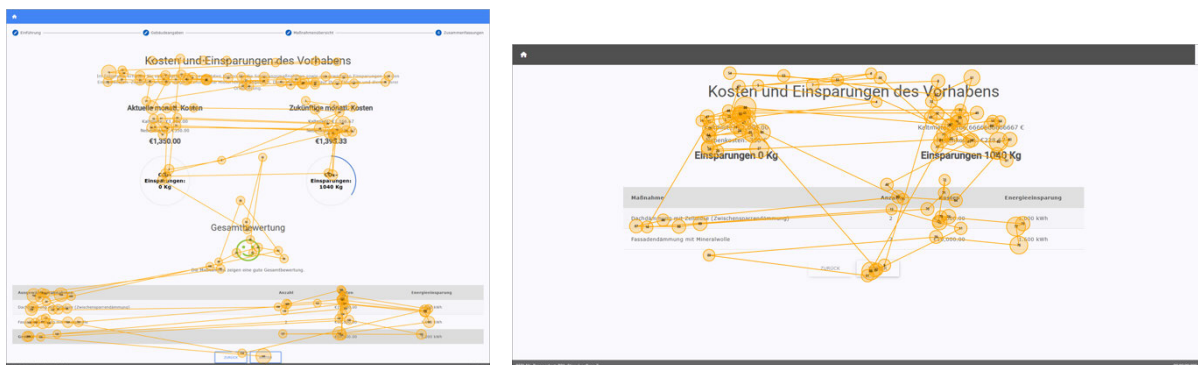


Abbildung 59: Scanfade der Kosten- und Einsparungsseite der Teilnehmer:in 2 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 1 von Gruppe B (rechts)
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Auf der vorletzten Seite, der Review-Seite, wo die Teilnehmenden nochmal ihre Angaben kontrollieren konnten, liegt der Fokus bei beiden Gruppen auf der Tabelle mit den Angaben (s. Abbildung 60). Dabei ist bei Gruppe A der Fokus fast einheitlich auf allen Feldern der Tabellen. Dort wo Angaben korrigiert wurden, mit rot umrandete Felder, sind die Felder jedoch noch intensiver fokussiert worden. Bei Gruppe B liegt der Fokus vor allem auf den Angaben, die auch verändert wurden, also „Nachname“,

„Hausnummer“, „Postleitzahl“ und „Gesamtwohnfläche“. Außerdem wird die Überschrift in Gruppe B deutlich stärker fixiert als in Gruppe A. Der Einleitungstext in Gruppe A wird dafür jedoch nur kaum oder nur sehr kurz fixiert. Bei Gruppe B ist zudem ein starker Fokus auf den „Zurück“-Button als auf den „Weiter“-Button. Zusätzlich wird das „Home“-Symbol oben links in der Ecke stark fixiert. Bei Gruppe A fokussieren sich die Nutzer:innen stärker auf den dem „Weiter“-Button. Außerdem werden in Gruppe A die Informationen zu den Angaben mehr betrachtet als in Gruppe B.

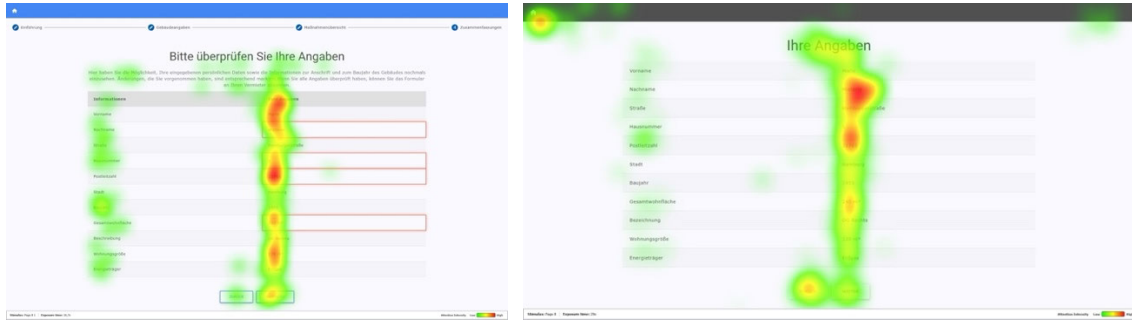


Abbildung 60: Heatmap der Review-Seite von Gruppe A (links) und von Gruppe B (rechts)
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Bei Gruppe A zeigen auch die Scanpfade (s. Abbildung 61), dass die meisten Blicke vor allem auf die Spalte „Ihre Angabe“ gerichtet sind. Die Blicke bewegen sich hier mehr vertikal als horizontal. Generell sind die Scanpfade jedoch kurz und es gibt keine Akkumulierungen. Bei Gruppe B sind die Blickbewegungen auch mehr vertikal als horizontal. Jedoch sind die Pfade deutlich länger und es gibt mehr Fixierungen als bei Gruppe A. Auch wie bei den Heatmaps ist hier zu erkennen, dass die Teilnehmer:innen immer wieder auf das „Home“-Symbol und den „Zurück“-Button fokussieren. Dadurch gibt es auch deutlich mehr Sprünge in den Blickbewegungen.

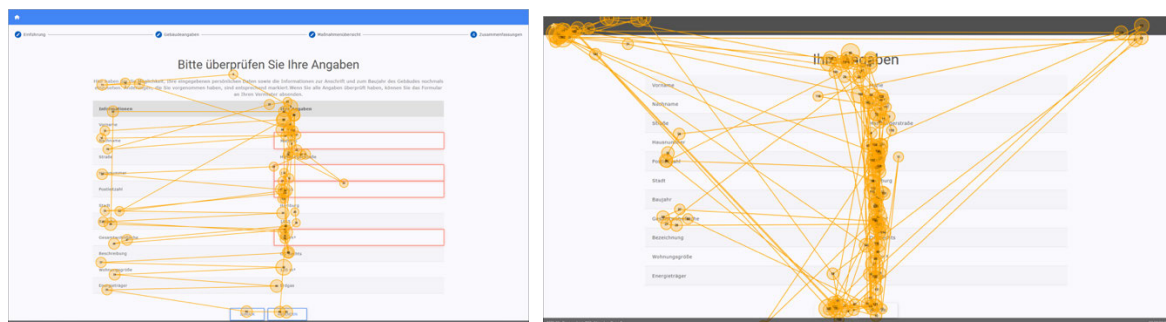


Abbildung 61: Scanpfade der Kosten- und Einsparungsseite der Teilnehmer:in 3 von Gruppe A (links) und Teilnehmer:in 2 von Gruppe B (rechts)
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Auf der letzten Seite wurden bei Gruppe B keine Betrachtungen erkannt, dazu wird später in der Diskussion tiefer eingegangen werden. Bei Gruppe A zeigt sich hier ein Fokus auf dem Abschlusstext und dem grünen Haken. Außerdem wird die Statusleiste fokussiert, vor allem die Schritte 3 und 4, Maßnahmenübersicht und Zusammenfassung (s. Abbildung 62).

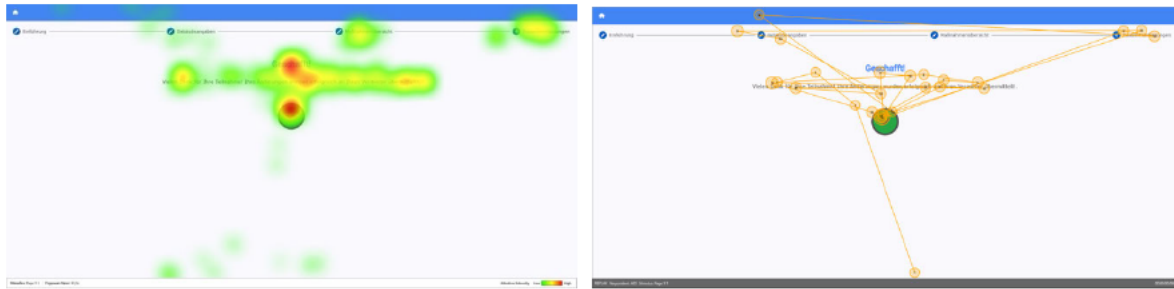


Abbildung 62: Heatmap (links) und Scanpfad von Teilnehmer:in 5 (rechts) der Abschlussseite für Gruppe A
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Wie bei den Heatmaps gibt es auch für die Scanfade keine Abbildungen für Gruppe B. Bei Gruppe A (s. Abbildung 62) zeigt sich dennoch ein ähnliches Bild wie bei den Scanpfaden. Die Teilnehmer:innen schauen sich zunächst den Abschlusstext und das Icon an, bevor sie sich auf die Statusleiste fokussieren. Die Blicke springen erst nach der Betrachtung des Abschlusstextes.

6.5 Ergebnisse der 2D/3D-Analyse

Nach Abschluss der Analyse des gesamten Stimulus folgt nun eine differenzierte Auswertung der Seite zu den energetischen Sanierungsmaßnahmen mit Fokus auf die 2D- bzw. 3D-Visualisierung. Ziel ist es, potenzielle Unterschiede in den physiologischen und emotionalen Reaktionen der Teilnehmenden zu identifizieren, die Hinweise auf eine unterschiedliche Benutzerfreundlichkeit liefern könnten. Hierfür wurden erneut deskriptive statistische Verfahren angewendet, insbesondere für die Metriken der Galvanic Skin Response (GSR) und der Facial Expression Analysis (FEA). Bei der GSR wurden wie zuvor die Gesamtzahl der Peaks, die Peaks pro Minute sowie die durchschnittliche Peak-Amplitude untersucht. Der Vergleich der Anzahl der GSR-Peaks zeigt deutliche Unterschiede. In der 3D-Version (Gruppe A) liegen die gemessenen Werte insgesamt deutlich unter denen der 2D-Version (Gruppe B) (s. Tabelle 12). Besonders auffällig ist der Mittelwert, der in Gruppe B fast zehn Peaks höher liegt als in Gruppe A. Auch die Verteilung bestätigt dieses Bild (s. Abbildung 63), mit einem insgesamt niedrigeren Niveau in Gruppe A. In beiden Gruppen ist jeweils ein Ausreißer nach oben erkennbar, etwa 16 Peaks in Gruppe A und über 40 Peaks in Gruppe B.

Tabelle 12: Deskriptive Kennwerte der Anzahl der GSR-Peaks der 2D/3D-Analyse
Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	2	12
Mittelwert	4,20	14,80
Standardabweichung	6,26	16,05

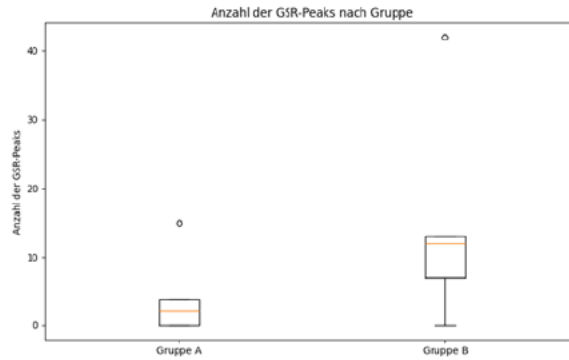


Abbildung 63: Anzahl der GSR-Peaks nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse

Quelle: Eigene Darstellung

Auch bei den Peaks pro Minute zeigt sich ein insgesamt höheres Niveau in Gruppe B im Vergleich zu Gruppe A. Besonders der Median liegt in Gruppe B mit 9,43 Peaks pro Minute deutlich über dem Wert von 2,38 Peaks in Gruppe A (s. Tabelle 13). Zudem ist die Streuung der Werte in Gruppe B größer, was sich sowohl in der höheren Standardabweichung (4,45 gegenüber 2,89) als auch in der grafischen Darstellung der Verteilung widerspiegelt. Der Boxplot von Gruppe B weist eine deutlich größere Spannweite auf (s. Abbildung 64). Diese Tendenz setzt sich auch in der Analyse der durchschnittlichen Peak-Amplitude fort, bei der die Werte von Gruppe A durchgängig unter denen von Gruppe B liegen.

Tabelle 13: Deskriptive Kennwerte der Anzahl der Peaks pro Minute der 2D/3D-Analyse

Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	1,5	9,43
Mittelwert	2,38	7,09
Standardabweichung	2,89	4,45

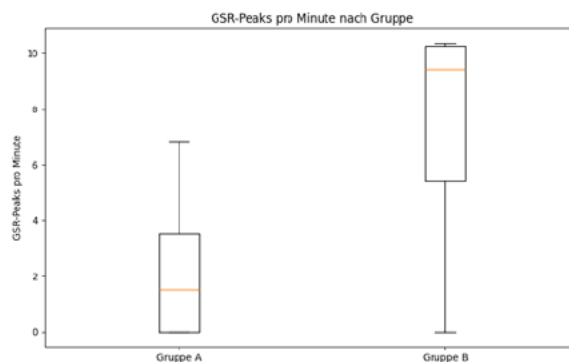


Abbildung 64: Anzahl der GSR-Peaks pro Minute nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 14: Deskriptive Kennwerte der Anzahl der durchschnittlichen Peak-Amplitude der 2D/3D-Analyse
Quelle: Eigene Darstellung

Kennwert	Gruppe A	Gruppe B
Median	0,0059	0,0666
Mittelwert	0,01	0,07
Standardabweichung	0,008	0,055

Besonders deutlich wird dieser Unterschied im Mittelwert der durchschnittlichen Peak-Amplitude. Während dieser in Gruppe A bei 0,001 μS liegt, weist Gruppe B einen deutlich höheren Mittelwert von 0,07 μS auf (s. Tabelle 14). Darüber hinaus fällt auch die stärkere Streuung der Daten in Gruppe B auf. Dies zeigt sich sowohl in der höheren Standardabweichung wie auch durch die Darstellung im Boxplot, welche eine größere Varianz und Spannweite der Werte in Gruppe B erkennen lassen (s. Abbildung 65).

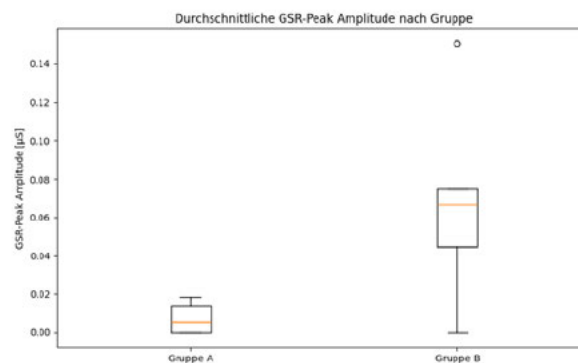


Abbildung 65: Durchschnittliche GSR-Peak Amplitude nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse
Quelle: Eigene Darstellung

Im Anschluss an die Analyse der galvanischen Hautreaktion wurde die Facial Expression Analysis (FEA) als weitere Metrik zur Untersuchung der 2D/3D-Interaktion herangezogen. Neben den sieben Kernemotionen („Anger“, „Sadness“, „Disgust“, „Fear“, „Joy“, „Surprise“, „Contempt“) wurden zusätzlich die positive, negative und neutrale Valenz sowie die neutralen Gesichtsausdrücke berücksichtigt. Bei der Betrachtung der sieben Emotionen zeigten sich folgende Ergebnisse. Bei „Anger“ überschritten in Gruppe A nur einer, in Gruppe B drei Teilnehmende den Schwellenwert. Der prozentuale Anteil über die Interaktionsdauer lag bei 0,47 % (Gruppe A) bzw. 0,13 % (Gruppe B). Bei „Sadness“ überschritten eine Person in Gruppe A und zwei Personen in Gruppe B den Schwellenwert. Der Anteil der Emotion war in Gruppe B (0,27 %) höher als in Gruppe A (0,08 %). Bei „Disgust“ überschritten zwei Teilnehmende in Gruppe A und eine Person in Gruppe B den Schwellenwert. Der prozentuale Anteil betrug in beiden Gruppen 0,04 %. Für „Fear“ zeigte sich eine stärkere Ausprägung in Gruppe B, während in Gruppe A eine Person den Schwellenwert überschritt, waren es in Gruppe B zwei. Der Anteil an der Interaktionsdauer betrug 0,14 % bzw. 0,28 %. Bei „Joy“ überschritt nur eine Person in Gruppe A den Schwellenwert. Der Anteil über den Betrachtungszeitraum liegt bei 0,03 %. Bei „Surprise“ überschritten eine Person in Gruppe A und drei Personen in Gruppe B den Schwellenwert.

Der Anteil betrug 0,14 % in Gruppe A und 0,28 % in Gruppe B. Bei „Contempt“ wurde nur in Gruppe B eine Schwellenwertüberschreitung festgestellt. Der Anteil an der Gesamtdauer betrug 0,04 %. Die Schwellenwerte zu den jeweiligen Kern-Emotionen sind dabei in Abbildung 66 dargestellt, die Ergebnisse des prozentualen Anteils finden sich in Abbildung 67.

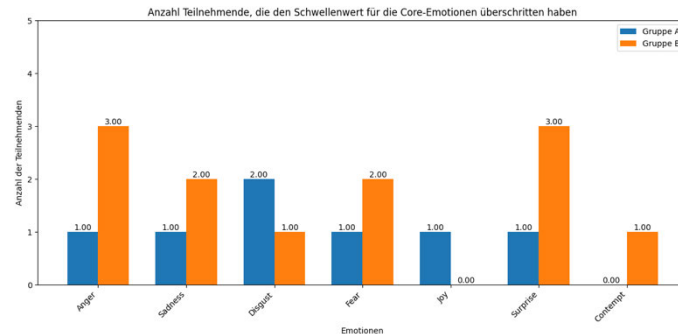


Abbildung 66: Säulendiagramm der sieben Kern-Emotionen nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse
Quelle: Eigene Darstellung

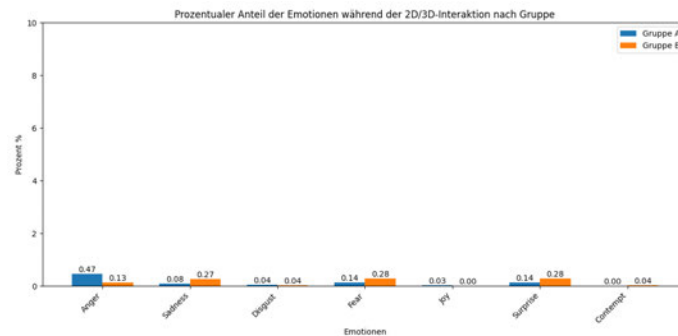


Abbildung 67: Säulendiagramm des prozentualen Anteils der sieben Kern-Emotionen nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse
Quelle: Eigene Darstellung

Im Anschluss an die Analyse der sieben Kernemotionen wurde im Rahmen der Facial Expression Analysis (FEA) auch die Valenz untersucht. Dabei wurden die positive, negative sowie die neutrale Valenz hinsichtlich Ausprägung und Verteilung analysiert. Bei der positiven Valenz überschritt in Gruppe A lediglich eine Person den Schwellenwert (s. Abbildung 68). Der Anteil der positiven Valenz an der Interaktionsdauer lag bei 0,16 % (s. Abbildung 69). Bei der negativen Valenz überschritten in Gruppe A eine und in Gruppe B vier Personen den Schwellenwert. Der Anteil der negativen Valenz an der Interaktionsdauer liegt in Gruppe A mit 0,33 % leicht höher als in Gruppe B (0,28 %). Bei der neutralen Valenz überschritten in beiden Gruppen alle Teilnehmenden den Schwellenwert. Der prozentuale Anteil der neutralen Valenz war in beiden Gruppen nahezu identisch mit 99,36 % für Gruppe A und 99,52 % für Gruppe B.

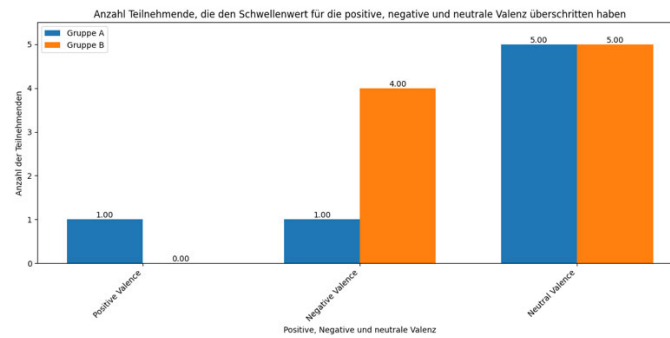


Abbildung 68: Säulendiagramm der positiven, negativen und neutralen Valenz nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse
Quelle: Eigene Darstellung

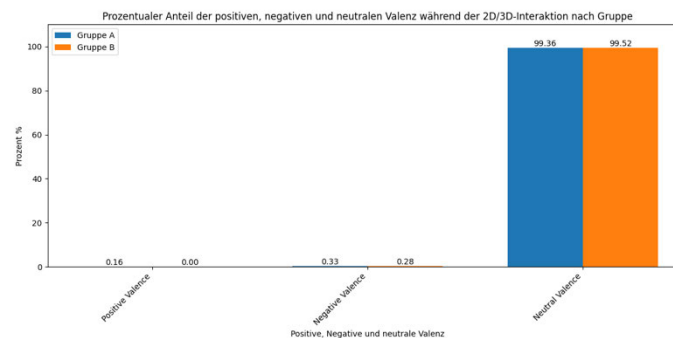


Abbildung 69: Säulendiagramm des prozentualen Anteils der positiven, negativen und neutralen Valenz nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse
Quelle: Eigene Darstellung

Als abschließende Metrik der Facial Expression Analysis wurden die neutralen Gesichtsausdrücke analysiert. In beiden Gruppen überschritten alle Teilnehmenden den festgelegten Schwellenwert (s. Abbildung 70), was auf eine insgesamt hohe Ausprägung neutraler Gesichtsausdrücke während der Stimuluspräsentation hinweist. Der prozentuale Anteil neutraler Gesichtsausdrücke lag in Gruppe A bei 97,31 % und damit höher als in Gruppe B mit 88,09 % (s. Abbildung 71).



Abbildung 70: Säulendiagramm der neutralen Gesichtsausdrücke nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse
Quelle: Eigene Darstellung

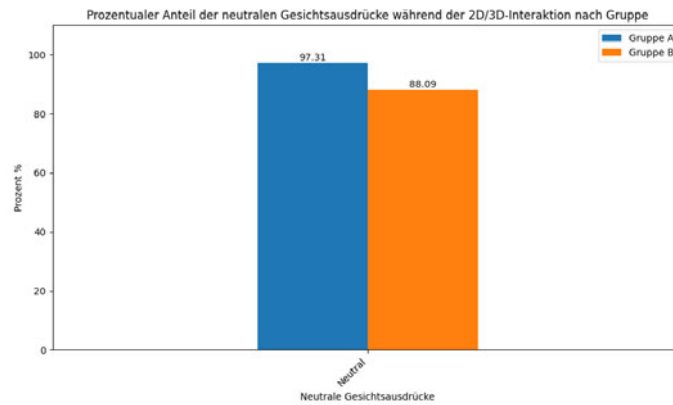


Abbildung 71: Säulendiagramm des prozentualen Anteils der neutralen Gesichtsausdrücke nach Gruppe bei der 2D/3D-Analyse
Quelle: Eigene Darstellung

Zur Analyse der Durchführungsdauer der Interaktion wurde der Vergleich zwischen den beiden Gruppen herangezogen. Die durchschnittliche Dauer lag in Gruppe A bei 1,77 Minuten und in Gruppe B bei 1,98 Minuten. Der Median zeigte ein differenziertes Bild, in Gruppe A lag er bei 2,09 Minuten, in Gruppe B hingegen bei 1,5 Minuten. Die Gesamtdauer aller Interaktionen betrug 8,83 Minuten in Gruppe A und 9,9 Minuten in Gruppe B. Die Standardabweichung der Durchführungsdauer fiel in Gruppe B mit 1,31 Minuten deutlich höher aus als in Gruppe A mit 0,5 Minuten, was auf eine größere Varianz hindeutet. Diese Streuung zeigte sich auch im Boxplot (s. Abbildung 72). Während in Gruppe B die Spannweite von etwa einer bis vier Minuten reichte, präsentierte sich die Verteilung in Gruppe A gleichmäßiger, wobei das dritte Quartil auf dem gleichen Niveau liegt wie der Median.

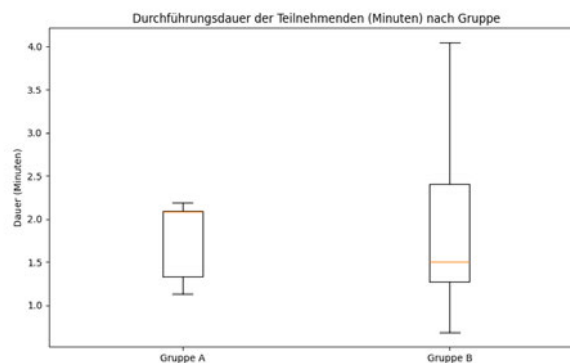


Abbildung 72: Boxplot der Interaktionsdauer mit der Maßnahmen-Ansichts-Seite nach Gruppen
Quelle: Eigene Darstellung

Im Rahmen der 2D/3D-Analyse wurden ebenfalls Signifikanztests durchgeführt, um potenzielle Unterschiede zwischen den beiden Darstellungsformen statistisch zu prüfen. Zur Gewährleistung methodischer Konsistenz kam auch hier der Mann-Whitney-U-Test zum Einsatz. Die Berechnung erfolgte unter Verwendung des gleichen Python-Codes wie in der Hauptanalyse. Es werden im Folgenden ausschließlich jene Ergebnisse berichtet, bei denen ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt wurde. Alle weiteren Resultate sind im Anhang dokumentiert. Die Prüfung erfolgte zunächst

auf Basis eines Signifikanzniveaus von $\alpha = 0,05$. Dabei konnte für keine der betrachteten Metriken eine statistisch signifikante Differenz zwischen den Gruppen festgestellt werden. Bei einer erweiterten Betrachtung mit einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,10$ zeigte sich jedoch ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der durchschnittlichen Peak-Amplitude ($p = 0,09$). Für alle weiteren Merkmale ergab sich auch bei diesem Niveau kein signifikanter Effekt. Die Rohdaten aus den R-Skripten für die 2D/3D-Analyse finden sich in Anhang 18, 19, 20 und 21.

7 Diskussion

Im Hinblick auf die Forschungsfrage, wie sich die Usability der beiden Versionen unterscheidet, zeigen die Ergebnisse ein konsistentes Muster zugunsten von Version A. Besonders deutlich wird dies in den deskriptiven Kennwerten, insbesondere im User Experience Questionnaire (UEQ). Sowohl Mittelwerte als auch Mediane sind bei Version A durchgehend höher ausgeprägt als bei Version B. Während alle Mittelwerte der Gruppe A im positiven Bereich liegen, fallen die Werte der Gruppe B signifikant niedriger aus. Diese Tendenz wird auch durch den Benchmark-Vergleich bestätigt, in dem Version A deutlich bessere Ergebnisse erzielt. Statistisch signifikante Unterschiede zeigen sich zwar nur in den Dimensionen „Originalität“ und „Attraktivität“, jedoch sind die Differenzen in diesen Bereichen besonders ausgeprägt. Insgesamt belegen die Ergebnisse, dass die subjektiv wahrgenommene Usability von Version A im Vergleich zu Version B deutlich positiver bewertet wurde.

Die Ergebnisse der physiologischen Messungen stützen in Teilen die Befunde der subjektiven Einschätzungen und unterstreichen die Unterschiede in der Usability beider Versionen. Besonders die Daten zur galvanischen Hautreaktion (GSR) zeigen deutliche Differenzen zwischen den Gruppen. Sämtliche deskriptiven Kennwerte liegen bei Version B höher als bei Version A. Hervorzuheben ist hierbei die Peak-Amplitude, die nicht nur klar ausgeprägter ist, sondern als einzige GSR-Metrik auch einen signifikanten Unterschied im Signifikanztest aufwies. Zudem zeigt sich bei Gruppe B eine deutlich stärkere Streuung der Werte, was auf eine größere individuelle Reaktivität schließen lässt. In Kombination mit den Ergebnissen des UEQs decken sich die Ergebnisse mit den Studien von De Carolis et al. (2023), Ali (2024) oder auch Mahlke et al. (2006), die in ihren Arbeiten bereits nachwiesen konnten, dass eine schlechtere Usability mit einer stärkeren Ausprägung der galvanischen Hautleitfähigkeit in Verbindung gebracht werden kann. Außerdem sind die Ergebnisse auch konsistent mit den Befunden von Dickson & McGinnies (1966), die eine erhöhte GSR-Amplitude mit dem Auftreten emotionaler Reize in Verbindung bringen. Auch die Ergebnisse der Emotionserkennung bestätigen diese Tendenz. In Gruppe B überschritten mehr Teilnehmende den Schwellenwert für mindestens eine der sieben Grundemotionen, wobei insbesondere „Anger“, „Fear“ und „Surprise“ häufiger auftraten. Dies spiegelt sich ebenfalls in den Valenzdaten wider, sowohl im positiven als auch im negativen Bereich überschritten in Gruppe B mehr Personen die Schwellenwerte. Der deutlich höhere Anteil negativer Valenzwerte lässt darauf schließen, dass Version B bei den Teilnehmenden vermehrt negative emotionale Reaktionen ausgelöst hat, was wiederum auf eine schlechtere Usability hindeutet.

Diese Ergebnisse zeigen Übereinstimmungen mit der Arbeit von Jindrová et al. (2020), dass negative Reize oft mit höheren GSR-Werte einhergehen. Auch die höheren Werte der Emotion „Anger“ bestätigen, dass sich mit erhöhter Komplexität die Ausprägung dieser Emotion verstärkt (Talen & Den Uyl, 2022).

Auch hier lässt sich das Auftreten der negativen Emotionen mit den schlechteren Bewertungen im User Experience Questionnaire in Verbindung bringen. Negative Emotionen gelten dabei laut Aspandi et al., 2022 und Dave (2023) als verlässliche Indikatoren für eine verminderte Usability. Ergänzend dazu zeigen sich bei Version A höhere Werte für neutrale Gesichtsausdrücke, was auf eine geringere emotionale Aktivierung und damit auf eine stabilere, weniger störende Nutzungserfahrung hindeuten, was sich auch mit den Ergebnissen aus der Arbeit von Dickson & McGinnies (1966) decken, die in ihrer Studie nachwiesen, dass neutrale Reaktionen keine Auswirkungen auf die Werte der Galvanic Skin Response haben.

Die Eye-Tracking-Daten zeigen im Gegensatz zu den subjektiven und physiologischen Messungen weniger Unterschiede in den deskriptiven Kennwerten, diese sind in beiden Gruppen weitgehend vergleichbar. Auffällige Differenzen ergeben sich jedoch in der qualitativen Analyse der Heatmaps und Scanpfade. Hier zeigen sich klare Hinweise auf eine bessere Orientierung und Navigation in Version A. Die Blickbewegungen in Gruppe A verlaufen strukturierter und folgen stärker dem visuellen Aufbau der Seite, vor allem in horizontaler und vertikaler Richtung. In Version B hingegen treten deutlich mehr Sprünge auf, was auf eine Unsicherheit in der Orientierung schließen lässt. Besonders auf Seite 3, der Gebäudedaten-Seite, richtet sich der Blick der Teilnehmenden in Gruppe B auffällig häufig auf den Bestätigungsbutton, ein Hinweis auf Unsicherheit bezüglich dessen Funktion. In Version A ist der Button ebenfalls im Fokus, jedoch in deutlich geringerem Maße. Dies spricht dafür, dass die Anwendung von Nielsens Heuristiken in Version A eine klarere Handlungsführung ermöglicht und Unsicherheit reduziert. Außerdem zeigt sich, dass die bei Version B eingebaute Verzögerung eine Verunsicherung darüber ausgelöst hat, ob der Button funktioniert und wie der aktuelle Status des Systems ist. Diese Verunsicherung bestätigt die Heuristik von Nielsen, dass eine fehlende Sichtbarkeit des Systemstatus Verunsicherung auslöst. Auch die Scanpfade bestätigen dieses Bild. Sie verlaufen in Version B deutlich sprunghafter und weniger zielgerichtet. Ein weiteres Beispiel für die Orientierungslosigkeit bietet Seite 6, die Maßnahmenübersicht. In Version B führten zwei übereinanderliegende Tabellen dazu, dass viele irrelevante Bereiche betrachtet wurden. Sowohl in der Heatmap als auch in den Scanpfaden ist ein unstrukturiertes Blickmuster erkennbar. In Version A hingegen helfen die klarere Struktur und visuelle Hierarchie, die Aufmerksamkeit auf die relevanten Informationen zu lenken. Auch die Scanpfade verlaufen hier geordneter und mit weniger Fixationen. Auf der Kosten- und Einsparungsseite (Seite 7) fällt bei Version B auf, dass nur wenige Elemente stark fokussiert wurden. Das gilt insbesondere dort, wo die Hinweise auf die CO₂-Einsparungen fehlen. Die Heatmaps deuten darauf hin, dass die Aussage der Seite nicht klar verstanden wurde. In Version A zeigt sich hingegen eine gleichmäßige Betrachtung aller relevanten Inhalte, was auf eine bessere Informationsvermittlung hindeutet. Besonders deutlich

werden die Unterschiede auf der vorletzten Seite, der Review-Seite (Seite 8). In Version A lenken visuelle Hinweise, wie rote Umrandungen, die Aufmerksamkeit gezielt auf geänderte Angaben, wodurch die Nutzer:innen unmittelbar überprüfen können, ob ihre Eingaben korrekt übernommen wurden. Dies entspricht Nielsens erster Heuristik („Visibility of System Status“). In Version B hingegen konzentrieren sich die Blicke stark auf den oberen Teil der Tabelle und erfassen viele irrelevante Felder, ein Zeichen für fehlende Orientierung. Besonders auffällig ist zudem die intensive Fokussierung auf die „Home“- und „Zurück“-Buttons. Dies deutet darauf hin, dass die Teilnehmenden nach einer Möglichkeit suchten, Eingaben zu korrigieren, ihnen diese Kontrolle jedoch verwehrt blieb. Die Verletzung von Nielsens dritter Heuristik („User Control and Freedom“) sowie der neunten Heuristik („Help Users Recognize, Diagnose, and Recover from Errors“) führte hier nachweislich zu Verwirrung. Auch die Scanfade belegen dies durch eine erhöhte Anzahl an Fixationen auf eben jene Navigationsoptionen.

Insgesamt zeigen die qualitativen Eye-Tracking-Daten, dass Version A, durch die konsequente Umsetzung der Usability-Heuristiken, eine strukturierte, verständliche und vertrauenswürdige Nutzerführung ermöglicht, während Version B durch unklare Strukturen und fehlende Rückmeldungen zu Unsicherheit und Desorientierung führt. Diese Ergebnisse lassen sich klar im Kontext der aktuellen Forschung einordnen. So zeigen die Teilnehmenden der Version A für die beschriebenen Seiten weniger Fixationen und Sakkaden, sowie mehr horizontale und vertikale Blickbewegungen. Diese Befunde korrespondieren mit den Ergebnissen von Tichindelean et al. (2021) sowie Hung & Wang (2021), die belegen, dass eine klar strukturierte Webseite zu effizienteren Blickpfaden und einer verbesserten Orientierung führt. Demgegenüber geben die Ergebnisse von Version B Hinweise auf eine erhöhte kognitive Belastung und Schwierigkeiten bei der Filterung von relevanten Informationen. Diese Ergebnisse decken sich mit Molina et al. (2024), wonach unübersichtliche oder visuell überladene Interfaces mit ineffizientem Blickverhalten und einer längeren Verweildauer an irrelevanten Stellen einhergehen. Zudem stützen die Unterschiede zwischen den beiden Versionen die Ergebnisse von Zammarchi et al. (2021), denen zufolge eine eingeschränkte Nutzerführung und eine mangelhafte Layout-Gestaltung zu ineffizienteren Navigationsverhalten führen. Auch der Zusammenhang zwischen der Nutzung von Usability Heuristiken und Blickverhalten lässt sich bestätigen. So zeigen die Heatmaps von Gruppe B, dass schlecht platzierte oder visuell unzureichend hervorgehobene Inhalte deutlich seltener betrachtet wurden, was durch die Studie von Idrees et al. (2023) gestützt wird.

Die qualitativen Beobachtungen aus den Eye-Tracking-Daten lassen sich durch die physiologischen Messungen und der Emotionserkennung auf Seitenebene weiter untermauern (s. Anhang 22 und 23). Insbesondere die Anzahl der GSR-Peaks und deren Amplituden liefern klare Hinweise auf eine erhöhte emotionale Reaktion bei Nutzung von Version B und damit auf eine geringere Usability. Auf der Gebäudedaten-Seite (Seite 3) wurde in Gruppe B mit durchschnittlich 5,8 Peaks und 7,9 Peaks pro Minute der zweithöchste Wert über alle Seiten hinweg gemessen. Im Vergleich dazu zeigt Version A nur einen durchschnittlichen Peak bei 1,6 Peaks pro Minute, ein deutlicher Unterschied in der physiologischen Aktivierung. Ähnliche Muster zeigen sich auf Seite 6, der Maßnahmenübersichtsseite.

Gruppe B erreicht hier mit 5,64 Peaks pro Minute und einer durchschnittlichen Amplitude von 0,104 μ S erneut hohe Werte, während Version A mit nur einem Peak im Durchschnitt und einer Amplitude von 0,015 μ S deutlich unauffälliger bleibt.

Auch auf der Review-Seite (Seite 8) bestätigt sich dieses Bild. Die Teilnehmenden in Gruppe B zeigten durchschnittlich 4,2 Peaks, 8,4 Peaks pro Minute und eine Amplitude von 0,090 μ S, im Gegensatz zu Version A mit nur 0,75 Peaks, 2 Peaks pro Minute und einer Amplitude von 0,008 μ S. Diese deutlichen Differenzen zwischen den Versionen sprechen für eine stärkere emotionale Aktivierung bei Gruppe B, was auf Unsicherheit, Verwirrung oder Frustration hinweist.

Die Ergebnisse der Facial Expression Analysis für Version B zeigen für die Seiten 3, 6, und 7 keine besonderen Auffälligkeiten. Auch bei Version A zeigen sich keine großen Auffälligkeiten. Bei Seite 3 sind bei einer Person die Werte für Joy auffällig hoch. Bei Seite 6 finden sich für eine Person hohe Werte für Surprise. Interessanter ist dabei Seite 8, wo besonders für Version B mehrere positive sowie negative Emotionen erkannt wurden. Dabei zeigen sich bei Version B überraschenderweise bei drei Personen hohe Werte für die Emotion Joy. Bei Version A zeigen sich auch für diese Seite keine Auffälligkeiten. Bei vier von fünf Personen wurde hier 100% neutrale Emotionen erkannt. Im Gegensatz erreichte bei Version B nur eine Person 100%. Die Ergebnisse zeigen, dass auf dieser Seite bei Version B deutlich mehr Emotionen aktiviert wurden als bei Version A.

Insgesamt stützen die physiologischen Daten den Eindruck, dass die Umsetzung der Usability-Heuristiken in Version A zu einer ruhigeren, klareren und damit nutzerfreundlicheren Interaktion geführt hat. Die deutlich höheren Reaktionen der GSR und teilweise stärkere Aktivierung von Emotionen bei Version B verdeutlichen hingegen, wie stark sich Verstöße gegen grundlegende Usability-Prinzipien auf das Nutzererlebnis auswirken können. Bei der Analyse, welche Heuristiken herausstechen, zeigt sich, dass besonders Heuristik 1 („Visibility of System Status“) häufig vorkommt und auf drei der vier herausstechenden Seiten umgesetzt wurde. Ansonsten stechen noch Heuristik Nummer 2 („Match Between the System and the Real World“), 5 („Error Prevention“) und 9 („Help Users Recognize, Diagnose, and Recover from Errors“) hervor, die sich auf zwei Seiten angewendet wurden. Ob diese Heuristiken hier eine besondere Rolle für die Unterschiede beider Versionen verantwortlich sind, lässt sich jedoch nicht genau sagen.

Auch die Analyse der Durchlaufsdauer stützt die bisherigen Befunde zur Usability. In Version B liegen sowohl der Median als auch der Mittelwert der Bearbeitungszeit deutlich über denen von Version A, ebenso wie die gesamte Interaktionsdauer. Diese verlängerte Nutzungszeit deutet darauf hin, dass die Teilnehmenden in Version B größere Schwierigkeiten hatten, sich auf der Webseite zurechtzufinden. Die verlängerte Dauer lässt sich als Hinweis auf Orientierungslosigkeit und Unsicherheit deuten, beides Merkmale eingeschränkter Usability. Damit fügt sich dieses Ergebnis konsistent in das Gesamtbild einer schlechteren Nutzererfahrung in Version B ein.

Die deskriptiven Beobachtungen werden durch die Ergebnisse der Korrelationsanalysen inhaltlich gestützt und liefern weitere Hinweise auf die Unterschiede in der Usability der beiden Versionen. In Version B zeigen sich insbesondere negative Korrelationen zwischen den UEQ-Dimensionen Originalität und Stimulation sowie sämtlichen GSR-Metriken. Auch zwischen der durchschnittlichen Peak-Amplitude und der Dimension „Durchschaubarkeit“ besteht eine deutliche negative Beziehung. Diese Muster legen nahe, dass eine stärkere physiologische Aktivierung, insbesondere in Form erhöhter Hautleitfähigkeit, mit einer negativeren Nutzerbewertung assoziiert ist. Im Gegensatz dazu weisen die Daten in Version A auf positive Korrelationen zwischen den GSR-Metriken und den Dimensionen „Originalität“, „Attraktivität“, „Steuerbarkeit“ sowie teilweise „Durchschaubarkeit“ hin. Dies deutet darauf hin, dass emotionale Reaktionen hier vorwiegend positiv konnotiert waren und sich in einer entsprechend positiveren Bewertung der User Experience niederschlugen. Diese Interpretation wird durch die Zusammenhänge zwischen GSR-Daten und den Ergebnissen der Facial Expression Analysis (FEA) weiter gestützt. In Version A zeigt sich eine positive Korrelation zwischen der durchschnittlichen Peak-Amplitude, der Emotion „Joy“ sowie der positiven Valenz. Dies ist ein Hinweis darauf, dass physiologische Reaktionen hier mit positiven emotionalen Zuständen einhergingen. In Version B hingegen dominieren Zusammenhänge zwischen GSR-Werten, negativen Emotionen wie „Anger“ und „Fear“ sowie negativer Valenz. Gleichzeitig zeigen sich negative Korrelationen zwischen diesen negativen Emotionen und den UEQ-Dimensionen, was darauf hindeutet, dass intensiver wahrgenommene negative Emotionen mit einer deutlich schlechteren Bewertung der Usability einhergehen. Auch die Eye-Tracking-Daten liefern unterstützende Hinweise. So lassen sich negative Korrelationen zwischen verschiedenen UEQ-Dimensionen und Metriken wie der Anzahl der Fixationen oder der Sakkadenlänge feststellen. Diese deuten auf ein effizienteres visuelles Suchverhalten bei positiverer Nutzererfahrung hin. Diese quantitativen Befunde stehen im Einklang mit den qualitativen Beobachtungen aus den Heatmaps und Scanpfaden, die in Version A auf ein zielgerichtetes, kohärentes Blickverhalten schließen lassen. Auch wenn im Mann-Whitney-U-Test nur wenige Metriken statistisch signifikante Unterschiede zeigten, lässt sich dennoch eine klare Tendenz erkennen, dass sich die Ergebnisse zwischen den beiden Versionen unterscheiden. Die deskriptiven Kennwerte liefern deutliche Hinweise auf systematische Unterschiede zwischen den beiden Versionen, die auf eine insgesamt bessere Usability von Version A schließen lässt.

Die Ergebnisse der 2D/3D-Analyse zeichnen ein ähnliches Bild wie die Auswertung über den gesamten Stimulus. Auch hier zeigen sich für Version B, wo die Teilnehmer:innen mit dem 2D-Modell arbeiteten, erhöhte Werte bei der galvanischen Hautreaktion. Diese physiologische Aktivierung lässt sich in Zusammenhang mit der häufigeren Ausprägung negativer Emotionen und negativer Valenz bringen. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Teilnehmer:innen mit der 2D-Ansicht des Modells nicht zurechtkamen und frustriert waren. Zwar zeigt sich bei Version A mit dem 3D-Modell kein häufigeres Auftreten positiver Emotionen, wie im Vergleich zur Gesamtauswertung, dennoch ist die Erkennung von neutralen Gesichtsausdrücken deutlich höher als bei Version B. Dies kann als Hinweis auf eine

bessere Interaktion mit dem 3D-Modell sein. Überraschend ist das Ergebnis, dass die Interaktionsdauer mit dem 2D-Modell zum Teil deutlich länger war als bei der 3D-Version, obwohl das 3D-Modell in der Bedienung objektiv komplexer und weniger intuitiv war. Diese längere Interaktionsdauer lässt sich als Hinweis auf eine eingeschränkte Usability interpretieren. Die Teilnehmenden in Version B könnten unsicher gewesen sein, wie genau sie vorgehen sollen und benötigten daher mehr Zeit, um sich zurechtzufinden. Diese Interpretation wird durch die Scanfade und Heatmaps gestützt. Dabei konzentrieren sich die Blicke in Version A stärker auf das 3D-Modell, wohingegen sich in Version B der visuelle Fokus überwiegend auf das Auswahlmenü und die Tabelle richten. Auch das Blickverhalten ist bei Version B deutlich unruhiger und sprunghaft. Dies deutet auf eine Desorientierung hin und dass die Teilnehmenden nicht eindeutig wussten, was sie an dieser Stelle erwartet. Ein möglicher Erklärungsansatz für die bessere Orientierung könnte in der Beschreibung in Version A liegen, welche eine eindeutige Erklärung zur Umsetzung der Aufgabe gibt und in dieser Version auch intensiver betrachtet wurde. Die zusätzlichen Informationen haben den Teilnehmenden möglicherweise geholfen sich schneller zu orientieren und mit dem 3D-Modell vertraut zu machen. Bei Version A wurden die Heuristiken 5 („Error Prevention“), 8 („Aesthetic and Minimalist Design“) und 9 („Help User Recognize, Diagnose, and Recover from Errors“) umgesetzt. Hierbei stechen die Heuristiken 5 und 9 hervor, die bei der Analyse der herausstechenden Seiten bereits häufiger umgesetzt wurden. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass das 3D-Modell von den Nutzer:innen nicht als Hindernis empfunden. Das Gegenteil lag vor, es liefert offenbar eine klarere Struktur, hat visuell mehr Aufmerksamkeit bekommen, weniger negative Emotionen hervorgerufen und die Teilnehmer:innen weniger erregt. Auch wenn in den statistischen Tests, mit Ausnahme der durchschnittlichen Peak-Amplitude, keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden konnten, deuten sowohl die physiologischen als auch die visuellen Daten auf eine bessere Usability des 3D-Modells hin.

Trotz der vielversprechenden Ergebnisse müssen einige Limitationen der Studie berücksichtigt werden. Ein zentraler Aspekt ist die geringe Stichprobengröße, die sich in mehrfacher Hinsicht auf die Ergebnisse ausgewirkt hat. So zeigt sich über alle Metriken hinweg eine teilweise hohe Streuung der Werte, die sich insbesondere auf die deskriptiven Kennzahlen und die Signifikanztests ausgewirkt hat. Auffällig ist hierbei vor allem die große Varianz in den Daten des User Experience Questionnaire. Diese hohe Streuung dürfte mitverantwortlich dafür sein, dass viele der beobachteten Effekte statistisch nicht signifikant ausfielen. Bei homogenen Daten wären hier möglicherweise deutlicher unterscheidbare Resultate erzielt worden. Die geringe Stichprobengröße und die Abweichung von der Normalverteilung hatten zudem Einfluss auf die Wahl der statistischen Verfahren. Für die Korrelationsanalysen wurde die Spearman-Korrelation herangezogen, für den Vergleich zwischen den Gruppen der Mann-Whitney-U-Test. Beide Tests basieren auf der Analyse von Rangplätzen und sind dadurch robust gegenüber Ausreißern und stark streuenden Daten. Gleichzeitig liefern sie im Vergleich zu parametrischen Verfahren jedoch nur eingeschränkte Aussagen über die Richtung und Stärke der Zusammenhänge beziehungsweise Mittelwertunterschiede.

Ein weiterer kritischer Punkt betrifft die Auswertung der Emotionserkennung. Die Ergebnisse zum prozentualen Anteil der Kernemotionen über die gesamte Stimulusdauer stimmen nicht in allen Fällen mit der Anzahl der Teilnehmenden überein, die den jeweiligen Schwellenwert überschritten haben. Besonders auffällig ist dies bei den Emotionen „Anger“ und „Sadness“. In Gruppe B überschritten mehr Teilnehmende den Schwellenwert, während der prozentuale Anteil dieser Emotionen an der Gesamtzeit in Gruppe A höher ausfiel. Eine mögliche Erklärung für diesen Widerspruch könnte in der kürzeren durchschnittlichen Durchführungsdauer von Gruppe A liegen. Dadurch erhält jeder einzelne Frame ein größeres Gewicht in der prozentualen Verteilung. Eine weitere Erklärung könnte in der Interpretation einzelner Gesichtsausdrücke durch das Analysemodell liegen. Es ist denkbar, dass bestimmte mimische Bewegungen bei einzelnen Personen aus Gruppe A fälschlich als „Anger“ oder „Sadness“ klassifiziert wurden. Solche systematischen Fehlklassifikationen werden auch von Barrett et al. (2019) beschrieben, die darauf hinweisen, dass Emotionserkennungssysteme kontextabhängig variierende Gesichtsausdrücke nicht immer korrekt einordnen. Eine ähnliche Diskrepanz zeigt sich in den Valenzdaten. Auch hier ist der Anteil negativer Frames in Gruppe A höher, obwohl in Gruppe B mehr Teilnehmende den Schwellenwert für negative Valenz überschritten haben. Die Daten deuten darauf hin, dass diese Verzerrung insbesondere auf eine einzelne Person (Teilnehmende:r 5) zurückzuführen ist. Diese Person weist im Vergleich zu den anderen Teilnehmenden deutlich höhere Werte sowohl bei der negativen Valenz als auch bei den negativen Emotionen auf. So beträgt der Anteil negativer Valenz bei Teilnehmende:r 5 3,14 %, bei Teilnehmende:r 4 hingegen nur 0,71 %, während bei allen übrigen Personen 0 % verzeichnet wurde. Dieser Befund unterstreicht, dass einzelne Ausreißer bei geringer Stichprobengröße einen überproportionalen Einfluss auf die Gesamtergebnisse haben können. Insbesondere bei automatisierten Auswertungsverfahren wie der Emotionserkennung kann dies zu Verzerrungen führen, die bei größeren Stichproben statistisch besser aufgefangen würden.

Ein weiterer kritischer Punkt betrifft die Datenlage im Bereich Eye-Tracking. Auffällig ist, dass die deskriptiven Kennwerte zwischen den Gruppen ein ähnliches Niveau aufweisen, obwohl auf qualitativer Ebene deutliche Unterschiede sichtbar wurden. Eine mögliche Erklärung hierfür liegt in der geringen Stichprobengröße und der damit verbundenen hohen Streuung, die dazu führt, dass sich keine eindeutige Tendenz in den berechneten Kennwerten erkennen lässt. Auch bei der Erstellung der Heatmaps und Scanpfade traten vereinzelt Probleme auf. Für Version B konnten beispielsweise auf Seite 9 (Review-Seite) keine entsprechenden Visualisierungen erzeugt werden. Darüber hinaus fehlen für mehrere Seiten und Teilnehmende die Scanpfade vollständig. In Version A betraf dies auf Seite 4 Teilnehmende:r 2, auf Seite 6 Teilnehmende:r 5 und auf Seite 8 die Teilnehmenden 1 und 4. In Version B betraf dies die/den Teilnehmende:n 3 auf Seite 4 und Seite 7, sowie auf Seite 9, wie bereits berichtet. Die Ursachen für diesen Datenverlust konnten im Nachhinein nicht eindeutig geklärt werden. Allerdings weisen Molina et al. (2024) darauf hin, dass bei Eye-Tracking-Studien ein Datenverlust von bis zu 20 % als realistisch gilt. Als Gründe nennen die Autor:innen unter anderem technische Probleme, Kalibrierungsfehler oder unvorhersehbare Bewegungen der Testpersonen. Diese Ausfälle und

Ungenauigkeiten reduzieren die Aussagekraft der quantitativen Eye-Tracking-Daten und verdeutlichen die Notwendigkeit, solche Messverfahren stets kritisch im Zusammenspiel mit anderen Datenquellen zu interpretieren, sowie genügend Teilnehmende zu rekrutieren, um solche Fehlerquellen zu kompensieren.

Auch die Ergebnisse der Korrelationsanalysen und Signifikanztests sind mit Blick auf die methodischen Rahmenbedingungen kritisch zu betrachten. Aufgrund der geringen Stichprobengröße und der starken Streuung der Daten konnten viele beobachtete Tendenzen nicht als statistisch signifikant beschrieben werden, obwohl die deskriptiven Kennwerte zum Teil auf deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen hinweisen. Für die Korrelationsanalysen wurde die Spearman-Korrelation, da die Daten nicht normalverteilt waren und die Stichprobengröße klein. Dieses Verfahren ist zwar robust gegenüber Ausreißern und für kleine Stichproben geeignet, liefert jedoch nur eingeschränkte Aussagen über die Art und Stärke der Zusammenhänge. So ergaben sich teilweise starke Korrelationen, die nicht in das Gesamtbild passen und möglicherweise auf einzelne Ausreißer zurückzuführen sind, wie zum Beispiel die starke Korrelation zwischen den Emotionen „Anger“, „Fear“, „Sadness“ und „Surprise“ mit der Dimension „Effizienz“ des User Experience Questionnaire bei Version A. Außerdem zeigen Korrelationen zwar Zusammenhänge, aber keine kausalen Schlussfolgerungen (Bortz & Schuster, 2011). Für die Vergleiche der Datensätze wurde der Mann-Whitney U-Test verwendet. Auch diese Verfahren basiert auf Rangordnungen und prüft, ob sich die Verteilungen zweier Gruppen unterscheiden. Es liefert jedoch keine Aussage über Mittelwerte oder deren exakte Differenz (Bortz & Schuster, 2011). Die geringe Anzahl an signifikanten Ergebnissen ist vermutlich nicht auf das Fehlen echter Effekte zurückzuführen, sondern auf die eingeschränkte Teststärke in Kombination mit der geringen Stichprobengröße und den Ausreißern in den Daten. So besteht zum Beispiel beim User Experience Questionnaire nur bei einer bzw. zwei Dimensionen ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Versionen, obwohl die Ergebnisse eindeutig zugunsten von Version A zu interpretieren sind. Insgesamt zeigen die Analysen zwar konsistente Muster, insbesondere zugunsten von Version A, doch sollten einzelne signifikante oder nicht-signifikante Ergebnisse im Kontext der deskriptiven Ergebnisse und qualitativen Analysen interpretiert werden.

Ein weiterer methodischer Aspekt betrifft die Auswertung der Eye-Tracking Daten im Rahmen der 2D-/3D-Analyse. Für diese Teilanalyse standen keine für die Seite spezifischen Daten des Eye-Trackings zur Verfügung. Beim Export der entsprechenden Daten bestand bei iMotions keine Option die Daten zu exportieren, weshalb lediglich auf Heatmaps und Scanpfade zugegriffen werden konnte. Eine mögliche Lösung hätte im Export der vollständigen Rohdaten bestanden. Aufgrund der für die Analyse des gesamten Stimulus bereits genutzten Daten aus den R-Skript, sowie dem Ziel, eine einheitliche Datenstruktur für die gesamten Analysen beizubehalten, wurde auf eine nachträgliche manuelle Auswertung der Rohdaten verzichtet. Die 2D-/3D-Analyse basiert somit für das Eye-Tracking ausschließlich auf qualitativen Visualisierungen (Heatmaps und Scanpfade). Dennoch liefern die visuellen Daten genug Hinweise auf Unterschiede im Blickverhalten.

Ein weiterer Aspekt, der kritisch berücksichtigt werden muss, betrifft die Zuweisung konkreter Effekte zu einzelnen Usability-Heuristiken. In der vorliegenden Untersuchung war es methodisch kaum möglich zu analysieren, welche Heuristik welchen Einfluss auf die Nutzererfahrung hatte. Dies liegt vor allem daran, dass auf den meisten Seiten mehrere Heuristiken gleichzeitig umgesetzt wurden. Wie auch Nielsen betont, wirken Heuristiken in der Regel nicht isoliert, sondern im Zusammenspiel, wodurch sich einzelne Effekte nur schwer differenzieren lassen. Hinzu kommt, dass bestimmte Gestaltungselemente, wie etwa die komplexen Tabellen auf der Maßnahmenübersicht-Seite (Seite 6), sich nicht eindeutig einer einzelnen Heuristik zuordnen lassen. Vielmehr erfüllen sie Funktionen, die mehrere Prinzipien gleichzeitig berühren, wie z.B. „Aesthetic and Minimalist Design“, „Consistency and Standards“, „Visibility of System Status“ und „Recognition Rather than Recall“. Diese strukturelle Überlappung erschwerte es, eine bestimmte Heuristik als besonders wirksam hervorzuheben. Stattdessen zeigt sich, dass eine kontextspezifische Anwendung mehrerer aufeinander abgestimmter Heuristiken erforderlich ist. Für die Praxis bedeutet das, dass Usability-Prinzipien nicht starr, sondern situationsbezogen auf den jeweiligen Use Case zugeschnitten umgesetzt werden sollten.

Ein weiterer Aspekt, der berücksichtigt werden muss, betrifft den inhaltlichen und funktionalen Umfang der untersuchten Plattformversion. Die vorliegende Arbeit bildet lediglich einen Teilprozess der IMP-Plattform ab, konkret das Mieter-Szenario innerhalb eines mehrstufigen Gesamtkonzepts. Auch dieses Szenario wurde in reduzierter Form umgesetzt und enthält nicht alle Funktionalitäten und Informationen, die in der finalen Version vorgesehen sind. Der entwickelte Prototyp stellt somit einen ersten, funktionsfähigen Entwurf dar, der bereits in einer Usability-Studie getestet wurde, aber noch nicht den vollständigen Leistungsumfang der finalen Plattform widerspiegelt. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Teilnehmenden der Studie nicht zur tatsächlichen Zielgruppe gehörten. Sie wurden über einen einleitenden Text in das Szenario eingeführt, hatten jedoch keinen realen Bezug zur Situation einer bevorstehenden energetischen Sanierung, etwa in Form konkreter Betroffenheit oder möglicher Mieterhöhungen. Es ist anzunehmen, dass eine Untersuchung mit tatsächlich betroffenen Personen zu anderen Ergebnissen geführt hätte, da diese sich vermutlich intensiver mit der Plattform und den dargestellten Informationen auseinandergesetzt hätten. Möglicherweise wären dadurch auch deutlichere Unterschiede zwischen den Versionen zu erkennen gewesen. Für den Rahmen dieser Arbeit wäre eine Rekrutierung der echten Zielgruppe jedoch methodisch und organisatorisch kaum realisierbar gewesen. Dennoch liefern die Ergebnisse der vorliegenden Studie bereits erste differenzierte Hinweise auf die Usability-Unterschiede zwischen den beiden getesteten Versionen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse klare Hinweise auf einen Unterschied in der Usability zwischen den beiden Versionen zugunsten von Version A. Die Ergebnisse sind dabei übereinstimmend mit der beschriebenen Literatur. Die höheren Werte der galvanischen Hautreaktion und der schlechteren Bewertung des User Experience Questionnaires spiegeln die Ergebnisse von De Carolis et al. (2023 und Mahlke et al. (2006) wider, die auch in ihren Arbeiten eine höhere Aktivierung der GSR und einer schlechteren Usability-Erfahrung erkannten. Außerdem passt dieses Muster zu den Arbeiten von

Dickson & McGinnies (1966) und Juuse et al. (2024), die eine erhöhte GSR mit einer stärkeren emotionalen Erregung in Zusammenhang bringen. Dass bei Version B auch die negativen Emotionen stärker ausgeprägt sind, bekräftigt die Ergebnisse von Aspandi et al. (2022), Dave (2023) und Talen & Den Uyl (2022). Auch beim Eye-Tracking, besonders bei der qualitativen Untersuchung, zeigen die Ergebnisse Übereinstimmungen mit den Arbeiten von Artsawapongtanet et al. (2024), Hung & Wang, (2021) und Țichindelean et al. (2021) die eine bessere Usability mit effizienterer, strukturierter und zielgerichteter Navigation verbinden konnten. Dies bestätigt auch die Nutzung der Usability Heuristiken von Nielsen, welche die entscheidenden Unterschiede zwischen den beiden Webseiten markiert und einen erkennbaren Unterschied bei der Usability hervorruft. Die Bedeutung einzelner Heuristiken hervorzuheben ist schwierig, da auf den jeweiligen Seiten immer mehrere Heuristiken zum Einsatz kamen. Bei den detaillierten analysierten Seiten, wo Scanpfade und physiologische Messungen auffällig waren, zeigte sich, dass dort besonders die Heuristiken 1 („Visibility of System Status“), 5 („Error Prevention“) und 9 („Help Users Recognize, Diagnose and Recover from Errors“) am häufigsten genutzt wurden. Ob dies nur Zufall ist oder diese Heuristiken wirklich einen besonders starken Einfluss hatten, lässt sich jedoch nicht eindeutig beweisen. Es zeigt sich außerdem, dass die 3D-Visualisierung des Gebäudemodells keinen negativen Einfluss auf die Nutzerfreundlichkeit hatte. Im Gegenteil: es zeigt sich, dass die Teilnehmenden von Version A sich besser auf die Gebäudedarstellung fokussierten, wogegen bei Version B der Fokus auf dem Auswahlmenü lag. Außerdem benötigten die Teilnehmenden der Gruppe B mehr Zeit als die Personen der Gruppe A.

8 Fazit und Ausblick

Die Arbeit hatte zum Ziel, die Auswirkungen unterschiedlicher Usability Heuristiken auf die Usability einer digitalen Plattform zur energetischen Gebäudesanierung zu untersuchen. Im Zentrum stand die Forschungsfrage, wie sich die Usability zweier Versionen einer Webseite zur energetischen Sanierung unterschieden, wobei eine Version Usability-Heuristiken und 3D-Elemente verwendet und die andere Version gegen diese Prinzipien verstößt und 2D-Elemente verwendet. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen konsistent, dass sich beide Versionen sowohl in der subjektiv wahrgenommenen Usability als auch in den physiologisch messbaren Reaktionen deutlich voneinander unterscheiden. Version B, die bewusst gegen zentrale Usability-Heuristiken verstößt, zeigte eine höhere physiologische Erregung der galvanischen Hautreaktion (GSR), eine vermehrte Ausprägung negativer Emotionen im Rahmen der Facial Expression Analysis (FEA) sowie durch sprunghafte und ungeordnete Blickverläufe im Eye-Tracking. Im Gegensatz dazu zeigte Version A deutlich geringere GSR-Werte, ein vermehrtes Auftreten neutraler und positiver Emotionen, sowie geordneter zielgerichteter Blickbewegungen. Diese Unterschiede zeigten sich besonders deutlich in den deskriptiven Kennwerten und den grafischen Auswertungen der Scanpfade und Heatmaps. Darüber hinaus lieferte die Korrelationsanalyse weitere Hinweise auf den Zusammenhang zwischen den gemessenen Metriken und den Dimensionen des User

Experience Questionnaire. In Gruppe B gab es Zusammenhänge zwischen niedrigen Bewertungen im User Experience Questionnaire und einer erhöhten GSR-Aktivierung und negativ konnotierten Emotionen. Im Gegensatz zeigen die Daten aus Gruppe A, dass bei ihnen positive Emotionen mit einer höheren GSR-Amplitude einhergehen und mit einer besseren Bewertung im UEQ zusammenhängen. Auch im Hinblick auf die Interaktion mit dem 3D- bzw. 2D-Modell zeigen sich deutliche Unterschiede, die zeigen, dass die 3D-Variante insgesamt eine bessere Usability vermittelt. Die Teilnehmenden kamen dabei mit 3D-Modell überraschend gut zurecht, obwohl dessen Handhabung objektiv komplexer ist als die eines einfachen 2D-Modells. Dies zeigt sich besonders in den physiologischen Reaktionen. Version B, in der das 2D-Modell implementiert wurde, ging mit höheren GSR-Werten und einer stärkeren Ausprägung negativer Emotionen einher, Indikatoren für eine höhere kognitive Belastung und Frustration. Dagegen deuten die gemessenen Reaktionen bei Version A auf eine ausgeglichene und kontrolliertere Interaktion hin. Zusätzliche Hinweise auf eine bessere Handhabung des 3D-Modells ergeben sich aus der Analyse der Heatmaps, Scanpfade und der Durchführungsdauer. Die Blickverläufe in Version A waren geordneter und weniger sprunghaft, was auf eine zielgerichtete Navigation schließen lässt. Gleichzeitig benötigten die Nutzer:innen in Version im Durchschnitt weniger Zeit zur Bearbeitung der Aufgaben, was als weiterer Hinweis auf eine effizientere und intuitivere Interaktion gewertet werden kann. Interessant ist, dass die positiven Unterschiede zugunsten von Version A eindeutig sind, da die Nutzung eines 3D-Modells in der Regel komplexere Interaktionen und eine höhere technische Vertrautheit voraussetzt. Dies zeigt, dass die Kombination aus den Usability-Heuristiken und dem 3D-Modell dazu beigetragen haben, die Benutzerfreundlichkeit so zu steigern, dass eine gute Nutzererfahrung möglich wurde. Trotz der deutlichen Unterschiede, die eine bessere Usability von Version A unterstützen, konnten im Rahmen der statistischen Auswertung nur zwei der erhobenen Metriken, bzw. bei der 2D/3D-Analyse nur eine Metrik, als signifikant unterschiedlich nachgewiesen werden. Die aufgestellte Hypothese, dass Version A eine signifikant bessere Usability bietet als Version B, kann daher nur teilweise bestätigt werden. Dabei lassen sich die in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnisse in den aktuellen Stand der Forschung einordnen. So belegen unter anderem De Carolis et al. (2023), Ali (2024) und Mahlke et al. (2006), dass eine schlechte Usability mit einer erhöhten physiologischen Erregung der galvanischen Hautreaktion (GSR) einhergeht. Dieses Muster konnte auch in der vorliegenden Untersuchung festgestellt werden. Die bewusst gegen die Usability-Heuristiken verstoßende Version B rief deutlich stärkere GSR-Reaktionen hervor als Version A. Darüber hinaus bestätigen Studien von Aspandi et al. (2022) und Dave (2023), dass negative Emotionen ein verlässlicher Indikator für eine schlechte Usability sein können. Dieser Zusammenhang wurde auch in der vorliegenden Arbeit beobachtet, wo besonders bei Version B eine Verbindung zwischen negativ konnotierten Gesichtsausdrücken und schlechteren Bewertungen der Usability gab. Ein weiterer Aspekt, der in der Literatur mit eingeschränkter Usability in Verbindung gebracht wird, ist eine ineffiziente visuelle Navigation. So weisen Tichindelean et al. (2021) sowie Hung & Wang (2021) darauf hin, dass sprunghafte und chaotische Blickverläufe häufig mit einer schlechten Usability in Zusammenhang

gebracht werden können. Diese Beobachtungen spiegeln sich besonders in der Auswertung der Heatmaps und Scanpfade wider, wo Version A deutlich effizientere Muster zeigte als Version B. Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse der Studie, dass die Anwendung der Usability-Heuristiken einen klaren Einfluss auf die Usability der untersuchten Webseitenversionen hatte. Sowohl in Bezug auf die subjektiv wahrgenommene Usability als auch auf die durch physiologische Messungen erfassten Reaktionen der Teilnehmenden. Die Ergebnisse bestätigen damit die grundlegende Annahme von Nielsen & Molich (1990), dass Usability-Heuristiken ein einfaches aber wirkungsvolles Instrument darstellen, um die Usability digitaler System zu verbessern und zu evaluieren. Die Anwendung dieser Heuristiken erlaubt bereits im frühen Entwicklungsstadium, zentrale Probleme in der Nutzerinteraktion zu identifizieren und zu verbessern. Gleichzeitig lässt sich aus den vorliegenden Daten jedoch nicht eindeutig ableiten, welche der einzelnen Heuristiken besonders wirksam war. Zwar deuten manche Ergebnisse darauf hin, dass insbesondere Heuristik 2 („Match Between the System and the Real World“), Heuristik 5 („Error Prevention“) und Heuristik 9 („Help Users Recognize, Diagnose, and Recover from Errors“) eine zentrale Rolle gespielt haben könnten, doch fehlt eine isolierte Betrachtung dieser Faktoren, um deren individuelle Wirkung besser nachzuweisen. Es ist daher davon auszugehen, dass nicht einzelne Heuristiken, sondern vielmehr das Zusammenspiel mehrerer Heuristiken verantwortlich für die insgesamt bessere Usability der Version A war. Die Ergebnisse dieser Arbeit liefern darüber hinaus konkrete Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung der IMP-Plattform. Insbesondere lässt sich festhalten, dass die Anwendung der Usability-Heuristiken nach Nielsen einen spürbaren Einfluss auf die Usability der Plattform hatte. Bereits deren einfache Implementierung führte zu messbaren Verbesserungen in der Benutzerfreundlichkeit. Da die Heuristiken klar formuliert, leicht zugänglich und ohne hohen Mehraufwand anwendbar sind, bieten sie eine effiziente Möglichkeit, die Usability systematisch zu verbessern. Dieser Aspekt ist insofern besonders relevant, als eine hohe Usability die Grundlage für eine positive Nutzererfahrung bildet, ein entscheidender Erfolgsfaktor für digitale Plattformen. Außerdem zeigen die Ergebnisse, dass die Darstellung energetischer Sanierungsmaßnahmen über ein interaktives 3D-Modell keineswegs ein Hindernis für die Nutzer:innen darstellt. Im Gegenteil, in Verbindung mit den angewandten Usability-Prinzipien wurde das 3D-Modell als intuitiv bedienbar und hilfreich wahrgenommen. Es bietet somit eine geeignete visuelle Möglichkeit, Eigentümer:innen die geplanten Maßnahmen anschaulich und nachvollziehbar zu präsentieren. Ein weiterer zentraler Aspekt, der sich aus der vorliegenden Untersuchung ableiten lässt, betrifft die Bedeutung einer ausreichend großen Stichprobe. Die Ergebnisse zeigen, dass die geringe Anzahl an teilnehmenden Personen zu einer erhöhten Streuung der erhobenen Messwerte geführt hat. Diese hohe Varianz stellt eine mögliche Ursache dafür dar, dass einige der erwarteten Unterschiede zwischen den beiden Versionen der Plattform statistisch nicht signifikant nachgewiesen werden konnten, obwohl die deskriptiven Ergebnisse eine klare Richtung erkennen ließen. Für zukünftige Studien wäre es daher essenziell, eine größere Teilnehmergruppe einzubeziehen, um die Aussagekraft der statistischen Analysen zu erhöhen und belastbare Schlussfolgerungen ziehen zu können. Darüber hinaus wäre es für

zukünftige Untersuchungen besonders aufschlussreich, die Studie gezielt mit der tatsächlichen Zielgruppe durchzuführen, also mit Personen, bei denen konkret eine energetische Sanierung bevorsteht. In einem solchen Fall könnten die dargestellten Inhalte, Visualisierungen und Berechnungen direkt auf das eigene Gebäude und die persönliche Situation der Teilnehmenden zugeschnitten werden. Eine stärkere inhaltliche Relevanz und ein höheres persönliches Interesse an der Thematik könnten dazu führen, dass die Plattform intensiver genutzt und realistischer bewertet wird. Ein denkbares Studienszenario wäre etwa, gezielt Bewohner:innen eines Wohnhauses in die Untersuchung einzubeziehen bei dem bereits eine Sanierung geplant ist. Die Plattform könnte in diesem Fall mit realen Gebäudedaten befüllt und die Maßnahmen, Einsparungen sowie Kosten individuell berechnet und visualisiert werden. Zudem wäre es interessant, das bestehende Mieter-Szenario um eine weitere Perspektive, das Vermieter-Szenario zu erweitern. So könnten auch Eigentümer:innen in ihrer spezifischen Rolle angesprochen werden. Ein weiterer vielversprechender Ansatz für zukünftige Studien wäre die gezielte Untersuchung der Wirkung einzelner Usability-Heuristiken. Hierzu könnte das bestehende Szenario modifiziert werden, indem auf jeder Seite gezielt nur eine spezifische Heuristik umgesetzt wird. Auf diese Weise ließe sich analysieren, ob einzelne Gestaltungsprinzipien einen isolierten und messbaren Einfluss auf die Usability entfalten können. Eine solche Untersuchung könnte wertvolle Hinweise darauf liefern, welche Heuristiken besonders wirksam sind. Gleichzeitig stellt sich jedoch die Frage, ob einzelne Heuristiken allein einen ausreichend starken Effekt erzeugen, um signifikante Unterschiede in der Usability hervorzurufen. Auch im größeren, übergeordneten Kontext lässt sich aus den Ergebnissen dieser Arbeit ableiten, dass die konsequente Anwendung von Usability-Heuristiken nicht nur im Rahmen von Forschungsprojekten wie IntelMod, sondern auch auf allgemeinen Informationsportalen, etwa auf Webseiten der Bundesregierung oder kommunaler Energieberatungen, einen erheblichen Mehrwert bieten könnte. Durch verständlich aufbereitete Inhalte, interaktive Kosten- und Einsparungsrechnungen sowie visuelle Darstellungen möglicher Sanierungsmaßnahmen ließe sich die Zugänglichkeit solcher Angebote verbessern. Dies könnte wiederum dazu beitragen, mehr Eigentümer:innen zu erreichen, Hemmschwellen abzubauen und langfristig einen positiven Einfluss auf die Sanierungsrate im Gebäudesektor auszuüben.

Literaturverzeichnis

- Ali, I. A. (2024). ENHANCING WEBSITE USABILITY TESTING: CORRELATING EYE-TRACKING, GSR, AND SUS DATA WITH RESPECT TO GENDER PREFERENCES. *Science Journal of University of Zakho*, 12(1), 34–45. <https://doi.org/10.25271/sjuoz.2024.12.1.1215>
- Alisya, T., Hamzah, M. L., Saputra, E., Ahsyar, T. K., & Syaifullah. (2023). Evaluation of User Experience on ShopeePay Digital Wallet Using System Usability Scale (SUS) and User Experience Questionnaire (UEQ) Methods. 2023 3rd International Conference on Emerging Smart Technologies and Applications (eSmarTA), 01–06. <https://doi.org/10.1109/eSmarTA59349.2023.10293705>
- Artsawapongtanet, W., Charoenpit, S., & Vinijchayakul, S. (2024). Integrating Eye-Tracking Insights with User Feedback: A UX Evaluation of Website Landing Page. 2024 9th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR), 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICBIR61386.2024.10875963>
- Aspandi, D., Doosdal, S., Ülger, V., Gillich, L., & Staab, S. (2022). User Interaction Analysis through Contrasting Websites Experience (No. arXiv:2201.03638). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.03638>
- Barrett, L. F., Adolphs, R., Marsella, S., Martinez, A. M., & Pollak, S. D. (2019). Emotional Expressions Reconsidered: Challenges to Inferring Emotion From Human Facial Movements. *Psychological Science in the Public Interest*, 20(1), 1–68. <https://doi.org/10.1177/1529100619832930>
- Bishay, M., Preston, K., Strafuss, M., Page, G., Turcot, J., & Mavadati, M. (2022). AFFDEX 2.0: A Real-Time Facial Expression Analysis Toolkit (No. arXiv:2202.12059). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.12059>
- Bortz, J., & Schuster, C. (2011). Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler: Limitierte Sonderausgabe (7. Aufl. 2010). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12770-0>
- Boucsein, W. (2012). Electrodermal Activity. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1126-0>
- Budiu, R. (2024, Januar 15). Memory Recognition and Recall in User Interfaces. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/recognition-and-recall/>
- Bundesumweltministeriums. (2021, Mai 12). Bundes-Klimaschutzgesetz- BMUV - Gesetze und Verordnungen. bmuv.de. <https://www.bmuv.de/GE838>
- Chen, Y., Germain, C. A., & Rorissa, A. (2009). An analysis of formally published usability and Web usability definitions. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, 46(1), 1–18. <https://doi.org/10.1002/meet.2009.1450460213>

- Dave, J. (2023). Enhancing User Experience in E-Learning: Real-Time Emotional Analysis and Assessment. *International Journal Software Engineering and Computer Science (IJSECS)*, 3(2), 57–64. <https://doi.org/10.35870/ijsecs.v3i2.1206>
- Dawson, M. E., Schell, A. M., Filion, D. L., & Berntson, G. G. (2007). The Electrodermal System. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. Berntson (Hrsg.), *Handbook of Psychophysiology* (3. Aufl., S. 157–181). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511546396.007>
- De Carolis, B., Loglisci, C., Giuseppe, M., & Trufanova, K. (2023). Analyzing Stress Responses Related to Usability of User Interfaces. *Proceedings of the 15th Biannual Conference of the Italian SIGCHI Chapter*, 1–9. <https://doi.org/10.1145/3605390.3605399>
- Dehnen, N., Mattes, D. A., & Traber, D. T. (2015). Die Beschäftigungseffekte der Energiewende: Eine Expertise für den Bundesverband WindEnergie e.V. und die Deutsche Messe AG (S. 30). DIW Econ GmbH (Consulting-Unternehmen des DIW Berlin). https://diw-econ.de/wp-content/uploads/804_DIW-Econ_Beschäftigungseffekte-der-Energiewende_v5.0.pdf
- Dickson, H. W., & McGinnies, E. (1966). Affectivity in the Arousal of Attitudes as Measured by Galvanic Skin Response. *The American Journal of Psychology*, 79(4), 584. <https://doi.org/10.2307/1421294>
- Duchowski, A. T. (2017). *Eye Tracking Methodology*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57883-5>
- Ekman, P. (1999). Basic Emotions. In T. Dalgleish & M. J. Power (Hrsg.), *Handbook of Cognition and Emotion* (1. Aufl., S. 45–60). Wiley. <https://doi.org/10.1002/0470013494.ch3>
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). *Facial Action Coding System*. Consulting Psychologists Press. <https://doi.apa.org/doi/10.1037/t27734-000>
- Falkowska, J., Sobiecki, J., & Kilińska, B. (2024). Analysis of eye-tracking measures in the study of websites on the example of links. *Procedia Computer Science*, 246, 2166–2175. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.611>
- Fessenden, T. (2021, Januar 24). Aesthetic and Minimalist Design (Usability Heuristic #8). Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/aesthetic-minimalist-design/>
- Goldberg, J. H. (2014). Measuring Software Screen Complexity: Relating Eye Tracking, Emotional Valence, and Subjective Ratings. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 30(7), 518–532. <https://doi.org/10.1080/10447318.2014.906156>
- Guo, F., Cao, Y., Ding, Y., Liu, W., & Zhang, X. (2015). A Multimodal Measurement Method of Users' Emotional Experiences Shopping Online: Users' Emotional Experiences Shopping Online. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 25(5), 585–598. <https://doi.org/10.1002/hfm.20577>
- Herkner, H., & Müllner, M. (2011). *Erfolgreich wissenschaftlich arbeiten in der Klinik: Grundlagen, Interpretation und Umsetzung: Evidence Based Medicine* (Dritte, überarbeitete und erweiterte Auflage). Springer Vienna. <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0475-0>

- Hung, J. C., & Wang, C.-C. (2021). Exploring the website object layout of responsive web design: Results of eye tracking evaluations. *The Journal of Supercomputing*, 77(1), 343–365. <https://doi.org/10.1007/s11227-020-03283-1>
- Idrees, A. R., Kraft, R., Winter, M., Küchler, A.-M., Baumeister, H., Reilly, R., Reichert, M., & Pryss, R. (2023). Exploring the usability of an internet-based intervention and its providing eHealth platform in an eye-tracking study. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(7), 9621–9636. <https://doi.org/10.1007/s12652-023-04635-4>
- iMotions. (2017). Facial Expression Analysis – The Complete Pocket Guide. iMotions A/S.
- iMotions. (2022a, Februar 11). GSR R-Notebooks: GSR Signal Quality. <https://help.imotions.com/docs/gsr-r-notebooks-gsr-signal-quality>
- iMotions. (2022b, Oktober 19). Fixation and saccade classification with the I-VT filter. <https://help.imotions.com/docs/fixation-and-saccade-classification-with-the-i-vt-filter>
- iMotions. (2023, Juli 28). What are R-Notebooks? <https://help.imotions.com/docs/what-are-r-notebooks>
- iMotions. (2024, Oktober 17). GSR R-Notebooks: Peak Detection and Aggregation. <https://help.imotions.com/docs/gsr-r-notebooks-processing-in-imotions-and-algorithms-used-latest-version>
- iMotions. (2025, September 1). Facial expression analysis: Thresholding and aggregation. <https://help.imotions.com/docs/facial-expression-analysis-thresholding-and-aggregation>
- ISO. (2018). Ergonomics of Human-System Interaction—Part 11: Usability: Definitions and Concepts (No. ISO 9241-11:2018). ISO. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>
- Jindrová, M., Kocourek, M., & Telenský, P. (2020). Skin conductance rise time and amplitude discern between different degrees of emotional arousal induced by affective pictures presented on a computer screen. *Physiology*. <https://doi.org/10.1101/2020.05.12.090829>
- Juuse, L., Tamm, D., Lõo, K., Allik, J., & Kreegipuu, K. (2024). Skin conductance response and habituation to emotional facial expressions and words. *Acta Psychologica*, 251, 104573. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104573>
- Kaley, A. (2018, Januar 7). Match Between the System and the Real World (Usability Heuristic #2). Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/match-system-real-world/>
- Kaplan, K. (2021, August 15). Visibility of System Status. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/visibility-system-status/>
11/05/2025 08:26:00
- Krause, R. (2021, Oktober 1). Maintain Consistency and Adhere to Standards (Usability Heuristic #4). Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/consistency-and-standards/>
- Kendrick, A. (2020, Dezember 13). Help and Documentation (Usability Heuristic #10). Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/help-and-documentation/>

- Kusuma, A. A., & Indrati, A. (2022). User Interface Analysis on Open University Credit Transfer Applications Using User Experience Questionnaire (UEQ) and Heuristic Evaluation Methods. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 7(1), 61–66.
- Laubheimer, P. (2015a, Juli 9). Preventing User Errors: Avoiding Conscious Mistakes. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/user-mistakes/>
- Laubheimer, P. (2015b, August 23). Preventing User Errors: Avoiding Unconscious Slips. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/slips/>
- Laubheimer, P. (2020, November 22). Flexibility and Efficiency of Use (Usability Heuristic #7). Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/flexibility-efficiency-heuristic/>
- Laugwitz, B., Held, T., & Schrepp, M. (2008). Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire. In A. Holzinger (Hrsg.), *HCI and Usability for Education and Work* (Bd. 5298, S. 63–76). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_6
- Lehmphul, K. (2015). Wärmedämmung. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/waermedaemmung>
- Lewicki, P. (2013, Juni 19). Energiesparende Gebäude [Text]. Umweltbundesamt; Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energiesparende-gebaeude>
- Mahlke, S., Minge, M., & Thüring, M. (2006). Measuring multiple components of emotions in interactive contexts. *CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 1061–1066. <https://doi.org/10.1145/1125451.1125653>
- Mauri, M., Rancati, G., Gaggioli, A., & Riva, G. (2021). Applying Implicit Association Test Techniques and Facial Expression Analyses in the Comparative Evaluation of Website User Experience. *Frontiers in Psychology*, 12, 674159. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.674159>
- Miletić, N., Kljun, M., & Pucihar, K. Č. (2024). UX Design: The Impacts on Physiological Responses. *HCI SI 2024: Human-Computer Interaction Slovenia 2024*.
- Mochammad Aldi Kushendriawan, Harry Budi Santoso, Panca O. Hadi Putra, & Martin Schrepp. (2021). Evaluating User Experience of a Mobile Health Application ‘Halodoc’ using User Experience Questionnaire and Usability Testing. *Jurnal Sistem Informasi*, 17(1), 58–71. <https://doi.org/10.21609/jsi.v17i1.1063>
- Molina, A. I., Arroyo, Y., Lacave, C., Redondo, M. A., Bravo, C., & Ortega, M. (2024). Eye tracking-based evaluation of accessible and usable interactive systems: Tool set of guidelines and methodological issues. *Universal Access in the Information Society*. <https://doi.org/10.1007/s10209-023-01083-x>
- Müri, R. M. (2016). Cortical control of facial expression. *Journal of Comparative Neurology*, 524(8), 1578–1585. <https://doi.org/10.1002/cne.23908>
- Neusesser, T., & Sunwall, E. (2023, Mai 14). Error-Message Guidelines. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/error-message-guidelines/>

- Nielsen, J. (1994). Enhancing the explanatory power of usability heuristics. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 152–158. <https://doi.org/10.1145/191666.191729>
- Nielsen, J. (2010). *Usability engineering* (3.Nachdr.). Kaufmann.
- Nielsen, J. (2024, Januar 30). 10 Usability Heuristics for User Interface Design. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems Empowering People - CHI '90*, 249–256. <https://doi.org/10.1145/97243.97281>
- Novák, J. Š., Masner, J., Benda, P., Šimek, P., & Merunka, V. (2024). Eye Tracking, Usability, and User Experience: A Systematic Review. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 40(17), 4484–4500. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2221600>
- O'Brien, H. L., & Lebow, M. (2013). Mixed-methods approach to measuring user experience in online news interactions. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64(8), 1543–1556. <https://doi.org/10.1002/asi.22871>
- Pan, B., Hembrooke, H. A., Gay, G. K., Granka, L. A., Feusner, M. K., & Newman, J. K. (2004). The determinants of web page viewing behavior: An eye-tracking study. *Proceedings of the Eye Tracking Research & Applications Symposium on Eye Tracking Research & Applications - ETRA'2004*, 147–154. <https://doi.org/10.1145/968363.968391>
- Rinn, W. E. (1984). The neuropsychology of facial expression: A review of the neurological and psychological mechanisms for producing facial expressions. *Psychological Bulletin*, 95(1), 52–77. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.95.1.52>
- Rosala, M. (2020, November 29). User Control and Freedom (Usability Heuristic #3). Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/user-control-and-freedom/>
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161–1178. <https://doi.org/10.1037/h0077714>
- Schankin, A., Budde, M., Riedel, T., & Beigl, M. (2022). Psychometric Properties of the User Experience Questionnaire (UEQ). *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–11. <https://doi.org/10.1145/3491102.3502098>
- Scherer, K. R. (2005). What are emotions? And how can they be measured? *Social Science Information*, 44(4), 695–729. <https://doi.org/10.1177/0539018405058216>
- Schmidt, T., Schlindwein, M., Lichtner, K., & Wolff, C. (2020). Investigating the Relationship Between Emotion Recognition Software and Usability Metrics. *I-Com*, 19(2), 139–151. <https://doi.org/10.1515/icom-2020-0009>
- Schölles, M. (2023). Internationaler Energiepreisvergleich für die Industrie. Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. <https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche->

- Medien/Abteilungen-GS/Wirtschaftspolitik/2023/Downloads/vbw-Studie_Internationaler-Energiepreisvergleich_Oktober-2023.pdf
- Schrepp, D. M. (2023). User Experience Questionnaire Handbook. UEQ-Online.org. <https://www.ueq-online.org>
- Schrepp, M., Hinderks, A., & Thomaschewski, J. (2014). Applying the User Experience Questionnaire (UEQ) in Different Evaluation Scenarios. In A. Marcus (Hrsg.), Design, User Experience, and Usability. Theories, Methods, and Tools for Designing the User Experience (Bd. 8517, S. 383–392). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07668-3_37
- Schumacher, K., Nissen, C., & Braungardt, S. (2022). Energetische Sanierung schützt Verbraucher*innen vor hohen Energiepreisen – Vorschläge für eine soziale Ausrichtung der Förderung (S. 36). Öko-Institut e.V. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Kurzstudie-Sanierung-Ein--und-Zweifamilienhaeuser.pdf>
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591. <https://doi.org/10.2307/2333709>
- Statista Research Departement. (2024, Mai 7). Entwicklung der Gaspreise für Haushaltskunden in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2023. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/168286/umfrage/entwicklung-der-gaspreise-fuer-haushaltskunden-seit-2006/>
- Statista Research Department. (2024, Oktober 18). Strompreise für Haushalte in Europa nach Ländern 2024. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/197196/umfrage/elektrizitaetspreise-ausgewaehlter-europaeischer-laender/>
- Statistisches Bundesamt. (2025). Median. Statistisches Bundesamt. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/Glossar/median.html>
- Stefan Rother, Jens Schuberth, Joscha Steinbrenner, Michael Bade, Andreas Bertram, Ingmar Herda, Caren Herbstritt, Benjamin Lünenbürger, Lennart Mohr, Katja Purr, Christoph Rau, Ulrike von Schlippenbach, Lizzi Sieck, & Herwig Unnerstall. (2020). 13 Thesen für einen treibhausgasneutralen Gebäudebestand. Drängende Herausforderungen der Wärmewende. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/13-thesen-treibhausgasneutrale-gebaeude>
- Talen, L., & Den Uyl, T. E. (2022). Complex Website Tasks Increase the Expression Anger Measured with FaceReader Online. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 38(3), 282–288. <https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1938390>
- Thomas, S. (2021). CO2-neutrale Gebäude bis spätestens 2045.

- Țichindelean, M., Țichindelean, M. T., Cetină, I., & Orzan, G. (2021). A Comparative Eye Tracking Study of Usability—Towards Sustainable Web Design. *Sustainability*, 13(18), 10415. <https://doi.org/10.3390/su131810415>
- Toraman, N., Pekpazar, A., & Gumussoy, C. A. (2023). Conceptualization and Survey Instrument Development for Website Usability. *Informatics*, 10(3), 75. <https://doi.org/10.3390/informatics10030075>
- Tuch, A. N., Bargas-Avila, J. A., Opwis, K., & Wilhelm, F. H. (2009). Visual complexity of websites: Effects on users' experience, physiology, performance, and memory. *International Journal of Human-Computer Studies*, 67(9), 703–715. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2009.04.002>
- Umweltbundesamt. (2020). Energieeffizienz in Zahlen 2020. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi).
- Universität Zürich. (2023a). Mann-Whitney-U-Test. https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/mann.html
- Universität Zürich. (2023b). T-Test für unabhängige Stichproben. https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/ttestunabh.html
- Weiß, J., Bierwirth, A., Knoefel, J., März, S., Kaselofsky, J., & Friege, J. (2018). Entscheidungskontexte bei der energetischen Sanierung. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) & Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2018/Weiß_et_al_2018_Entscheidungskontexte_bei_der_energetischen_Sanierung.pdf
- Zammarchi, G., Frigau, L., & Mola, F. (2021). Markov chain to analyze web usability of a university website using eye tracking data. *Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal*, 14(4), 331–341. <https://doi.org/10.1002/sam.11512>

Anhang

Anhang 1: Situationsbeschreibung

Situationsbeschreibung für die Teilnehmer

Hintergrund Ihrer Rolle in der Studie

Ihr Vermieter hat Sie kürzlich kontaktiert, um Ihnen mitzuteilen, dass er an Ihrem Wohnhaus Maßnahmen zur energetischen Sanierung durchführen möchte. Bisher gab es dazu nur telefonischen Kontakt. Um die bestmöglichen Maßnahmen zu finden und eine transparente Kommunikation mit Ihnen als Mieter zu gewährleisten, nutzt Ihr Vermieter die Plattform IMP.

IMP ist eine digitale Plattform, die Mieter und Vermieter bei der Planung und Umsetzung energetischer Sanierungen unterstützt. Vermieter können darüber Sanierungsmaßnahmen mit optimalem Kosten-Nutzen-Verhältnis ermitteln, unter Berücksichtigung möglicher Fördermittel und langfristiger Einsparungen. Die Plattform erstellt daraufhin einen transparenten Vorschlag, der den Mietern zur Prüfung vorgelegt wird. Mieter haben die Möglichkeit, den Vorschlag zu akzeptieren, Änderungswünsche einzubringen oder eine alternative Lösung vorzuschlagen.

Ihre Wohnsituation

Sie wohnen in einer ca. 120 m² großen Mietwohnung in einem Mehrfamilienhaus mit insgesamt zwei Parteien. Ihr Wohngebäude befindet sich in einer städtischen Umgebung in der Nähe von Hamburg, wo es im Winter häufig kühl und windig ist, sodass die Heizkosten eine wichtige Rolle spielen. Ihr Gebäude wurde in den 1950er Jahren errichtet und hat seither nur geringfügige Modernisierungen erfahren. Gerade in den kalten Monaten merken Sie, dass es in Ihrer Wohnung an einigen Stellen zieht.

Sanierungsvorschlag Ihres Vermieters

In Ihrem Fall hat Ihnen IMP nun ein Schreiben Ihres Vermieters zugeschickt (IMP Ankündigungsschreiben). Darin werden die geplanten Sanierungsmaßnahmen beschrieben, ebenso wie die damit verbundenen Kosten und die voraussichtlichen Einsparungen. Ihr Vermieter schlägt vor das Dach zu sanieren, um den Energieverbrauch zu senken.

Grundsätzlich begrüßen Sie als Mieter diesen Vorschlag, da Ihnen Klimaschutz wichtig ist und Sie Ihren eigenen Beitrag leisten möchten. Allerdings sind Sie der Meinung, dass die Dachsanierung allein nicht ausreicht. Sie möchten daher ergänzend vorschlagen, dass zusätzlich die vordere und hintere Außenwand saniert wird. Dies hätte keine signifikante Kostensteigerung zur Folge, würde jedoch zu deutlich höheren Energieeinsparungen führen und Ihre Heizkosten spürbar senken.

Für Sie als Mieter ist es akzeptabel, dass die Maßnahmen mit einer geringfügigen Mieterhöhung verbunden sind. Wichtiger ist Ihnen jedoch, dass durch die Sanierung ein spürbarer Beitrag zur CO₂-Reduktion geleistet wird.

Über IMP prüfen Sie daher die Vorschläge Ihres Vermieters, ergänzen die Maßnahmen um die Dämmung der **vorderen und hinteren Außenwand – die beiden langen Seiten des Gebäudes, an denen das Dach endet** – mit **Mineralwolle** und lassen sich die resultierenden Einsparungen und Kosten berechnen. Anschließend schicken Sie Ihren angepassten Vorschlag über die Plattform zurück an Ihren Vermieter.

Anhang 2: Modernisierungsankündigung

Modernisierungsankündigung gem. § 555c BGB

1. Art und Umfang der Modernisierungsmaßnahmen

Es werden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Dachdämmung: Verbesserung der Wärmedämmung des Dachs durch eine Zwischensparrendämmung mit Zellulose

Diese Maßnahmen dienen sowohl der **Energieeinsparung** als auch der **Erhöhung des Wohnkomforts** durch bessere Wärmeisolierung und Schallschutz.

2. Einzelheiten der Maßnahme

Das Gebäude erhält eine **Dachdämmung mit Zellulose als Zwischensparrendämmung**, die den neuesten energetischen Standards entspricht. Diese Dämmmaßnahme kann eine Einsparung von bis zu 80% des Heizenergieverlustes über das Dach ermöglichen.

Die Zellulose wird als **Einblasdämmung** zwischen den vorhandenen Dachsparren eingebracht. Dies bietet folgende Vorteile:

- **Hohe Energieeffizienz** durch lückenlose Füllung der Dämmräume
- **Umweltfreundlich** dank Recyclingmaterial aus Altpapier
- **Schallschutz**: Zellulose reduziert effektiv Außengeräusche
- **Feuchtigkeitsregulierend**: Nimmt Feuchtigkeit auf und gibt sie langsam wieder ab, wodurch Schimmelbildung reduziert wird

Für die Einbringung der Dämmung sind kleine Öffnungen in die Dachverkleidung erforderlich, durch die das Material maschinell eingeblasen wird. Die Anzahl der Öffnungen variiert je nach Sparrenabstand und Dachfläche.

Die Maßnahme stellt eine nachhaltige und wirtschaftlich effiziente Lösung zur Verbesserung der **Dämmqualität und Energiebilanz des Gebäudes** dar.

3. Duldungspflicht

In Zeiten steigender Energiekosten sind diese Maßnahmen, von deren Heizkosteneinsparungspotenzial und der daraus folgenden Verbesserung des Raumklimas alle Mieter gleichermaßen profitieren, sinnvoll. Da es sich bei diesen Maßnahmen um eine Modernisierungsmaßnahme im Sinne des § 555b BGB handelt, ist Ihnen diese spätestens 3 Monate vor Beginn der Arbeiten unter Angabe der Art, des Umfangs, des Beginns, der voraussichtlichen Dauer sowie die diesbezüglich zu erwartende Mieterhöhung (§ 559 BGB) schriftlich mitzuteilen. Wir machen Sie daher darauf aufmerksam, dass die Modernisierungsmaßnahme von Ihnen zu dulden ist, Ihnen aber gemäß § 555e BGB das Recht zur außerordentlichen Kündigung zusteht. Dies berechtigt Sie bis zum Ablauf des Monats, der auf den Zugang dieser Mitteilung folgt, zum Ablauf des übernächsten Monats zu kündigen.

4. Voraussichtlicher Beginn und Dauer der Maßnahmen

Die Arbeiten werden voraussichtlich am 01.04.2025 beginnen und voraussichtlich 6 Monate in Anspruch nehmen, somit bis zum 30.09.2025 abgeschlossen sein.

Während der gesamten Bauarbeiten ist mit Beeinträchtigung durch Baulärm und Baustaub zu rechnen; selbstverständlich werden sich auf den Ebenen des Gerüsts auch Bauarbeiter befinden. Die lärmintensivsten Arbeiten werden jedoch nicht vor 07.00 Uhr morgens und nach 18.00 Uhr abends stattfinden.

5. Zu erwartende Mieterhöhung

Aufgrund der Tatsache, dass die Wärmedämmung des Daches eine Verbesserung der Mietsache darstellt, ist der Vermieter gem. § 559 BGB dazu berechtigt, die jährliche Miete um 8% der für die Wohnung aufgewendeten Kosten, jedoch nicht mehr als 2€/m² zu erhöhen. Wenn die baulichen Maßnahmen für mehrere Wohnungen durchgeführt werden, sind die Kosten angemessen auf die einzelnen Wohnungen aufzuteilen. Im vorliegenden Fall wird sich die Aufteilung der Kostenanteile nach der Quadratmetergröße richten. Die zu erwartende Erhöhung errechnet sich nach den z. Zt. von den Ingenieuren erarbeiteten Kostenschätzungen.

Hiernach belaufen sich die Gesamtkosten für die energetische Sanierung des Hauses auf ca. 30.000 €.

Davon 8% entsprechen ca. 2.400€ , verteilt auf die Gesamtfläche von 240m² gleich ca. 10 ,00€/m², geteilt durch 12 Monate gleich 0,83€/mntl pro m².

Damit erhöht sich die Grundmiete aller Vorrassicht nach ab dem 01.10.2025 um 0,83€ x 120m² erhöhen, d.h. um 100,00€ mtl. erhöhen.

Die genaue Mieterhöhung wird Ihnen nach Abschluss der Arbeiten und Zusammenstellung der endgültigen Kosten mit gesondertem Schreiben gem. § 559b BGB mitgeteilt.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen jederzeit zur Verfügung. Ich danke Ihnen für Ihr Verständnis und Ihre Zusammenarbeit und freue mich, durch diese Maßnahmen das Wohnklima nachhaltig verbessern zu können.

Mit freundlichen Grüßen

Vermieter V

Anhang 3: Datenblatt

Datenblatt

Angaben zum Gebäude

Straße	Hamburgerstraße
Hausnummer	1
Postleitzahl	22765
Wohnort	Hamburg
Baujahr	1955
Gesamtwohnfläche	240 m ²
Energieträger	Erdgas

Angaben zur Wohnung

Bezeichnung	OG Rechts
Wohnungsgröße	120 m ²

Angaben zur Person

Vorname	Marie
Nachname	Mieterin

Von Ihnen hinzuzufügende Maßnahmen

Vordere Außenwand	Fassadendämmung mit Mineralwolle
Hintere Außenwand	Fassadendämmung mit Mineralwolle

Bereits von Ihrem Vermieter hinzugefügte Maßnahmen

Vordere Dachseite	Dachdämmung mit Zellulose
Hintere Dachseite	Dachdämmung mit Zellulose

Anhang 4: User Experience Questionnaire

Tabelle 15: 26 Fragen des User Experience Questionnaires
Quelle: Laugwitz et al. (2008)

unerfreulich	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	erfreulich
unverständlich	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	verständlich
kreativ	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	phantasielos
leicht zu lernen	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	schwer zu lernen
wertvoll	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	minderwertig
langweilig	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	spannend
uninteressant	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	interessant
unberechenbar	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	voraussagbar
schnell	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	langsam
originell	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	konventionell
behindernd	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	unterstützend
gut	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	schlecht
kompliziert	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	einfach
abstoßend	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	anziehend
herkömmlich	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	neuartig
unangenehm	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	angenehm
sicher	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	unsicher
aktivierend	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	einschläfernd
erwartungskonform	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	nicht erwartungskonform
ineffizient	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	effizient
übersichtlich	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	verwirrend
unpragmatisch	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	pragmatisch
aufgeräumt	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	überladen
attraktiv	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	unattraktiv
sympathisch	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	unsympathisch
konservativ	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	innovativ

Anhang 5: Ergebnisse der Galvanic Skin Response

Tabelle 16: Ergebnisse der GSR für Gruppe A

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Signal Duration	Has Peaks	Peak Count	Peaks Per Minute	Average Peak Amplitude
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Stimulus	Webseite	7678	246948	246948	1	23	5.59	0.0286
A02	MALE	31	Gruppe A	Stimulus	Webseite	5243	307834	307834	0	0	0	NA
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Stimulus	Webseite	4673	367094	367094	1	36	5.88	0.0205
A04	MALE	27	Gruppe A	Stimulus	Webseite	6173	402343	402343	1	2	0.3	0.0102
A05	MALE	27	Gruppe A	Stimulus	Webseite	7613	221526	221526	1	3	0.81	0.0083

Tabelle 17: Ergebnisse der GSR für Gruppe B

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Signal Duration	Has Peaks	Peak Count	Peaks Per Minute	Average Peak Amplitude
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Stimulus	Webseite	5346	295660	295660	1	41	8.32	0.0677
B02	MALE	28	Gruppe B	Stimulus	Webseite	4304	533900	533900	1	96	10.79	86
B03	MALE	28	Gruppe B	Stimulus	Webseite	5633	259311	259311	1	40	9.26	0.1385
B04	MALE	27	Gruppe B	Stimulus	Webseite	5096	341748	341748	1	28	4.92	0.0708
B05	MALE	27	Gruppe B	Stimulus	Webseite	7307	359009	359009	1	2	0.33	0.0062

Anhang 6: Ergebnisse der Facial Expression Analysis für Gruppe A

Tabelle 18: Ergebnisse der FEA für die sieben Kernemotionen

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Anger Threshold	Anger Frames >= Threshold	Anger Time Percentage	Contempt Threshold	Contempt Frames >= Threshold	Contempt Time Percentage	Disgust Threshold	Disgust Frames >= Threshold	Disgust Time Percentage	Fear Threshold	Fear Frames >= Threshold	Fear Time Percentage	Joy Threshold	Joy Frames >= Threshold	Joy Time Percentage	Sadness Threshold	Sadness Frames >= Threshold	Sadness Time Percentage	Surprise Threshold	Surprise Frames >= Threshold	Surprise Time Percentage
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Stimulus	Webseite	7678	246948	7409	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	156	2.11	50	0	0	50	0	0
A02	MAL E	31	Gruppe A	Stimulus	Webseite	5243	307834	9233	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Stimulus	Webseite	4673	367094	11009	50	0	0	50	12	0.11	50	10	0.09	50	0	0	50	76	0.69	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	27	Gruppe A	Stimulus	Webseite	6173	402343	12066	50	80	0.66	50	4	0.03	50	24	0.2	50	49	0.41	50	903	7.48	50	34	0.28	50	99	0.82
A05	MAL E	27	Gruppe A	Stimulus	Webseite	7613	221526	6557	50	132	2.01	50	0	0	50	0	0	50	153	2.33	50	0	0	50	209	3.19	50	125	1.91

Tabelle 19: Ergebnisse der FEA für die positive, negative und neutrale Valenz
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Positive Valence Threshold	Positive Valence Frames >= Threshold	Positive Valence Time Percentage	Negative Valence Threshold	Negative Valence Frames < Threshold	Negative Valence Time Percentage	Neutral Valence Threshold	Neutral Valence Frames Between Threshold	Neutral Valence Time Percentage
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Stimulus	Webseite	7678	246948	7409	50	271	3.66	-50	0	0	-50 50	7115	96.03
A02	MALE	31	Gruppe A	Stimulus	Webseite	5243	307834	9233	50	0	0	-50	0	0	-50 50	9233	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Stimulus	Webseite	4673	367094	11009	50	109	0.99	-50	0	0	-50 50	10885	98.87
A04	MALE	27	Gruppe A	Stimulus	Webseite	6173	402343	12066	50	1004	8.32	-50	86	0.71	-50 50	10910	90.42
A05	MALE	27	Gruppe A	Stimulus	Webseite	7613	221526	6557	50	0	0	-50	206	3.14	-50 50	6347	96.8

Tabelle 20: Ergebnisse der FEA für die neutralen Ausdrücke
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Neutral Threshold	Neutral Frames >= Threshold	Neutral Time Percentage
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Stimulus	Webseite	7678	246948	7409	50	7185	96.98
A02	MALE	31	Gruppe A	Stimulus	Webseite	5243	307834	9233	50	9233	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Stimulus	Webseite	4673	367094	11009	50	10796	98.07
A04	MALE	27	Gruppe A	Stimulus	Webseite	6173	402343	12066	50	10442	86.54
A05	MALE	27	Gruppe A	Stimulus	Webseite	7613	221526	6557	50	6205	94.63

Anhang 7: Ergebnisse der Facial Expression Analysis für Gruppe B

Tabelle 21: Ergebnisse der FEA für die sieben Kernemotionen

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Anger Threshold	Anger Frames >= Threshold	Anger Time Percentage	Contempt Threshold	Contempt Frames >= Threshold	Contempt Time Percentage	Disgust Threshold	Disgust Frames >= Threshold	Disgust Time Percentage	Fear Threshold	Fear Frames >= Threshold	Fear Time Percentage	Joy Threshold	Joy Frames >= Threshold	Joy Time Percentage	Sadness Threshold	Sadness Frames >= Threshold	Sadness Time Percentage	Surprise Threshold	Surprise Frames >= Threshold	Surprise Time Percentage
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Stimulus	Webseite	5346	295660	8868	50	49	0.55	50	103	1.16	50	6	0.07	50	0	0	50	128	1.44	50	39	0.44	50	0	0
B02	MAL E	28	Gruppe B	Stimulus	Webseite	4304	533900	16015	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	260	1.62	50	513	3.2	50	27	0.17	50	604	3.77
B03	MAL E	28	Gruppe B	Stimulus	Webseite	5633	259311	7777	50	8	0.1	50	6	0.08	50	0	0	50	49	0.63	50	66	0.85	50	18	0.23	50	41	0.53
B04	MAL E	27	Gruppe B	Stimulus	Webseite	5096	341748	8201	50	5	0.06	50	0	0	50	69	0.84	50	237	2.89	50	443	5.4	50	0	0	50	247	3.01
B05	MAL E	27	Gruppe B	Stimulus	Webseite	7307	359009	10771	50	6	0.06	50	0	0	50	0	0	50	112	1.04	50	0	0	50	0	0	50	125	1.16

Tabelle 22: Ergebnisse der FEA für die positive, negative und neutrale Valenz

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Adaptive Engagement Frames >= Threshold	Adaptive Engagement Time Percentage	Positive Valence Threshold	Positive Valence Frames >= Threshold	Positive Valence Time Percentage	Negative Valence Threshold	Negative Valence Frames < Threshold	Negative Valence Time Percentage	Neutral Valence Threshold	Neutral Valence Frames Between Threshold	Neutral Valence Time Percentage
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Stimulus	Webseite	5346	295660	2117	23.87	50	108	1.22	-50	18	0.2	-50 50	8696	98.06
B02	MALE	28	Gruppe B	Stimulus	Webseite	4304	533900	1046	6.53	50	524	3.27	-50	9	0.06	-50 50	15384	96.06
B03	MALE	28	Gruppe B	Stimulus	Webseite	5633	259311	326	4.19	50	77	0.99	-50	34	0.44	-50 50	7651	98.38
B04	MALE	27	Gruppe B	Stimulus	Webseite	5096	341748	1339	16.33	50	657	8.01	-50	19	0.23	-50 50	7481	91.22
B05	MALE	27	Gruppe B	Stimulus	Webseite	7307	359009	101	0.94	50	0	0	-50	1	0.01	-50 50	10763	99.93

Tabelle 23: Ergebnisse der FEA für die neutralen Ausdrücke

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Neutral Threshold	Neutral Frames >= Threshold	Neutral Time Percentage
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Stimulus	Webseite	5346	295660	8868	50	8218	92.67
B02	MALE	28	Gruppe B	Stimulus	Webseite	4304	533900	16015	50	13121	81.93
B03	MALE	28	Gruppe B	Stimulus	Webseite	5633	259311	7777	50	7418	95.38
B04	MALE	27	Gruppe B	Stimulus	Webseite	5096	341748	8201	50	7168	87.4
B05	MALE	27	Gruppe B	Stimulus	Webseite	7307	359009	10771	50	10409	96.64

Anhang 8: Ergebnisse der deskriptiven Analyse für die Facial Expression Analysis von Version A

Tabelle 24: Ergebnisse der deskriptiven Analyse der FEA

Quelle: Eigene Darstellung

	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Anger	42.4	0.0	60.9
Sadness	48.6	0.0	90.87
Disgust	6.8	0.0	10.55
Fear	40.4	0.0	66.43
Joy	227.0	76.0	383.37
Surprise	44.8	0.0	62.03
Contempt	3.2	0.0	5.22
Positive Valence	276.8	109.0	421.38
Negative Valence	58.4	0.0	90.53
Neutral Valence	8898.0	9233.0	2109.22
Neutral	8772.2	9233.0	2012.84

Anhang 9: Ergebnisse der deskriptiven Analyse für die Facial Expression Analysis von Version B

Tabelle 25: Ergebnisse der deskriptiven Analyse der FEA

Quelle: Eigene Darstellung

	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Anger	13.6	6.0	20.01
Sadness	16.8	18.0	17.05
Disgust	15.0	0.0	30.3
Fear	131.6	112.0	114.15
Joy	230.0	128.0	232.19
Surprise	203.4	125.0	243.04
Contempt	21.8	0.0	45.47
Positive Valence	273.2	108.0	296.07
Negative Valence	16.2	18.0	12.36
Neutral Valence	9995.0	8696.0	3283.79
Neutral	9266.8	8218.0	2504.12

Anhang 10: Ergebnisse des User Experience Questionnaire

Tabelle 26: Ergebnisse des User Experience Questionnaires für Gruppe A nach Dimension

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit der Analyse-Datei des UEQs

Attraktivität	Durchschaubarkeit	Effizienz	Steuerbarkeit	Stimulation	Originalität
2,33	2,25	1,25	1,00	0,50	2,00
0,67	0,25	1,75	0,25	1,00	1,25
2,00	1,75	1,75	1,50	2,00	2,00
1,33	2,25	2,00	1,25	0,75	1,75
2,83	1,75	2,75	2,25	2,25	1,75

Tabelle 27: Ergebnisse des User Experience Questionnaires für Gruppe B nach Dimension

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit der Analyse-Datei des UEQs

Attraktivität	Durchschaubarkeit	Effizienz	Steuerbarkeit	Stimulation	Originalität
-1,50	-0,75	0,00	-0,75	-2,00	-1,75
1,17	1,50	2,50	2,50	0,75	-0,25
-0,33	-1,00	0,00	-0,75	-1,75	-2,00
-0,33	-0,25	0,50	0,00	0,75	0,00
2,50	2,25	2,50	1,50	3,00	1,75

Tabelle 28: Deskriptive Kennwerte der Ergebnisse des User Experience Questionnaires

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit der Analyse-Datei des UEQs

Scale	Data Set Version A						Data Set Version B					
	Mean	STD	N	Confidence	Confidence Interval		Mean	STD	N	Confidence	Confidence Interval	
Attraktivität	1,83	0,85	5	0,74	1,09	2,58	0,30	1,55	5	1,36	-	1,66
Durchschaubarkeit	1,65	0,82	5	0,72	0,93	2,37	0,35	1,44	5	1,26	-	1,61
Effizienz	1,90	0,55	5	0,48	1,42	2,38	1,10	1,29	5	1,13	-	2,23
Steuerbarkeit	1,25	0,73	5	0,64	0,61	1,89	0,50	1,45	5	1,27	-	1,77
Stimulation	1,30	0,78	5	0,68	0,62	1,98	0,15	2,07	5	1,81	-	1,96
Originalität	1,75	0,31	5	0,27	1,48	2,02	-0,45	1,51	5	1,33	-	0,88

Tabelle 29: Ergebnisse des t-Tests bei einem Signifikanzniveau von 0,05

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit der Analyse-Datei des UEQs

Attraktivität	0,0992	No Significant Difference
Durchschaubarkeit	0,1278	No Significant Difference
Effizienz	0,2552	No Significant Difference
Steuerbarkeit	0,3411	No Significant Difference

Stimulation	0,2956	No Significant Difference
Originalität	0,0299	Significant Difference

Tabelle 30: Ergebnisse des t-Tests bei einem Signifikanzniveau von 0,1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit der Analyse-Datei des UEQs

Attraktivität	0,0992	Significant Difference
Durchschaubarkeit	0,1278	No Significant Difference
Effizienz	0,2552	No Significant Difference
Steuerbarkeit	0,3411	No Significant Difference
Stimulation	0,2956	No Significant Difference
Originalität	0,0299	Significant Difference

Anhang 11: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für Gruppe A

Tabelle 31 : Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die GSR Metriken
Quelle: Eigene Darstellung

	Peak Count	Average Peak Amplitude	Peaks Per Minute
p-Wert	0.128	0.871	0.45

Tabelle 32: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die sieben Kernemotionen
Quelle: Eigene Darstellung

	Anger	Sadness	Disgust	Fear	Joy	Surprise	Contempt
p-Wert	0.47	0.3	0.35	0.19	0.8	0.26	0.21

Tabelle 33: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die positive, negative und neutrale Valenz
Quelle: Eigene Darstellung

	Positive Valence	Negative Valence	Neutral Valence
p-Wert	0.34	0.36	0.281

Tabelle 34: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die neutralen Gesichtsausdrücke
Quelle: Eigene Darstellung

	Neutral
p-Wert	0.46

Tabelle 35: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die Eye-Tracking Metriken
Quelle: Eigene Darstellung

	Total Fixation Duration [ms]	Average Fixation Duration [ms]	Fixation Count	Total Saccade Duration [ms]	Average Saccade Duration [ms]	Saccades Count
p-Wert	0.354	0.349	0.811	0.508	0.862	0.346

Tabelle 36: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die Durchführungsdauer
Quelle: Eigene Darstellung

	Duration (ms)
p-Wert	0.689

Anhang 12: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für Gruppe B

Tabelle 37: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die GSR Metriken
Quelle: Eigene Darstellung

	Peak Count	Average Peak Amplitude	Peaks Per Minute
p-Wert	0.486	0.757	0.522

Tabelle 38: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die sieben Kernemotionen
Quelle: Eigene Darstellung

	Anger	Sadness	Disgust	Fear	Joy	Surprise	Contempt
p-Wert	0.8	0.437	0.1	0.488	0.247	0.234	0.00084

Tabelle 39: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die positive, negative und neutrale Valenz
Quelle: Eigene Darstellung

	Positive Valence	Negative Valence	Neutral Valence
p-Wert	0.181	0.878	0.153

Tabelle 40: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die neutralen Gesichtsausdrücke
Quelle: Eigene Darstellung

	Neutral
p-Wert	0.277

Tabelle 41: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die Eye-Tracking Metriken
Quelle: Eigene Darstellung

	Total Fixation Duration [ms]	Average Fixation Duration [ms]	Fixation Count	Total Saccade Duration [ms]	Average Saccade Duration [ms]	Saccades Count
p-Wert	0.874	0.249	0.861	0.665	0.954	0.83

Tabelle 42: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests für die Durchführungsdauer
Quelle: Eigene Darstellung

	Duration (ms)
p-Wert	0.277

Anhang 13: Ergebnisse der Korrelationsanalyse für Version A

Tabelle 43: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den GSR Metriken
Quelle: Eigene Darstellung

	Average Peak Amplitude	Peaks Per Minute	Peak Count
Attraktivität	0.4	0.6	0.6
Durchschaubarkeit	0.737865	0.316228	0.316228
Effizienz	-0.564288	-0.307794	-0.307794
Steuerbarkeit	0.1	0.5	0.5
Stimulation	-0.5	0.1	0.1
Originalität	0.948683	0.948683	0.948683

Tabelle 44: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den sieben Kernemotionen
Quelle: Eigene Darstellung

	Anger	Sadness	Disgust	Fear	Joy	Surprise	Contempt
Attraktivität	0.447214	0.447214	-0.33541	0.447214	-0.102598	0.447214	-0.223607
Durchschaubarkeit	0.176777	0.176777	0.412479	0.176777	0.892218	0.176777	0.176777
Effizienz	0.917663	0.917663	0.229416	0.917663	-0.236842	0.917663	0.057354
Steuerbarkeit	0.67082	0.67082	0.223607	0.67082	-0.102598	0.67082	0.33541
Stimulation	0.447214	0.447214	-0.111803	0.447214	-0.718185	0.447214	0.111803
Originalität	-0.294628	-0.294628	0.176777	-0.294628	0.459627	-0.294628	0.412479

Tabelle 45: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und der positiven, negativen und neutralen Valenz

Quelle: Eigene Darstellung

	Positive Valence	Negative Valence	Neutral Valence
Attraktivität	-0.102598	0.447214	-0.7
Durchschaubarkeit	0.892218	0.176777	0.210819
Effizienz	-0.236842	0.917663	-0.051299
Steuerbarkeit	-0.102598	0.67082	-0.2
Stimulation	-0.718185	0.447214	-0.3
Originalität	0.459627	-0.294628	0.0

Tabelle 46: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den neutralen Gesichtsausdrücken

Quelle: Eigene Darstellung

	Neutral
Attraktivität	-0.6
Durchschaubarkeit	0.0
Effizienz	-0.205196
Steuerbarkeit	-0.1
Stimulation	-0.1
Originalität	0.210819

Tabelle 47: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den Eye-Tracking Metriken

Quelle: Eigene Darstellung

	Total Fixation Duration [ms]	Average Fixation Duration [ms]	Fixation Count	Total Saccade Duration [ms]	Average Saccade Duration [ms]	Saccades Count
Attraktivität	-0.7	-0.7	-0.9	-0.9	0.6	-0.8
Durchschaubarkeit	0.210819	-0.368932	0.052705	0.052705	0.158114	-0.158114
Effizienz	-0.051299	-0.359092	-0.051299	-0.051299	-0.615587	0.359092

Steuerbarkeit	-0.2	-0.3	-0.5	-0.5	0.1	-0.2
Stimulation	-0.3	0.0	-0.4	-0.4	-0.1	0.0
Originalität	0.0	0.052705	-0.368932	-0.368932	0.790569	-0.579751

Tabelle 48: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und der Durchführungsdauer
Quelle: Eigene Darstellung

	Duration (ms)
Attraktivität	-0.7
Durchschaubarkeit	0.210819
Effizienz	-0.051299
Steuerbarkeit	-0.2
Stimulation	-0.3
Originalität	0.0

Tabelle 49: Korrelationen der GSR Metriken und den sieben Kernemotionen
Quelle: Eigene Darstellung

	Anger	Sadness	Disgust	Fear	Joy	Surprise	Contempt
Peak Count	-0.223607	-0.223607	0.111803	-0.223607	0.205196	-0.223607	0.447214
Average Peak Amplitude	-0.33541	-0.33541	0.223607	-0.33541	0.666886	-0.33541	0.33541
Peaks Per Minute	-0.223607	-0.223607	0.111803	-0.223607	0.205196	-0.223607	0.447214

Tabelle 50: Korrelationen der GSR Metriken und der positiven, negativen und neutralen Valenz
 Quelle: Eigene Darstellung

	Positive Valence	Negative Valence	Neutral Valence
Peak Count	0.205196	-0.223607	-0.1
Average Peak Amplitude	0.666886	-0.33541	0.1
Peaks Per Minute	0.205196	-0.223607	-0.1

Tabelle 51: Korrelationen der GSR Metriken und den neutralen Gesichtsausdrücken
 Quelle: Eigene Darstellung

	Neutral
Peak Count	0.2
Average Peak Amplitude	0.2
Peaks Per Minute	0.2

Anhang 14: Ergebnisse der Korrelationsanalyse für Version B

Tabelle 52: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den GSR Metriken
 Quelle: Eigene Darstellung

	Peak Count	Average Peak Amplitude	Peaks Per Minute
Attraktivität	-0.359092	-0.205196	-0.205196
Durchschaubarkeit	-0.3	-0.6	-0.4
Effizienz	-0.158114	-0.316228	-0.158114
Steuerbarkeit	0.051299	-0.153897	0.051299
Stimulation	-0.564288	-0.359092	-0.46169

Originalität	-0.6	-0.7	-0.7
---------------------	------	------	------

Tabelle 53: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den sieben Kernemotionen
Quelle: Eigene Darstellung

	Anger	Sadness	Disgust	Fear	Joy	Surprise	Contempt
Attraktivität	-0.615587	-0.552632	-0.630893	0.615587	-0.205196	0.615587	-0.802955
Durchschaubarkeit	-0.6	-0.410391	-0.223607	0.6	0.0	0.6	-0.782624
Effizienz	-0.790569	-0.405554	-0.353553	0.790569	0.158114	0.790569	-0.883883
Steuerbarkeit	-0.872082	-0.263158	-0.344124	0.872082	0.359092	0.872082	-0.860309
Stimulation	-0.666886	-0.763158	-0.28677	0.666886	-0.153897	0.666886	-0.917663
Originalität	-0.5	-0.666886	0.111803	0.5	-0.1	0.5	-0.782624

Tabelle 54: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den sieben Kernemotionen
Quelle: Eigene Darstellung

	Positive Valence	Negative Valence	Neutral Valence
Attraktivität	-0.359092	-0.666886	0.564288
Durchschaubarkeit	-0.1	-0.9	0.6
Effizienz	0.0	-0.790569	0.632456
Steuerbarkeit	0.153897	-0.718185	0.666886
Stimulation	-0.153897	-0.615587	0.307794
Originalität	0.0	-0.7	0.2

Tabelle 55: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den neutralen Gesichtsausdrücken
Quelle: Eigene Darstellung

	Neutral
Attraktivität	0.564288
Durchschaubarkeit	0.6
Effizienz	0.632456
Steuerbarkeit	0.666886
Stimulation	0.307794
Originalität	0.2

Tabelle 56: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und den Eye-Tracking Metriken
Quelle: Eigene Darstellung

	Total Fixa tion Duration [ms]	Average Fixation Duration [ms]	Fixation Count	Total Saccade Duration [ms]	Average Saccade Duration [ms]	Saccades Count
Attraktivität	0.564288	-0.359092	0.564288	0.564288	-0.718185	0.564288
Durchschaubarkeit	0.8	-0.1	0.8	0.8	-0.9	0.8
Effizienz	0.790569	0.0	0.790569	0.790569	-0.948683	0.790569
Steuerbarkeit	0.820783	0.153897	0.820783	0.820783	-0.974679	0.820783
Stimulation	0.46169	-0.153897	0.46169	0.46169	-0.718185	0.46169
Originalität	0.5	0.0	0.5	0.5	-0.7	0.5

Tabelle 57: Korrelationen der Dimensionen des UEQ und der Durchführungsdauer
Quelle: Eigene Darstellung

	Duration (ms)
Attraktivität	0.718185
Durchschaubarkeit	0.9

Effizienz	0.948683
Steuerbarkeit	0.974679
Stimulation	0.718185
Originalität	0.7

Tabelle 58: Korrelationen der GSR Metriken und den sieben Kernemotionen
Quelle: Eigene Darstellung

	Anger	Sadness	Disgust	Fear	Joy	Surprise	Contempt
Peak Count	-0.1	0.872082	-0.111803	0.1	0.7	0.1	0.33541
Average Peak Amplitude	-0.2	0.205196	-0.223607	0.2	0.4	0.2	0.111803
Peaks Per Minute	-0.2	0.666886	-0.33541	0.2	0.6	0.2	0.223607

Tabelle 59: Korrelationen der GSR Metriken und der positiven, negativen und neutralen Valenz
Quelle: Eigene Darstellung

	Positive Valence	Negative Valence	Neutral Valence
Peak Count	0.4	0.1	0.4
Average Peak Amplitude	0.3	0.7	-0.2
Peaks Per Minute	0.3	0.3	0.3

Tabelle 60: Korrelationen der GSR Metriken und den neutralen Gesichtsausdrücken

	Neutral
Peak Count	0.4
Average Peak Amplitude	-0.2
Peaks Per Minute	0.3

Anhang 15: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests

Tabelle 61: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests für die GSR Metriken

Quelle: Eigene Darstellung

Metrik	U-Statistik	U-p-Wert
Peak Count	4,5	0,1507936507936507
Peaks Per Minute	5	0,1507936507936507
Average Peak Amplitude	4	0,0952380952380952

Tabelle 62: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests für die FEA Dimensionen

Quelle: Eigene Darstellung

Metrik	U-Statistik	U-p-Wert
Anger	11,5	1,0
Contempt	11,5	1,0
Disgust	12,5	1,0
Fear	6	0,222
Joy	11	0,8412698412698413
Sadness	12	1,0
Surprise	6	0,222
Positive Valence	12	1,0
Negative Valence	10	0,6904761904761905
Neutral Valence	11	0,8412698412698413
Neutral	12	1,0

Tabelle 63: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests für die Durchführungsdauer

Quelle: Eigene Darstellung

Metrik	U-Statistik	U-p-Wert
Duration	10	0,6904761904761905

Tabelle 64: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests für die Eye-Tracking Metriken

Quelle: Eigene Darstellung

Metrik	U-Statistik	U-p-Wert
Total Fixation Duration	11	0,8412698412698413
Average Fixation Duration	9	0,5476190476190477
Fixation Count	12	1,0
Total Saccade Duration	12	1,0
Average Saccade Duration	17	0,4206349206349206
Saccades Count	11	0,8412698412698413

Tabelle 65: Ergebnisse des Mann-Whitney U-Tests für die Dimensionen des User Experience Questionnaires

Quelle: Eigene Darstellung

Dimension	U-Statistik	U-p-Wert
Attraktivität	20	0,1507936507936507
Durchschaubarkeit	20	0,1507936507936507
Effizienz	17	0,4206349206349206
Steuerbarkeit	16,5	0,5476190476190477
Stimulation	17	0,4206349206349206
Originalität	23	0.031746031746031744

Anhang 16: Scanpfade der Teilnehmer:innen für Gruppe A

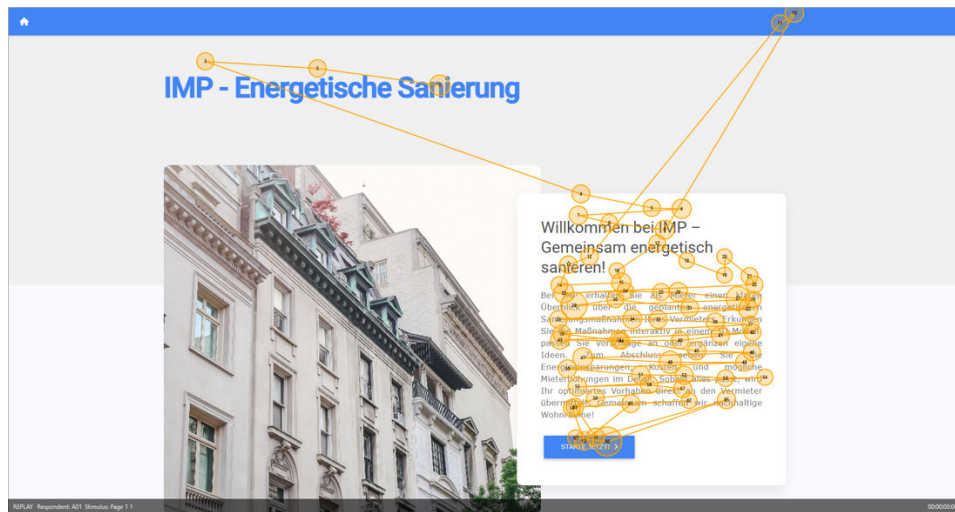


Abbildung 73: Seite 1 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

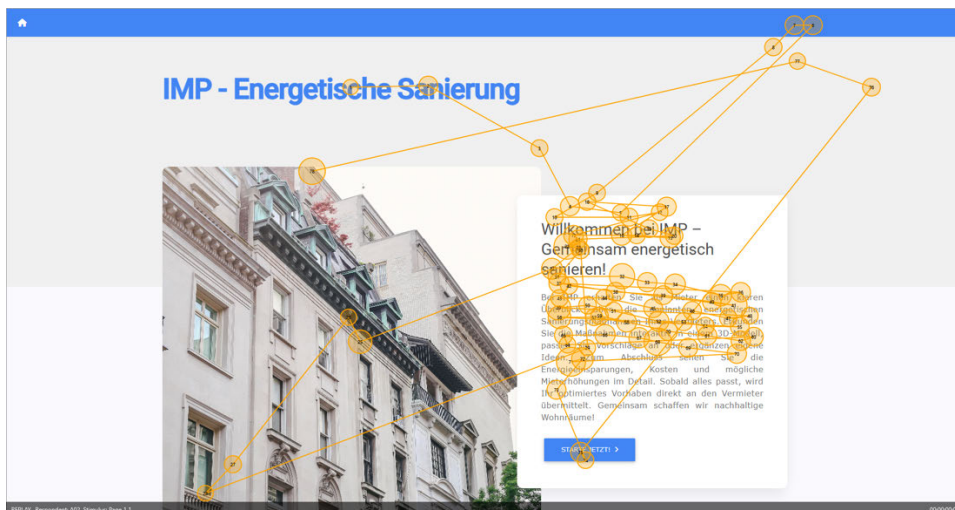


Abbildung 74: Seite 1 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

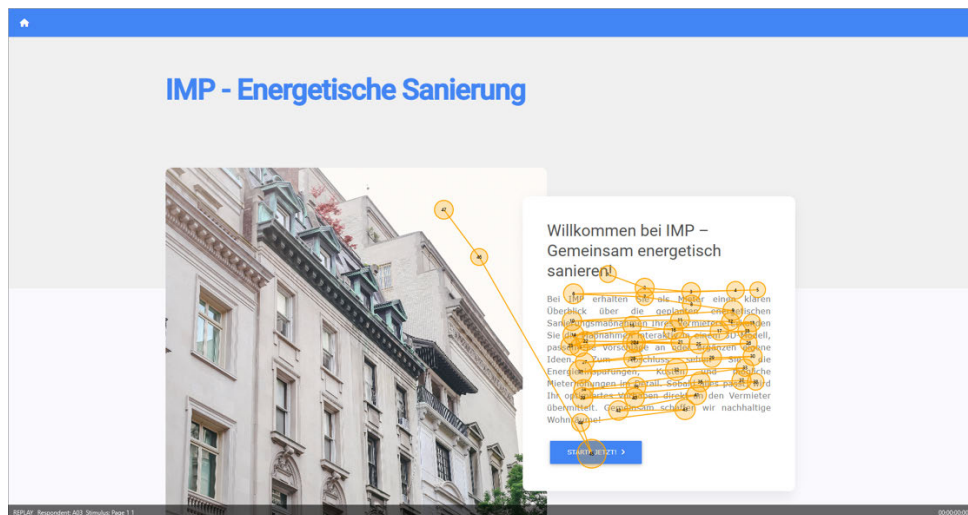


Abbildung 75: Seite 1 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

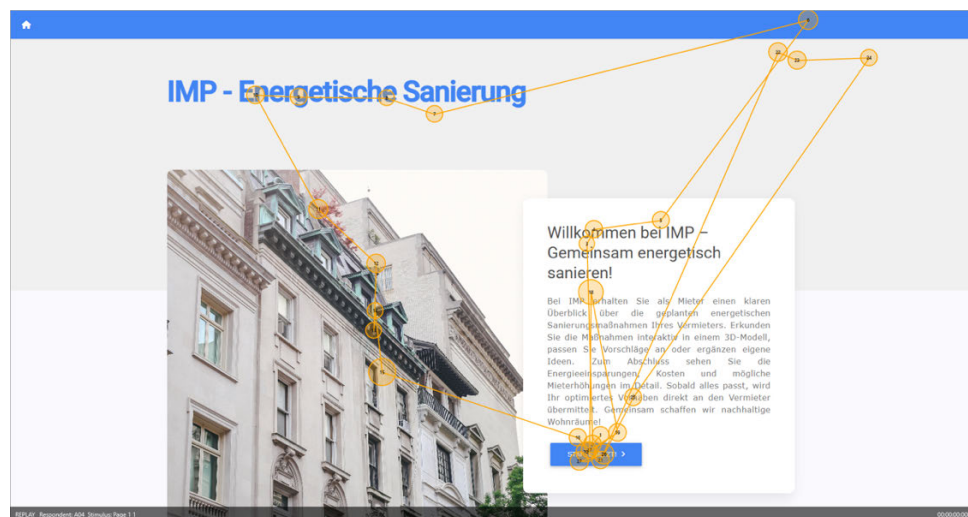


Abbildung 76: Seite 1 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

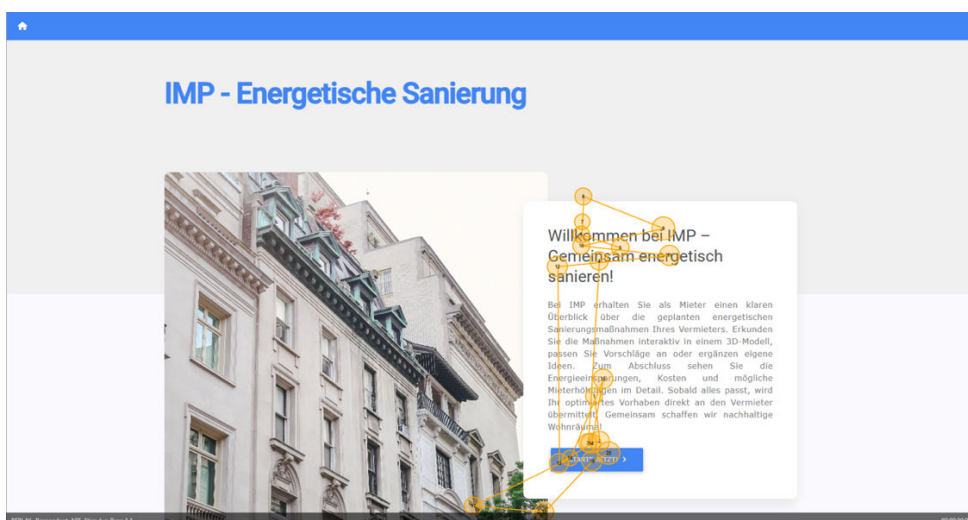


Abbildung 77: Seite 1 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

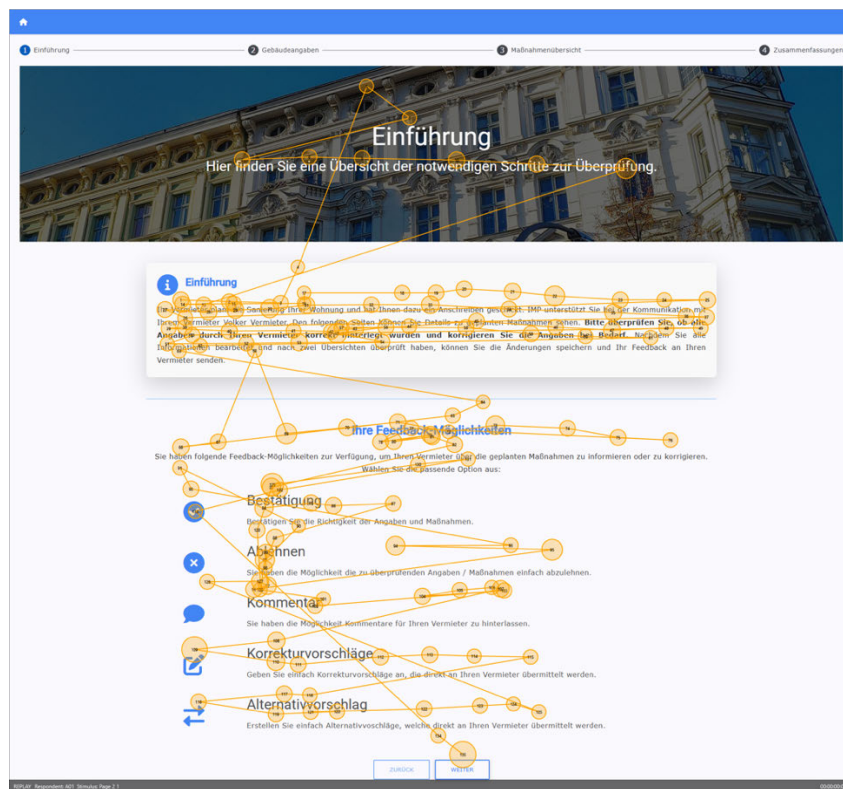


Abbildung 78: Seite 2 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

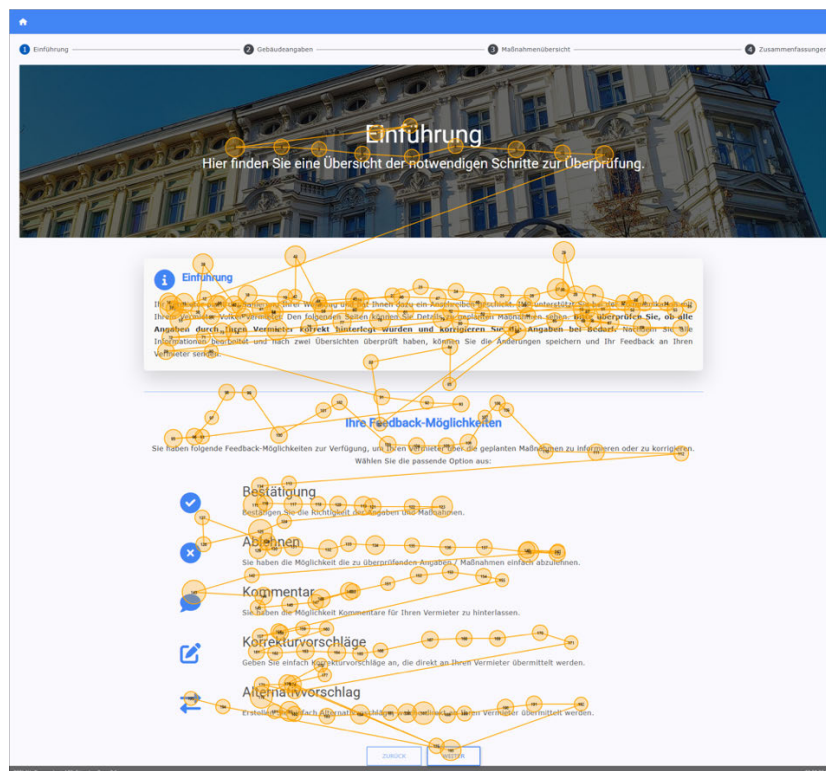


Abbildung 79: Seite 2 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

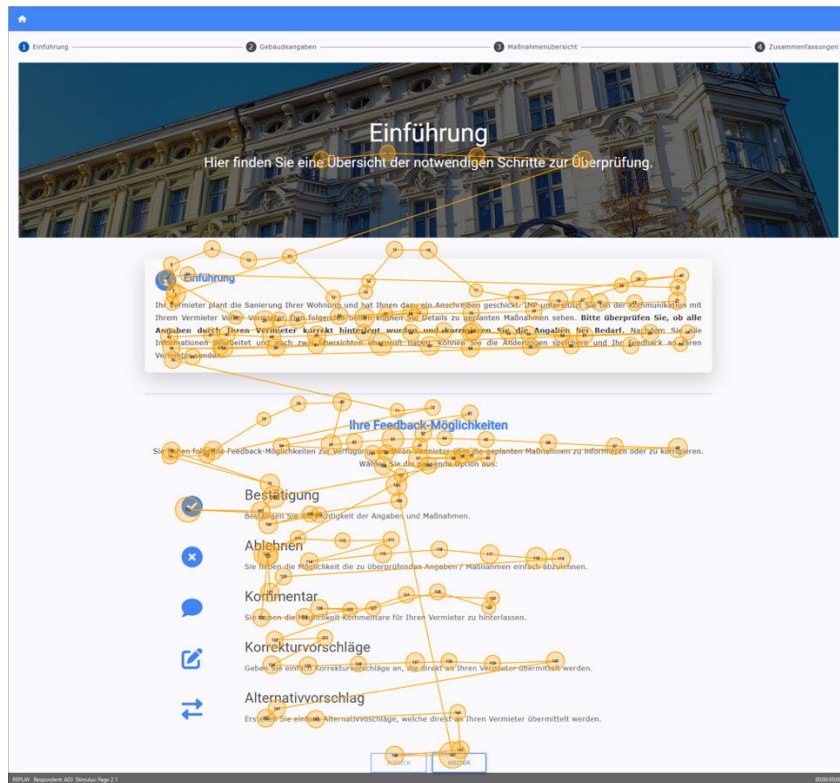


Abbildung 80: Seite 2 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

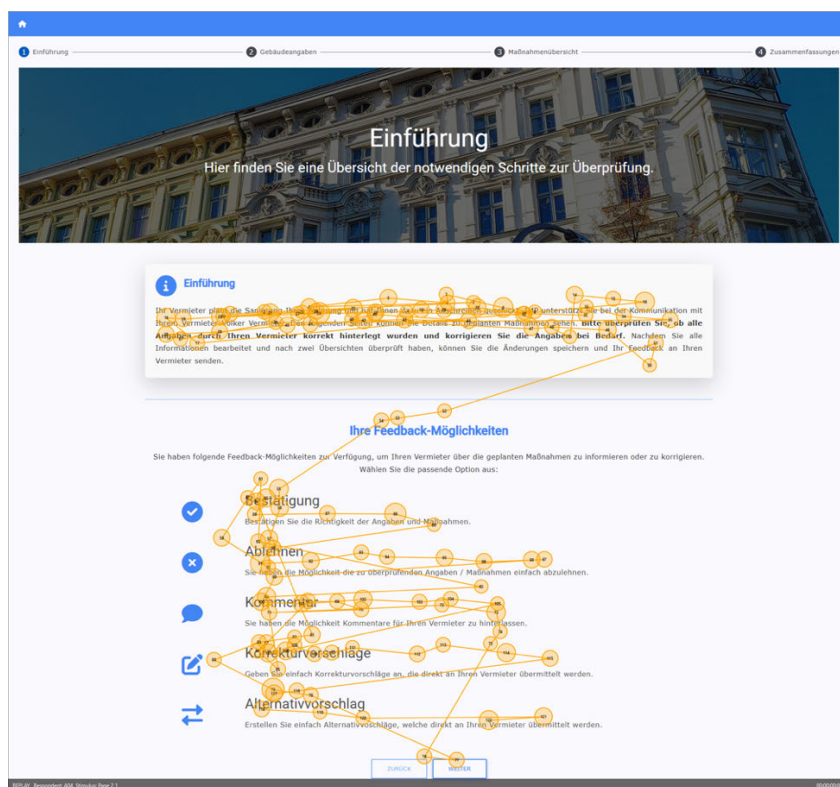


Abbildung 81: Seite 2 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

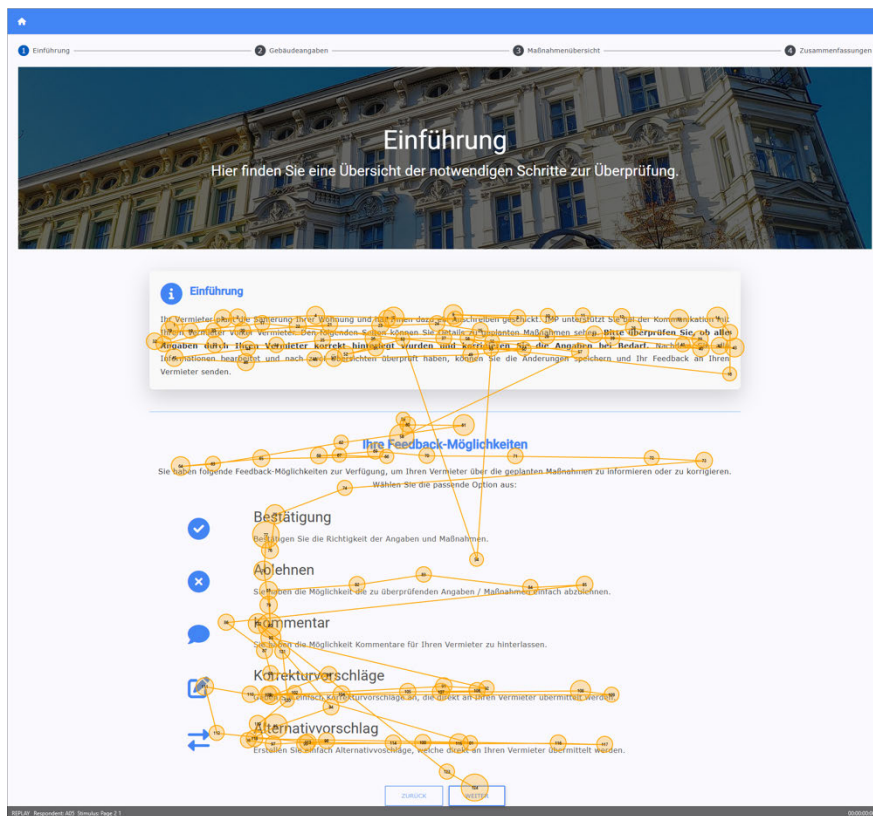


Abbildung 82: Seite 2 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

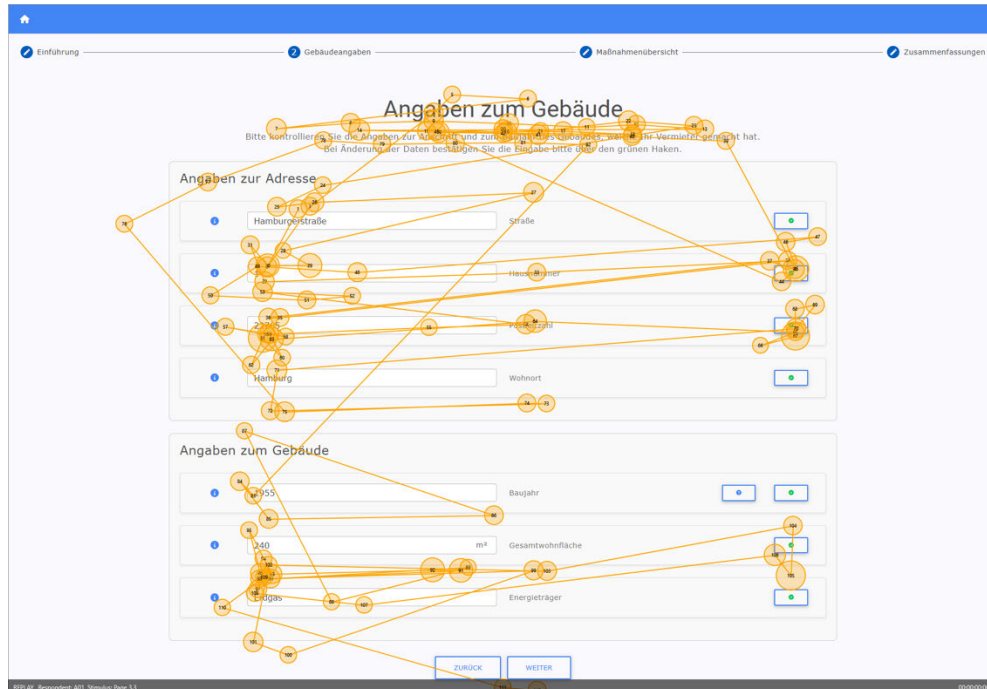


Abbildung 83: Seite 3 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

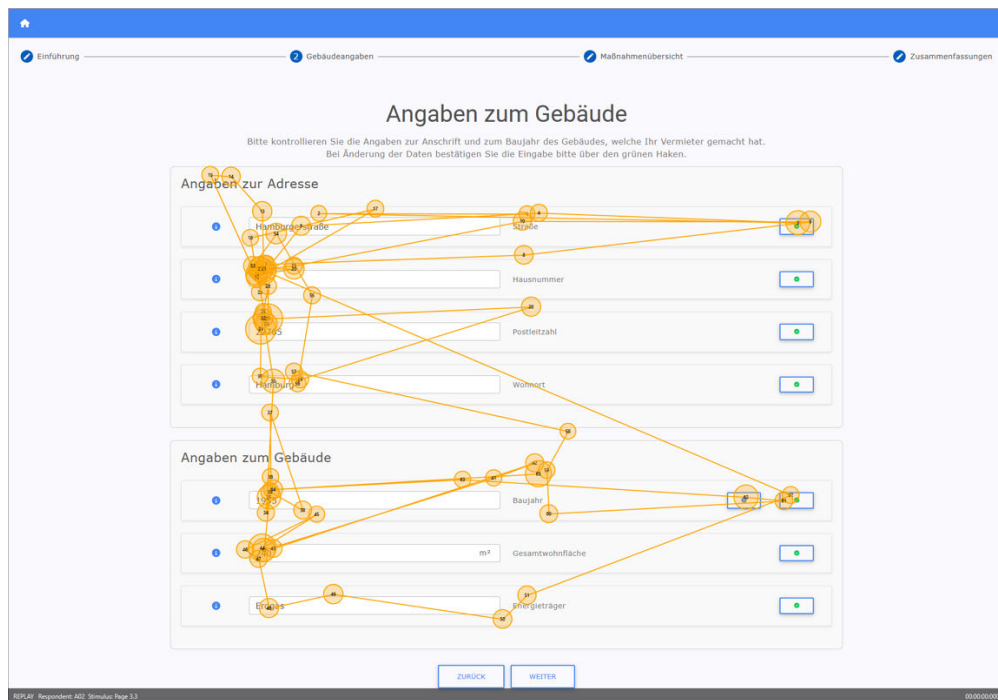


Abbildung 84: Seite 3 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions



Abbildung 85: Seite 3 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

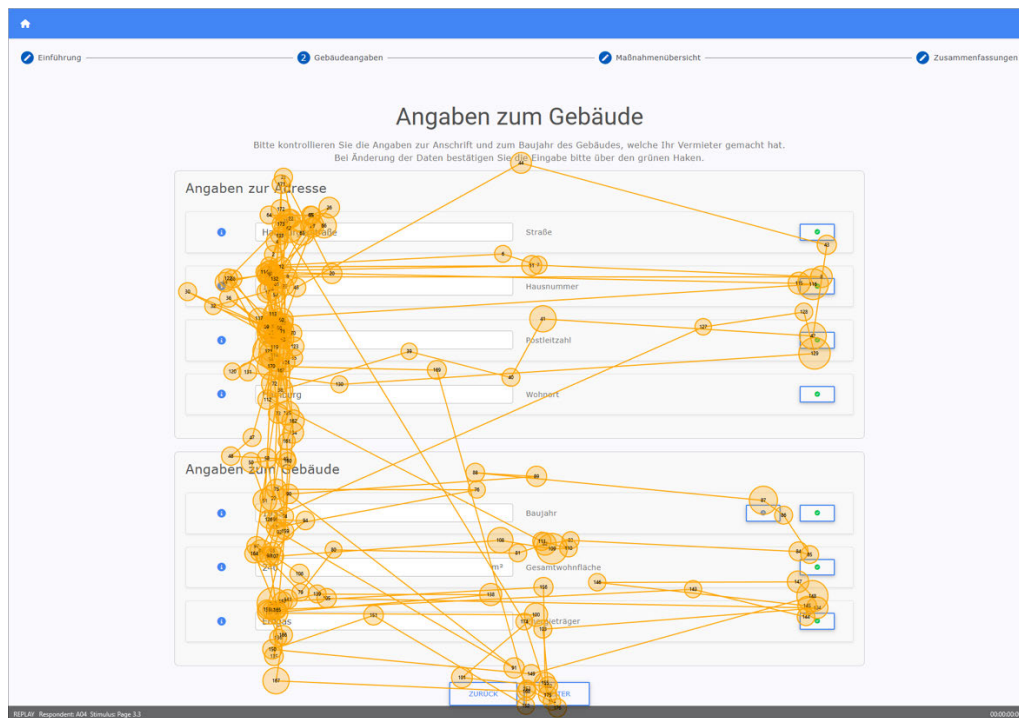


Abbildung 86: Seite 3 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

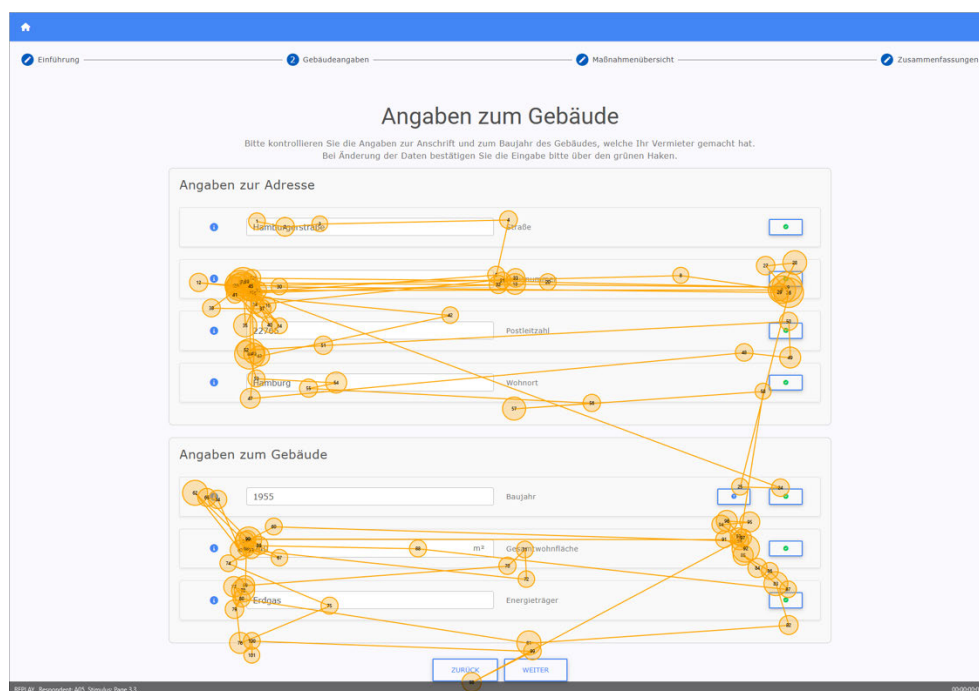


Abbildung 87: Seite 3 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

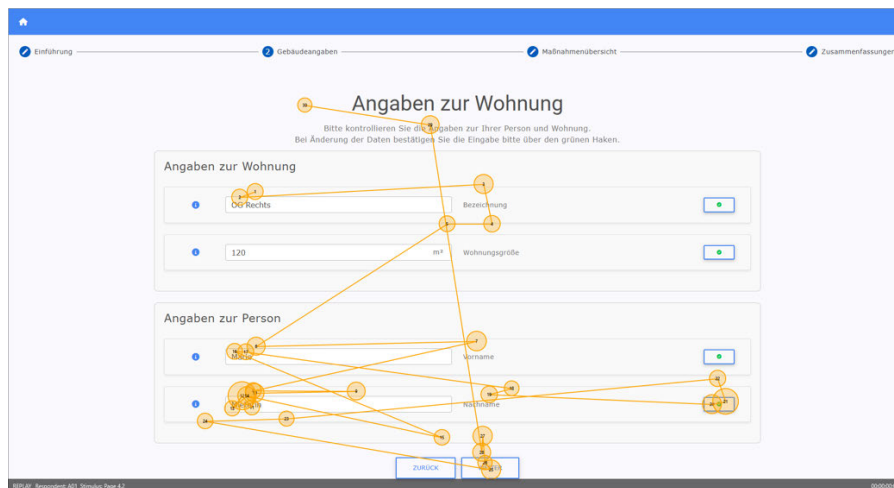


Abbildung 88: Seite 4 Teilnehmerin 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

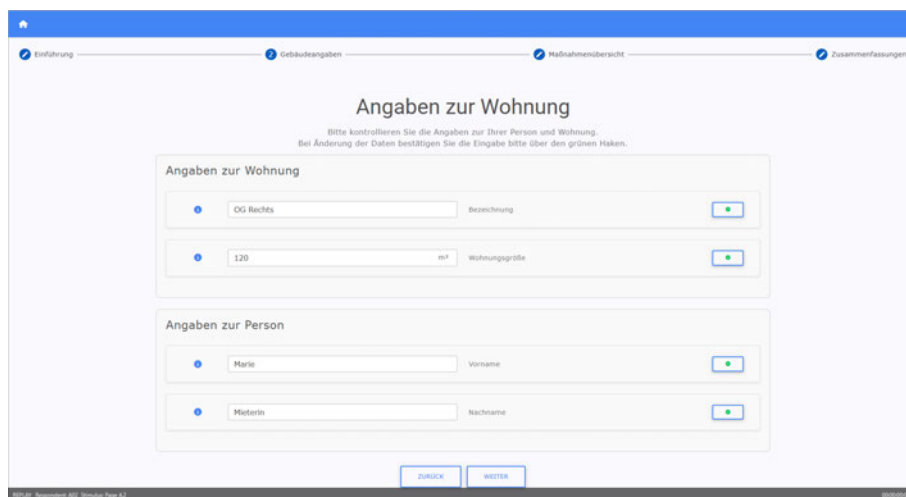


Abbildung 89: Seite 4: Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions



Abbildung 90: Seite 4 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

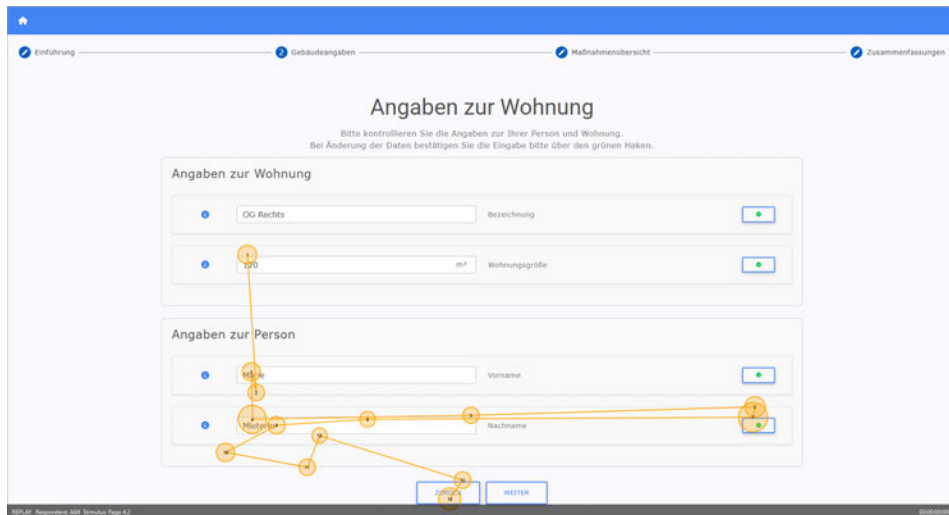


Abbildung 91: Seite 4 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

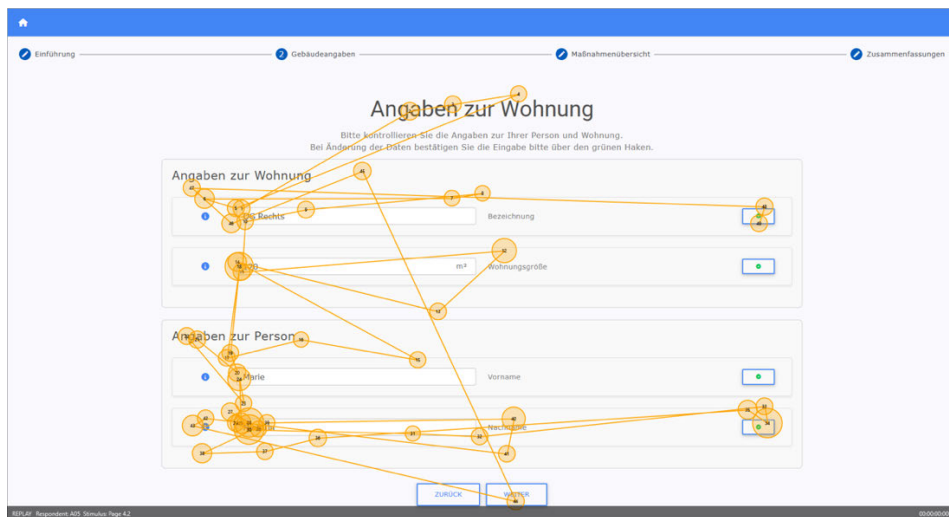


Abbildung 92: Seite 4 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

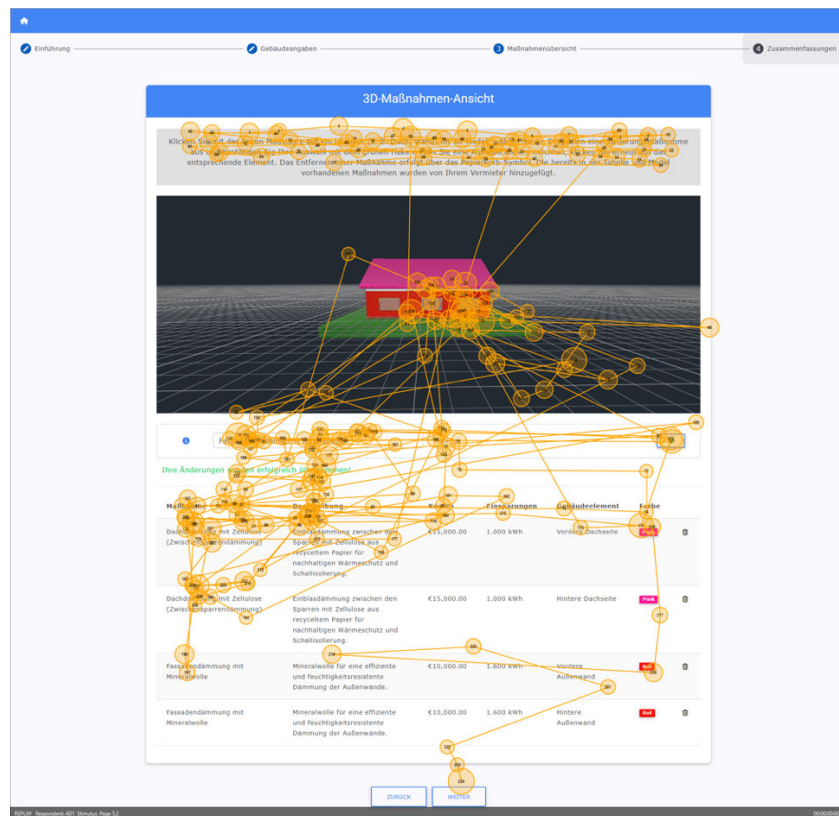


Abbildung 93: Seite 5 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

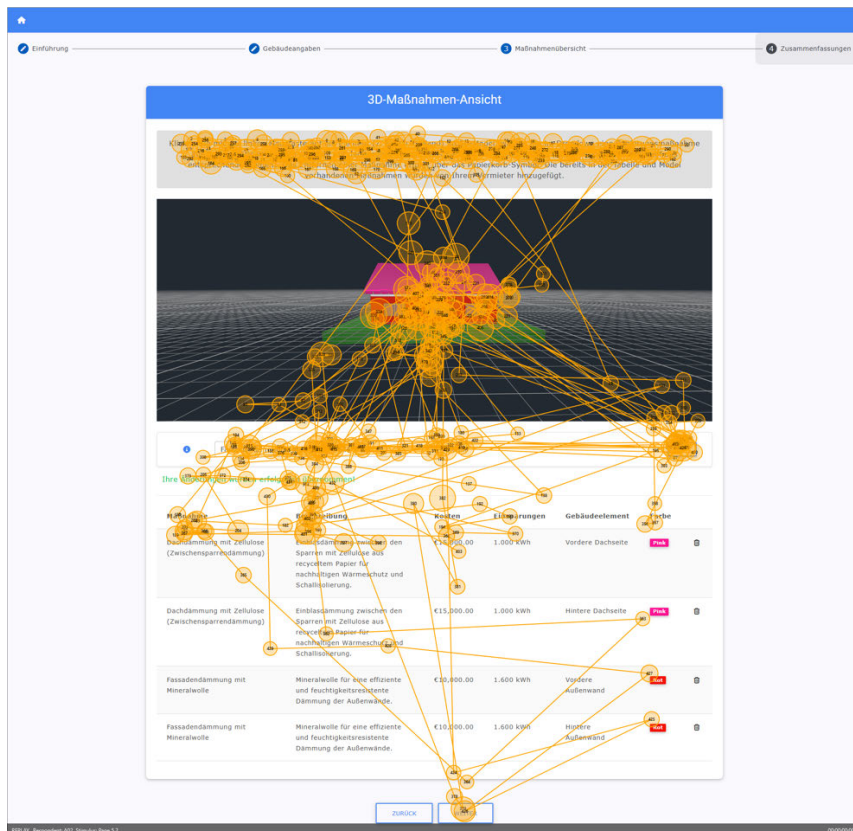


Abbildung 94: Seite 5 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

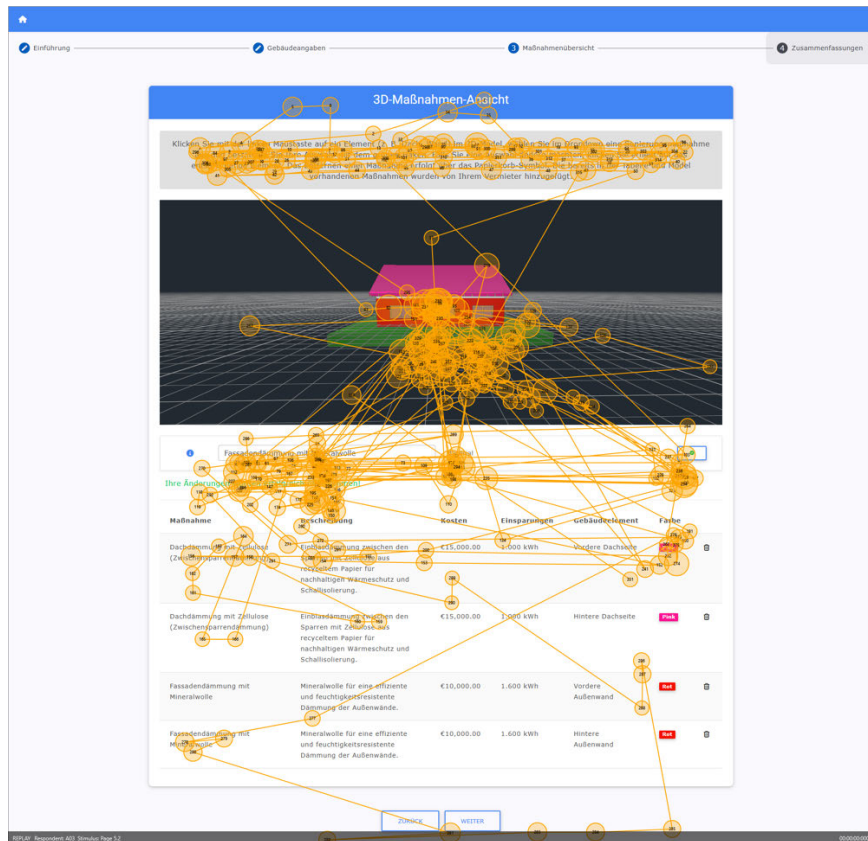


Abbildung 95: Seite 5 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

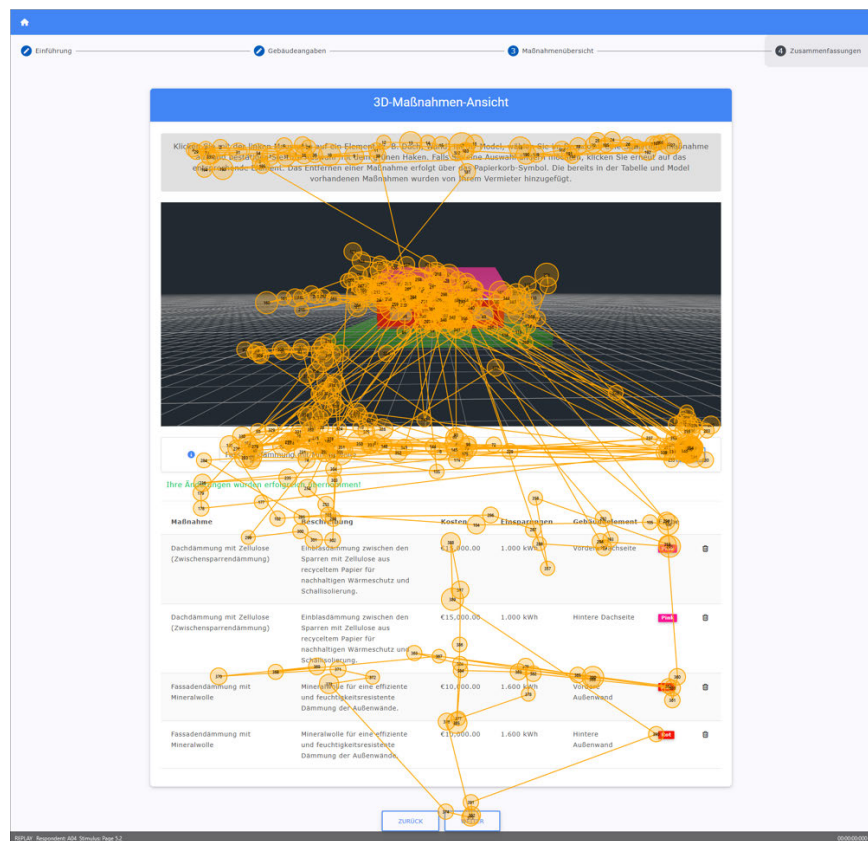


Abbildung 96: Seite 5 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

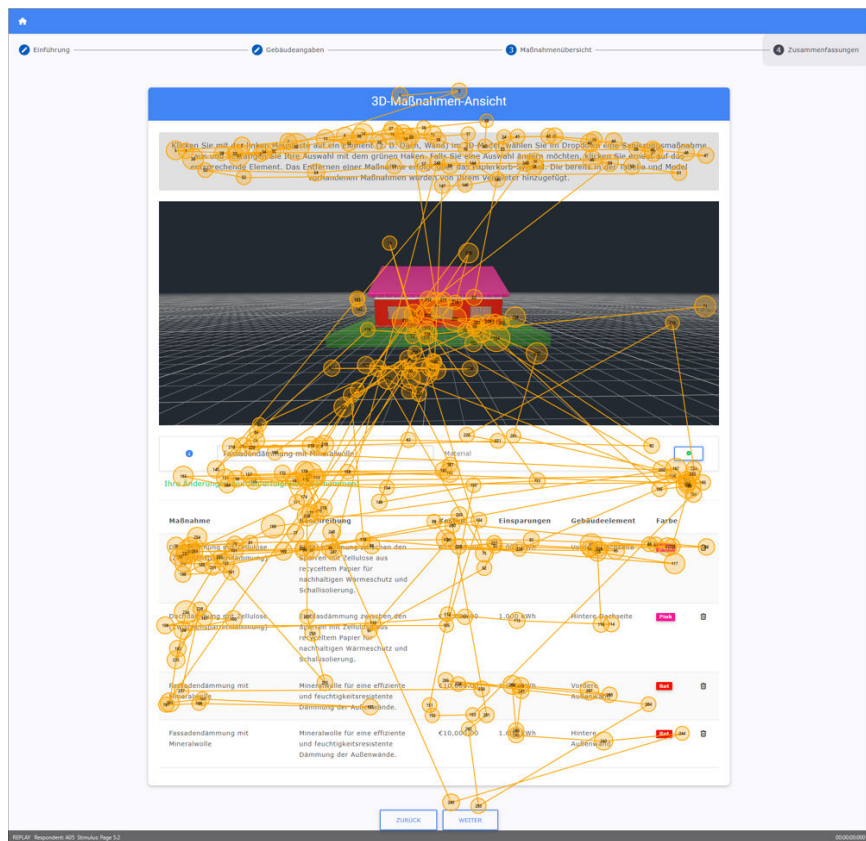


Abbildung 97: Seite 5 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

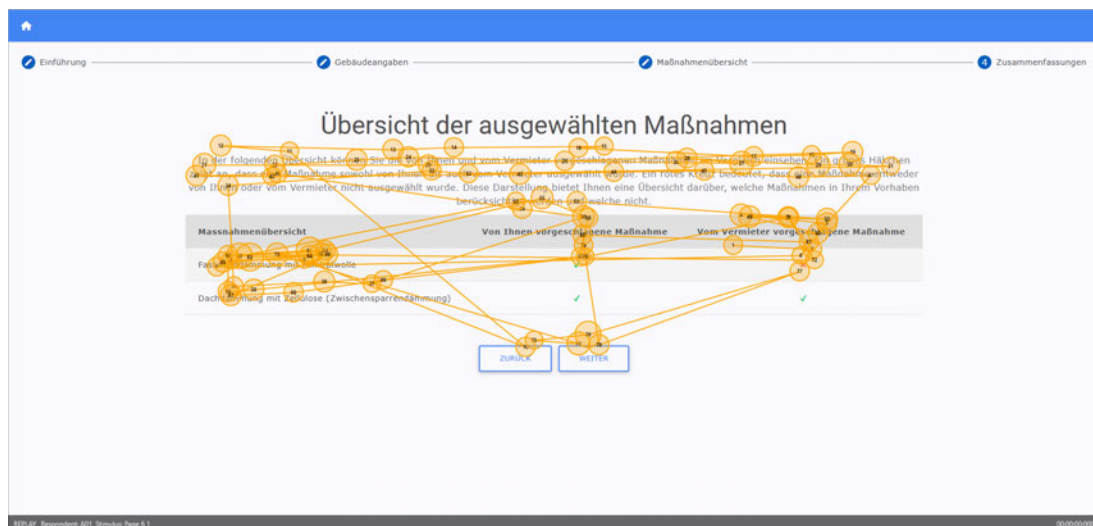


Abbildung 98: Seite 6 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

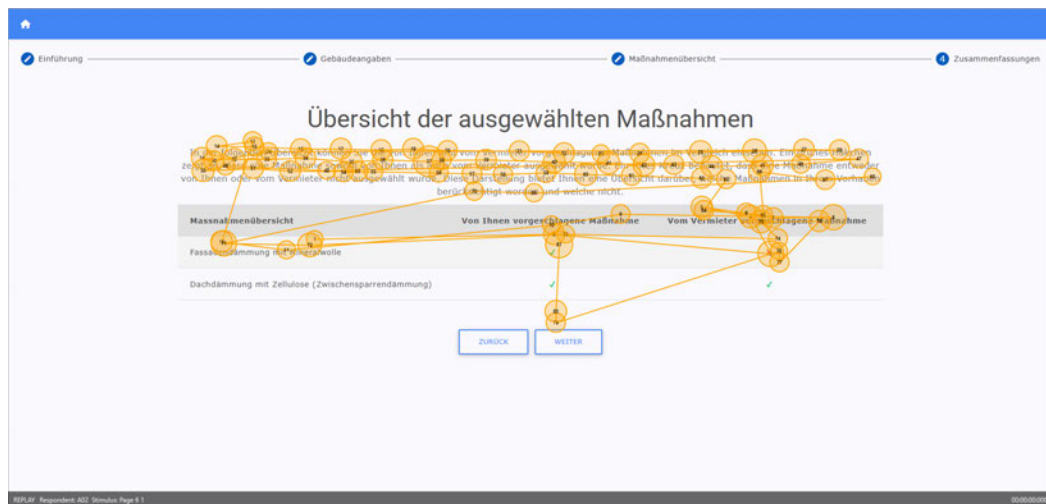


Abbildung 99: Seite 6 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

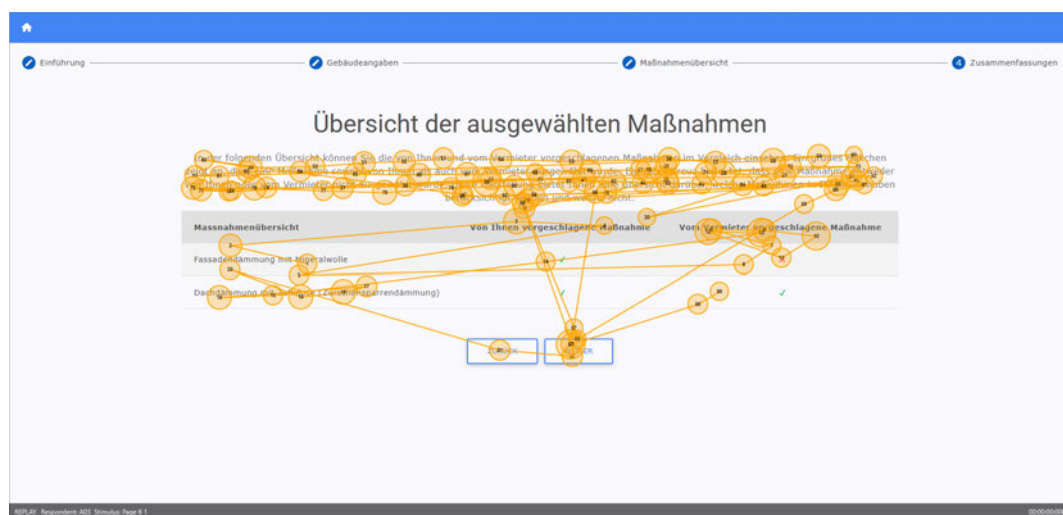


Abbildung 100: Seite 6 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

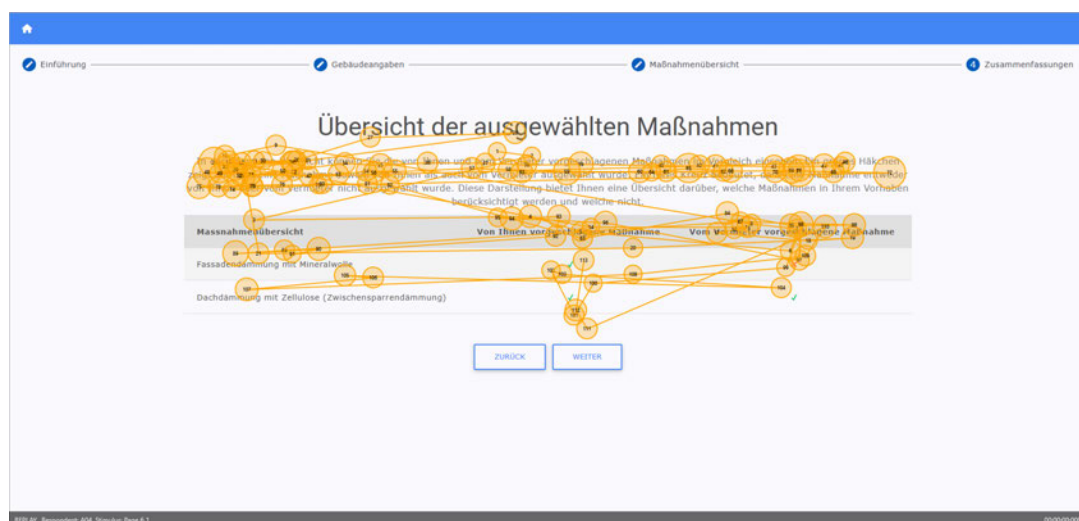


Abbildung 101: Seite 6 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

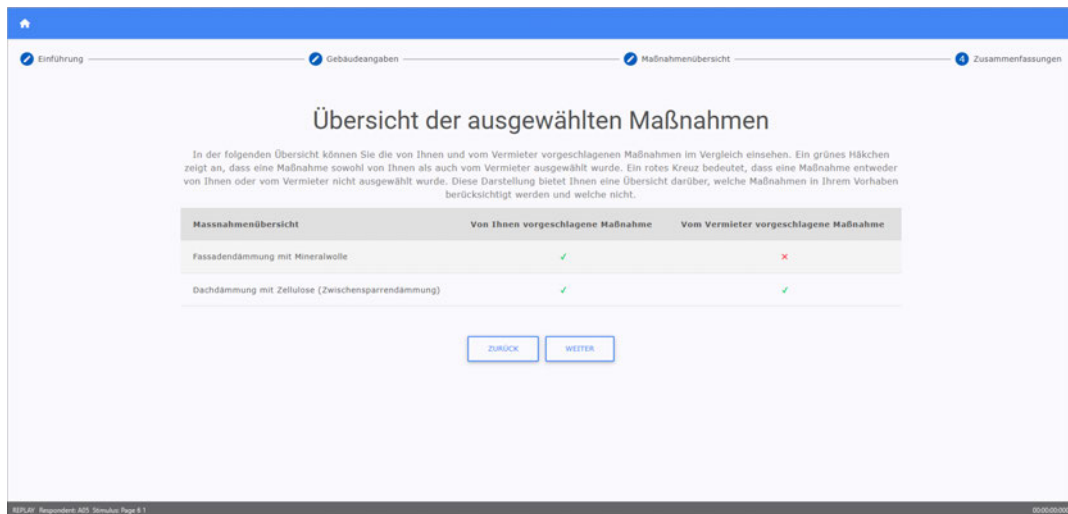


Abbildung 102: Seite 6 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

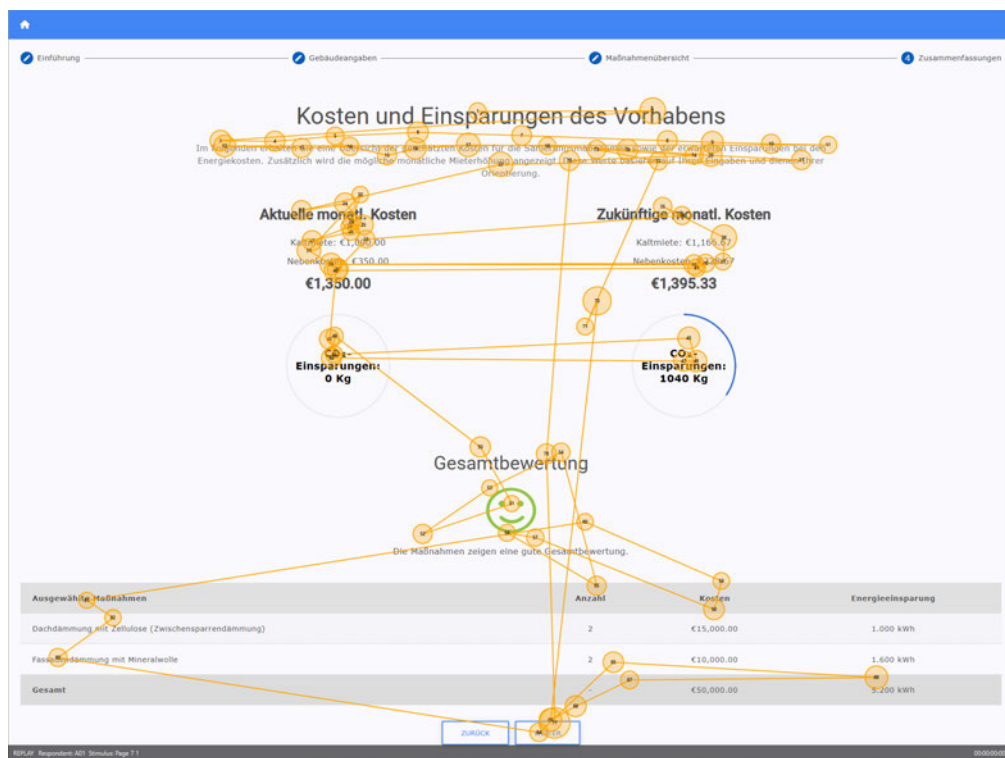


Abbildung 103: Seite 7 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

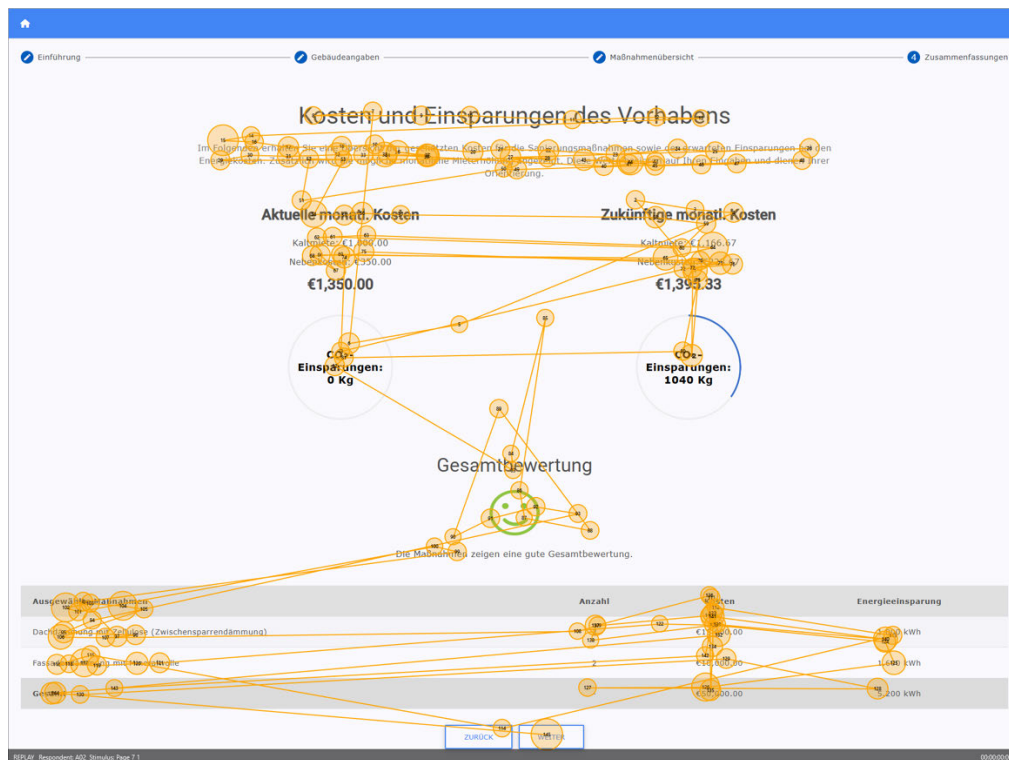


Abbildung 104: Seite 7 Teilnehmer:in 2
 Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

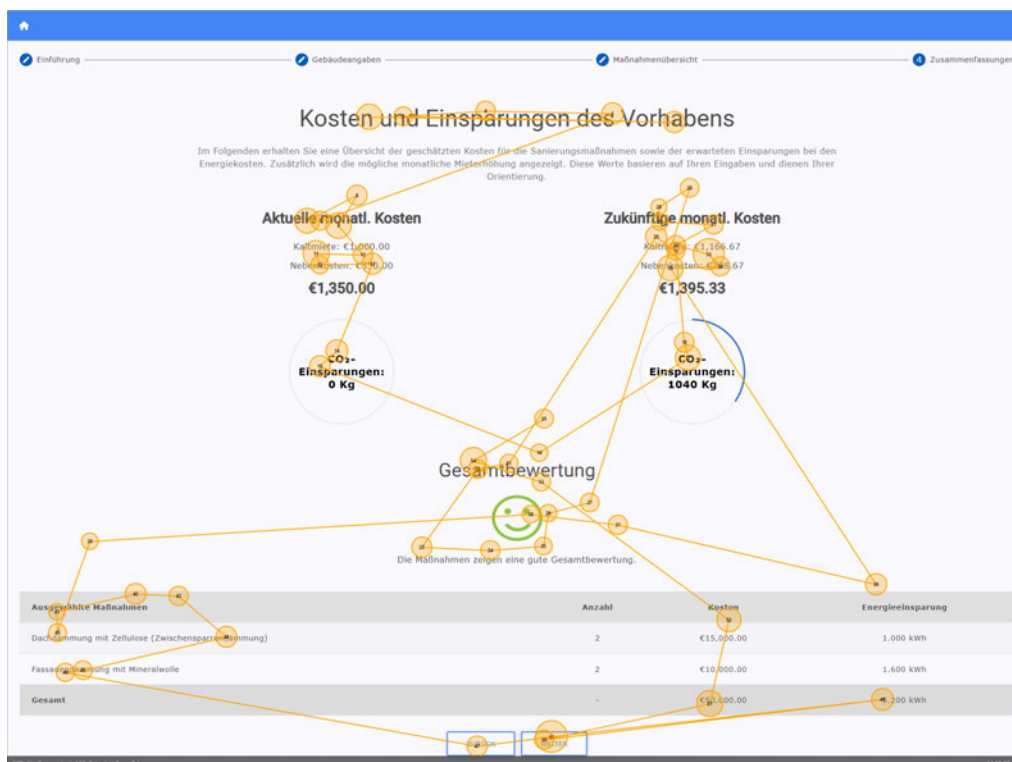


Abbildung 105: Seite 7 Teilnehmer:in 3
 Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

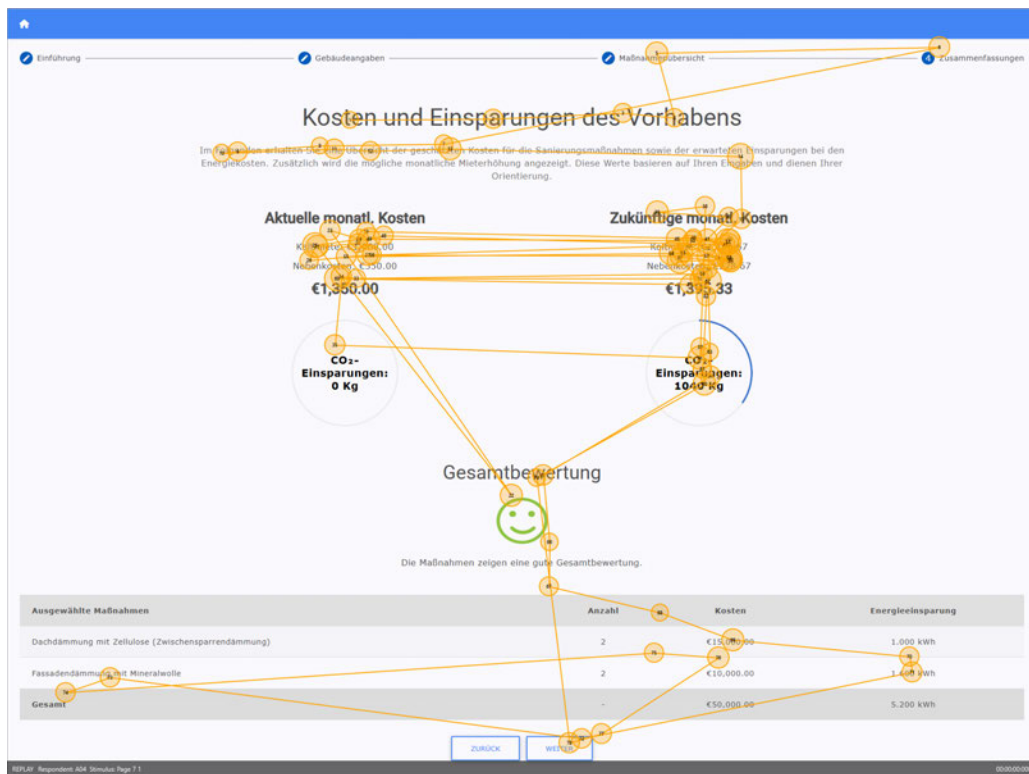


Abbildung 106: Seite 7 Teilnehmer:in 4
 Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

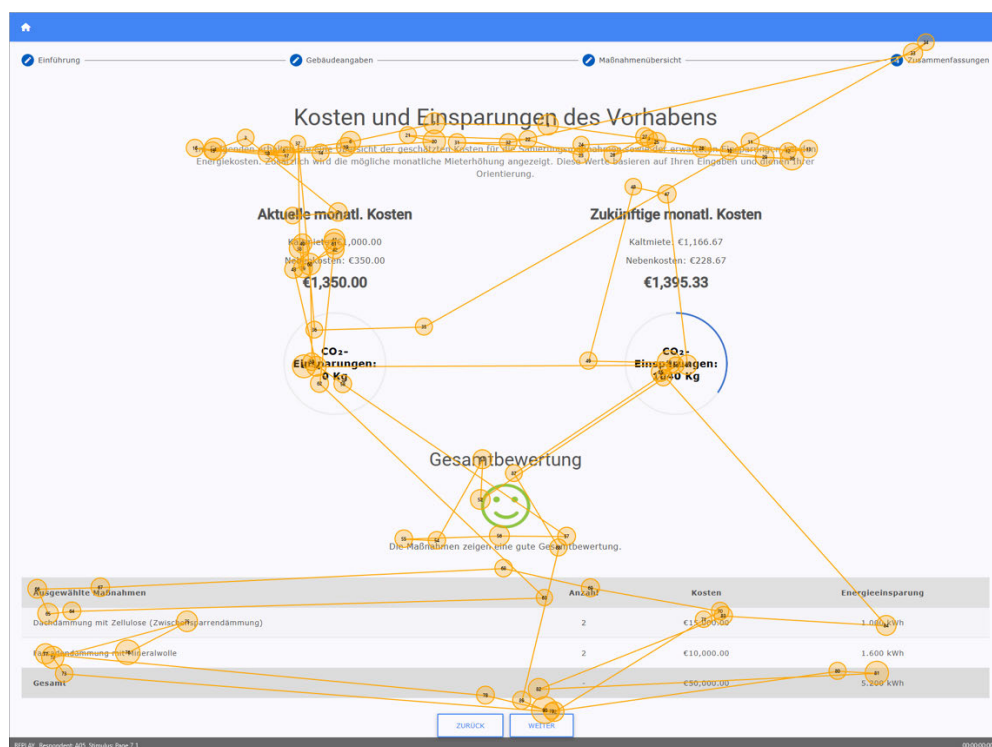


Abbildung 107: Seite 7 Teilnehmer:in 5
 Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Bitte überprüfen Sie Ihre Angaben

Hier haben Sie die Möglichkeit, Ihre eingegebenen persönlichen Daten sowie die Informationen zur Anschrift und zum Baujahr des Gebäudes nochmals einzusehen. Änderungen, die Sie vorgenommen haben, sind entsprechend markiert. Wenn Sie alle Angaben überprüft haben, können Sie das Formular an Ihren Vermieter absenden.

Informationen	Ihre Angaben
Vorname	Marie
Nachname	Mieterin
Straße	Hamburgerstraße
Hausnummer	1
Postleitzahl	22765
Stadt	Hamburg
Baujahr	1955
Gesamtwohnfläche	240 m²
Beschreibung	OG Rechts
Wohnungsgröße	120 m²
Energieträger	Erdgas

[ZURÜCK](#) [ABSENDEN](#)

REPLAT - Reputations- und Leistungs-Tool Seite 8.1

Abbildung 108: Seite 8 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Bitte überprüfen Sie Ihre Angaben

Hier haben Sie die Möglichkeit, Ihre eingegebenen persönlichen Daten sowie die Informationen zur Anschrift und zum Baujahr des Gebäudes nochmals einzusehen. Änderungen, die Sie vorgenommen haben, sind entsprechend markiert. Wenn Sie alle Angaben überprüft haben, können Sie das Formular an Ihren Vermieter absenden.

Informationen	Ihre Angaben
Vorname	Marie
Nachname	Mieterin
Straße	Hamburgerstraße
Hausnummer	1
Postleitzahl	22765
Stadt	Hamburg
Baujahr	1955
Gesamtwohnfläche	240 m²
Beschreibung	OG Rechts
Wohnungsgröße	120 m²
Energieträger	Erdgas

[ZURÜCK](#) [ABSENDEN](#)

REPLAT - Reputations- und Leistungs-Tool Seite 8.1

Abbildung 109: Seite 8 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

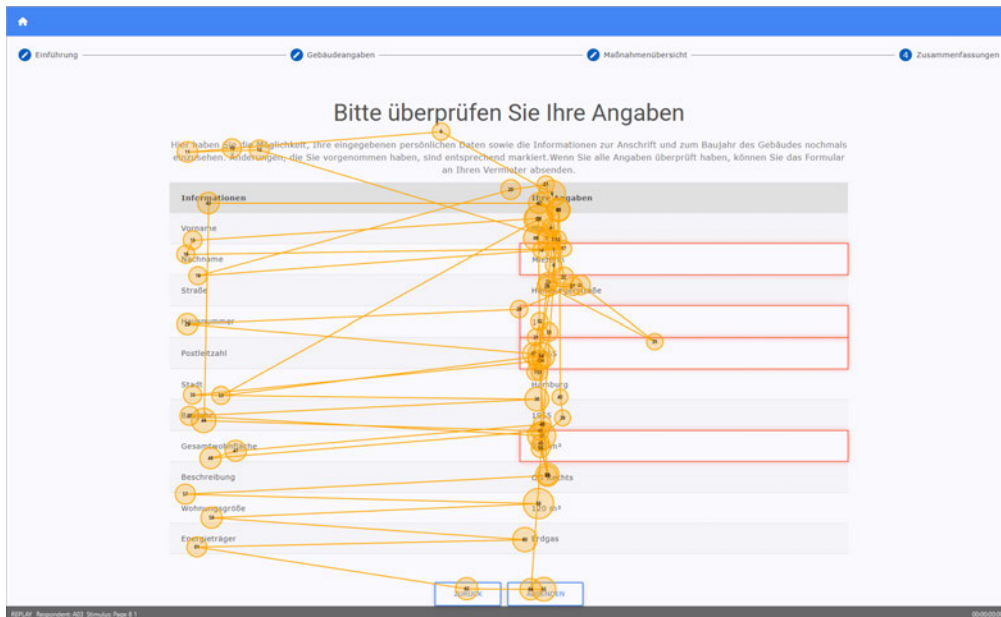


Abbildung 110: Seite 8 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

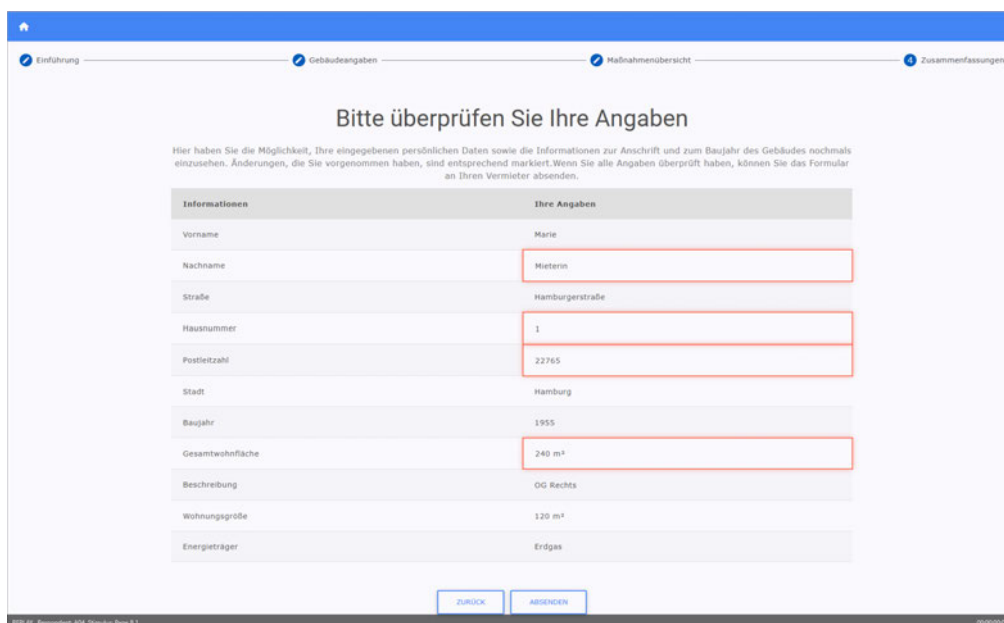


Abbildung 111: Seite 8 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

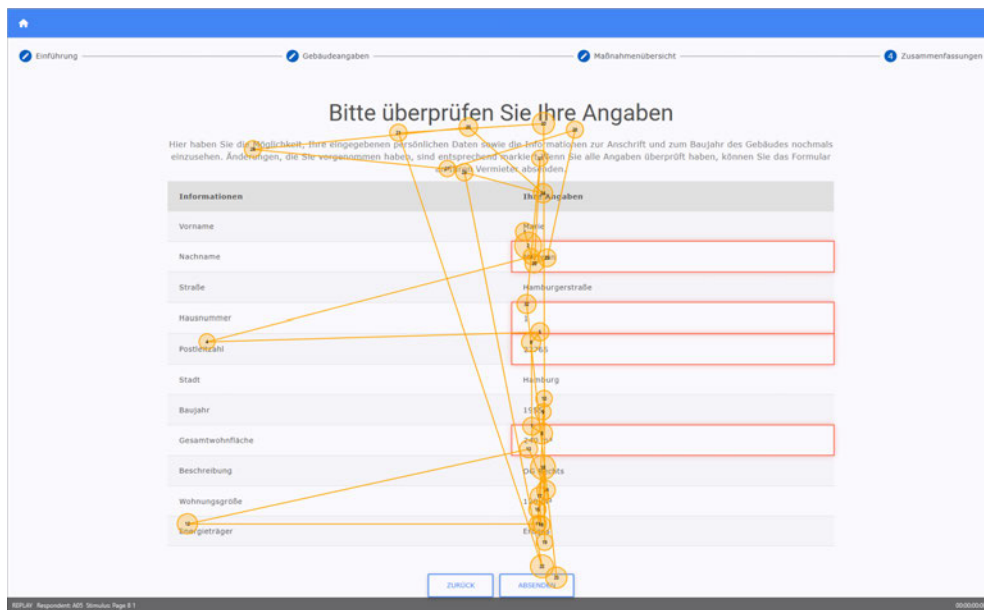


Abbildung 112: Seite 8 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

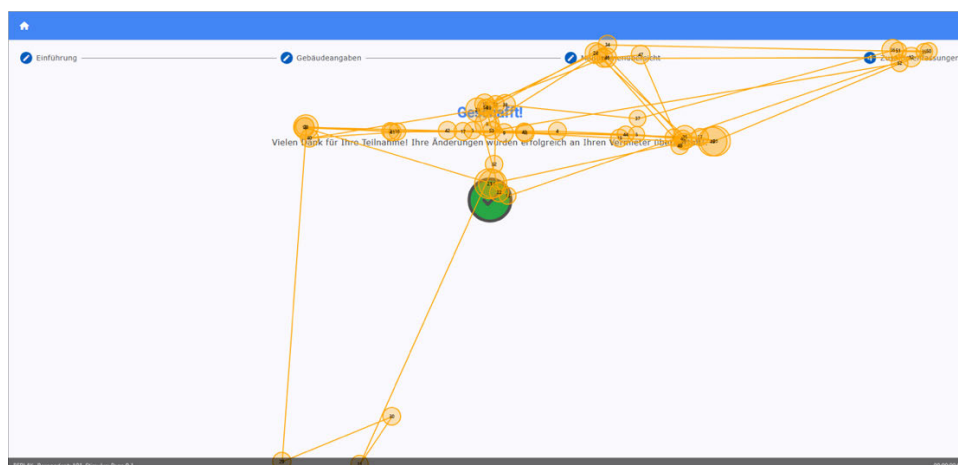


Abbildung 113: Seite 9 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

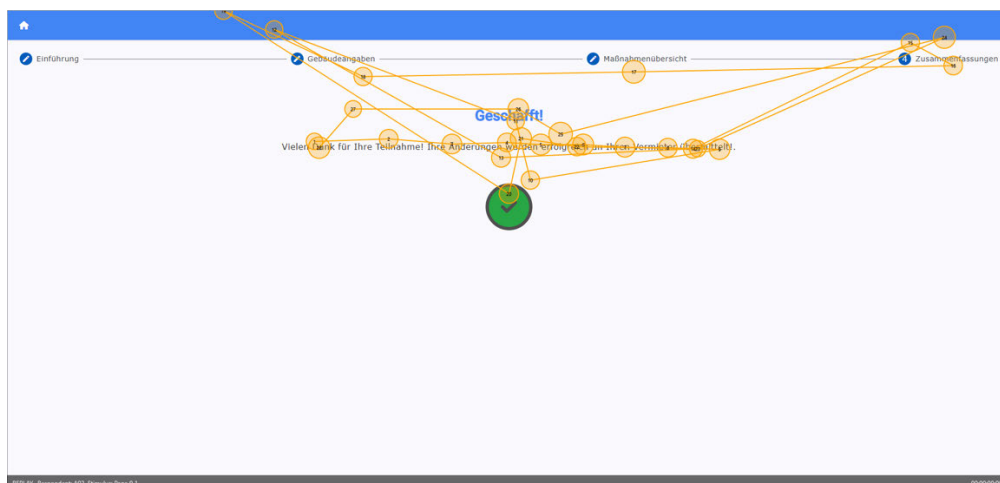


Abbildung 114: Seite 9 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

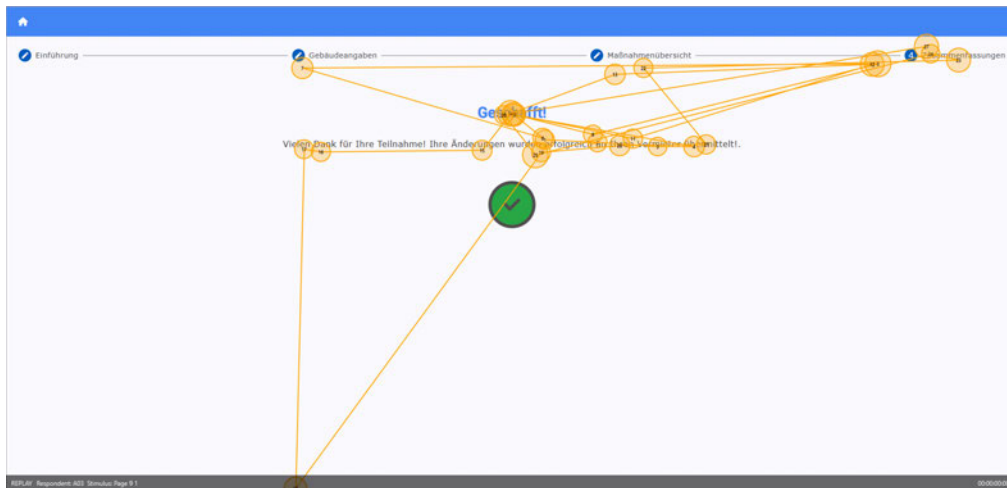


Abbildung 115: Seite 9 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

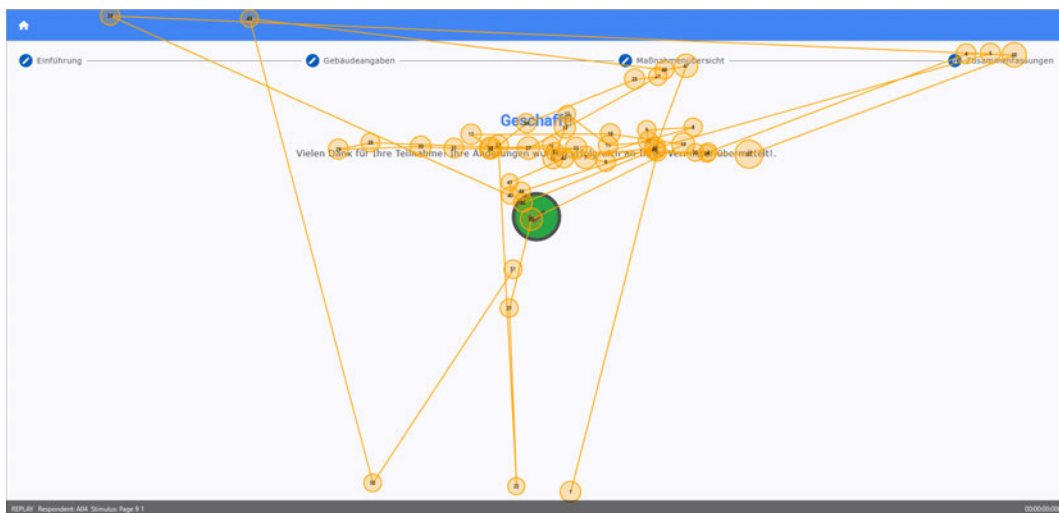


Abbildung 116: Seite 9 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

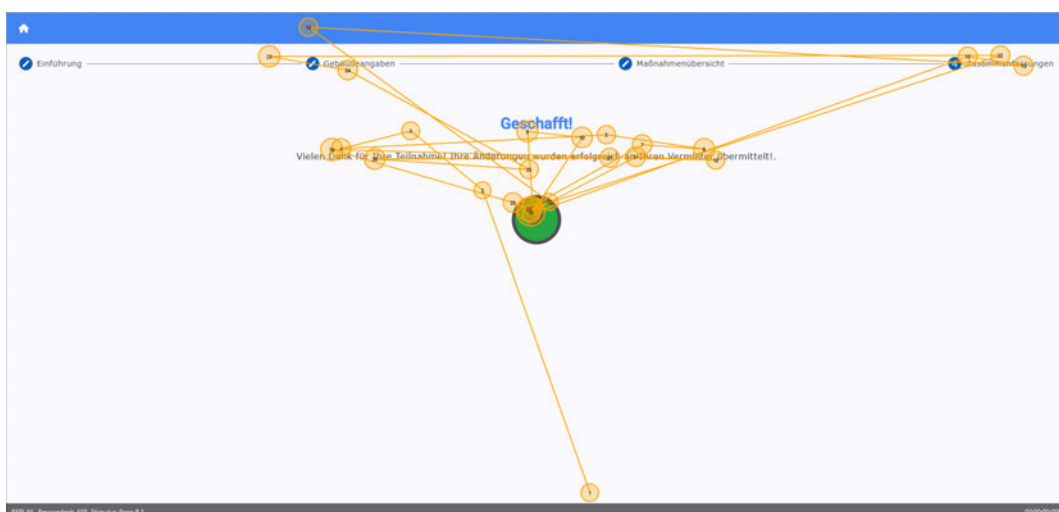


Abbildung 117: Seite 9 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Anhang 17: Scanpfade der Teilnehmer:innen für Gruppe B

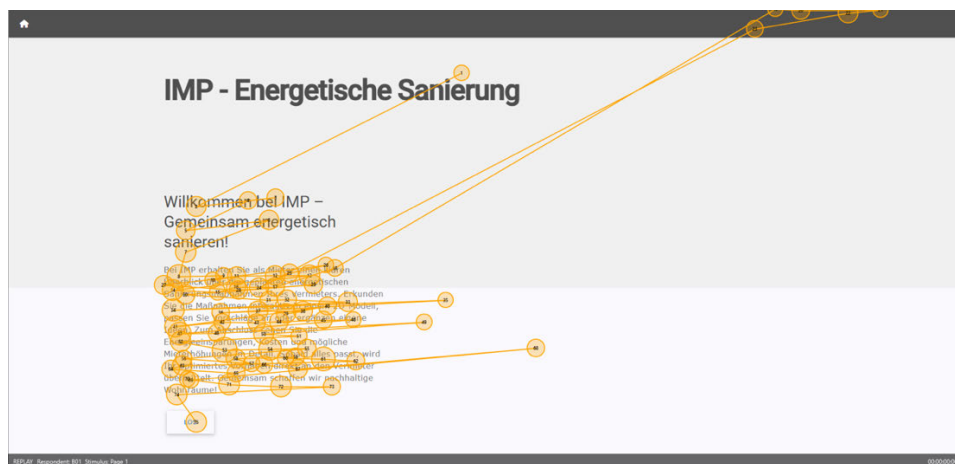


Abbildung 118: Seite 1 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

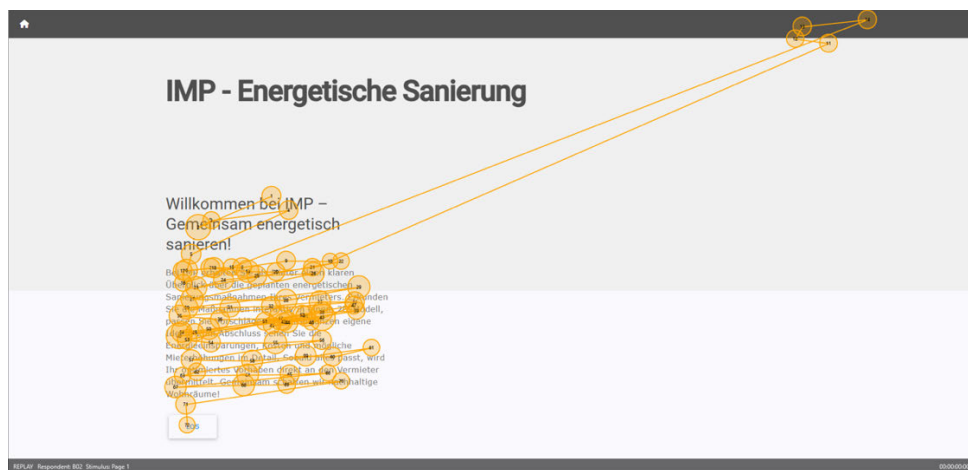


Abbildung 119: Seite 1 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

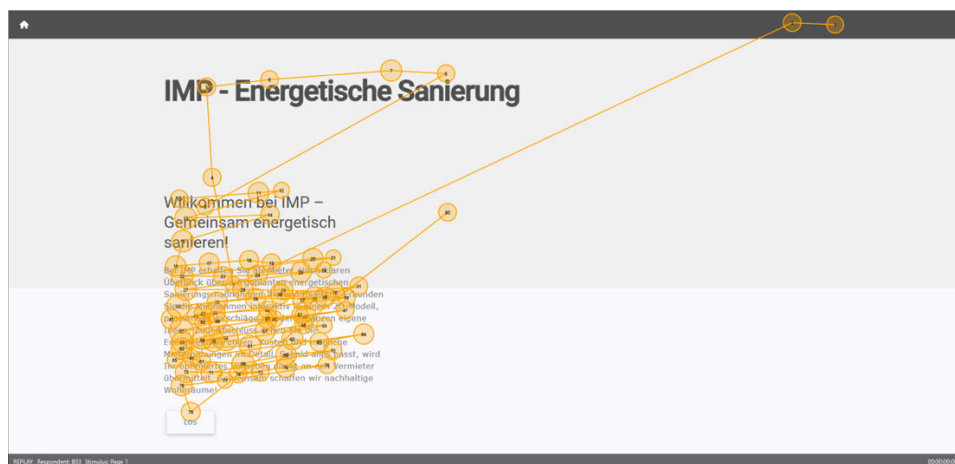


Abbildung 120: Seite 1 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

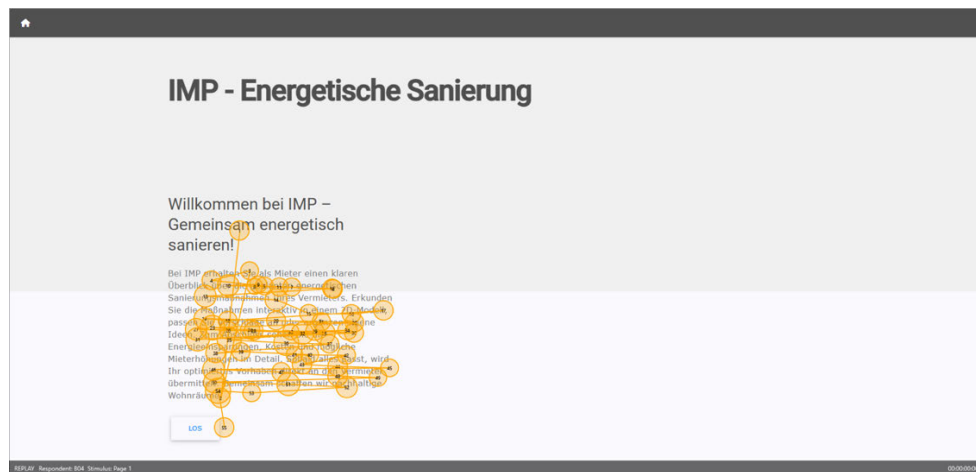


Abbildung 121: Seite 1 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

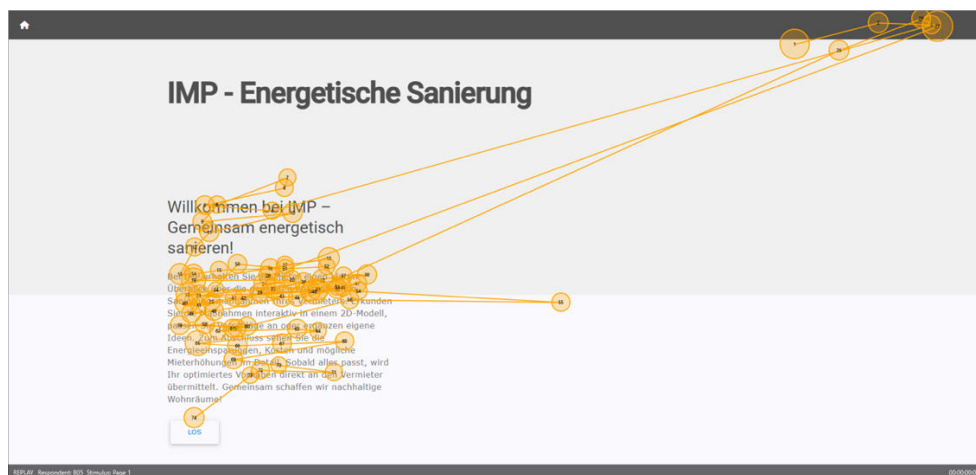


Abbildung 122: Seite 1 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

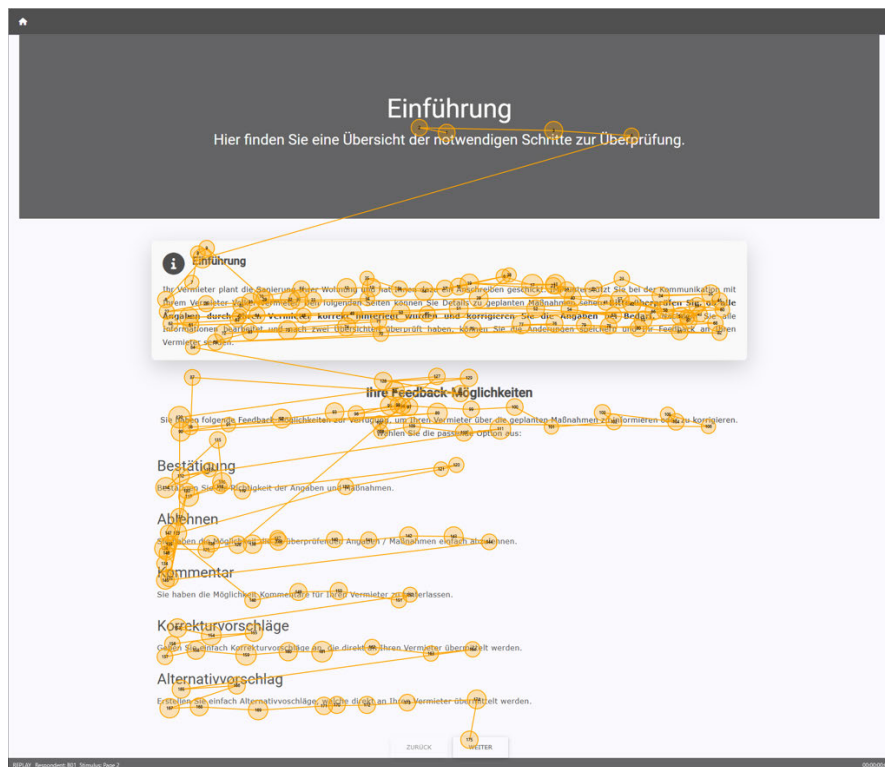


Abbildung 123: Seite 2 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

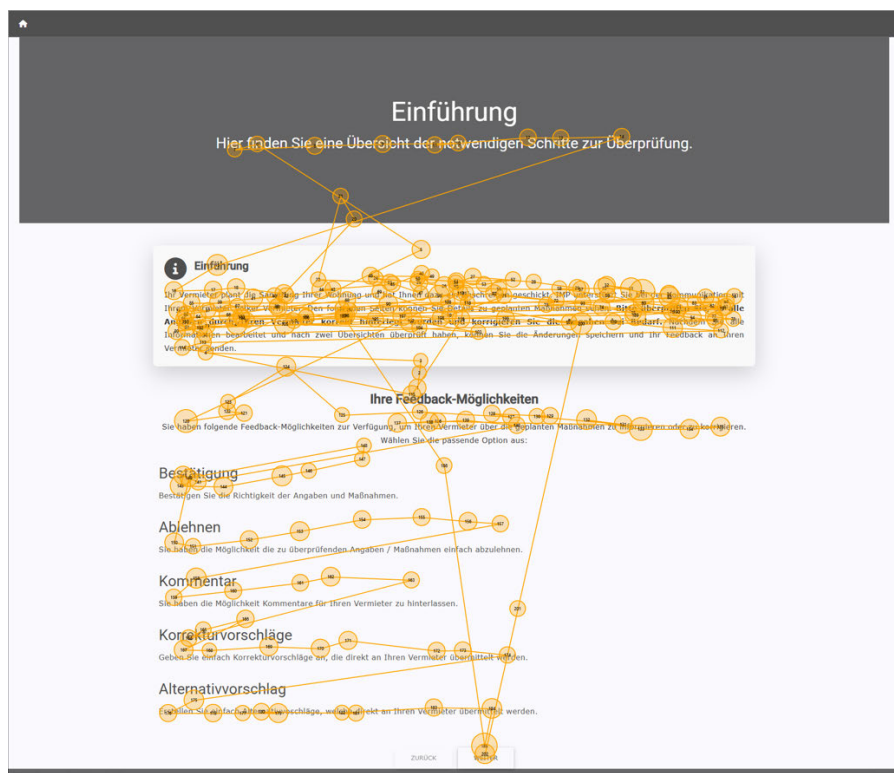


Abbildung 124: Seite 2 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

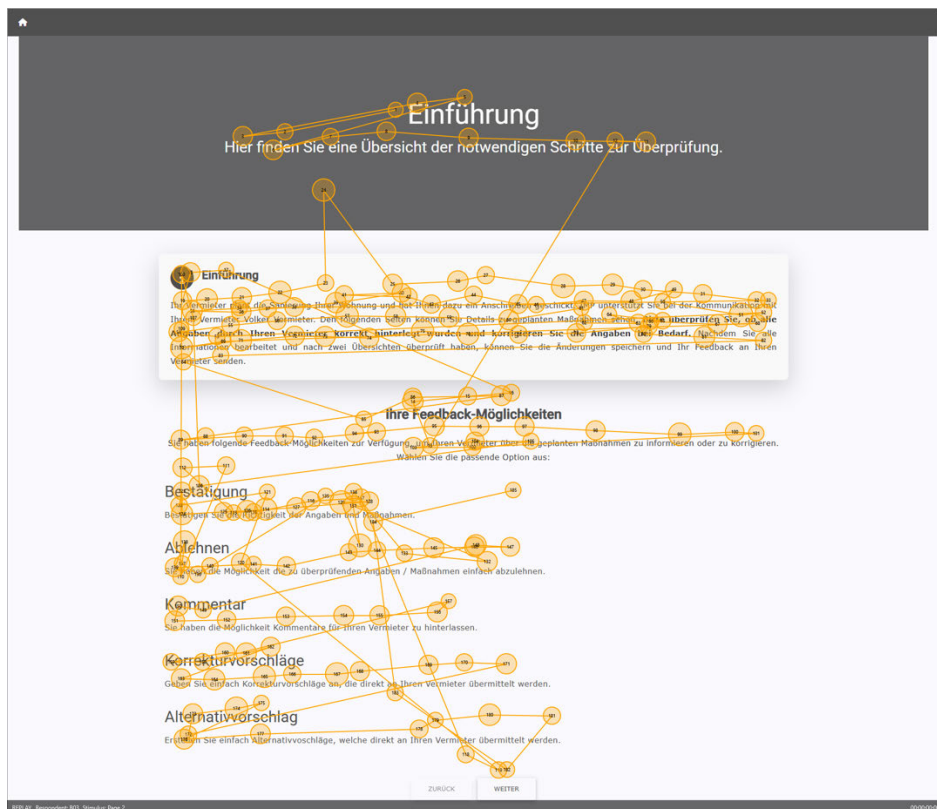


Abbildung 125: Seite 2 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

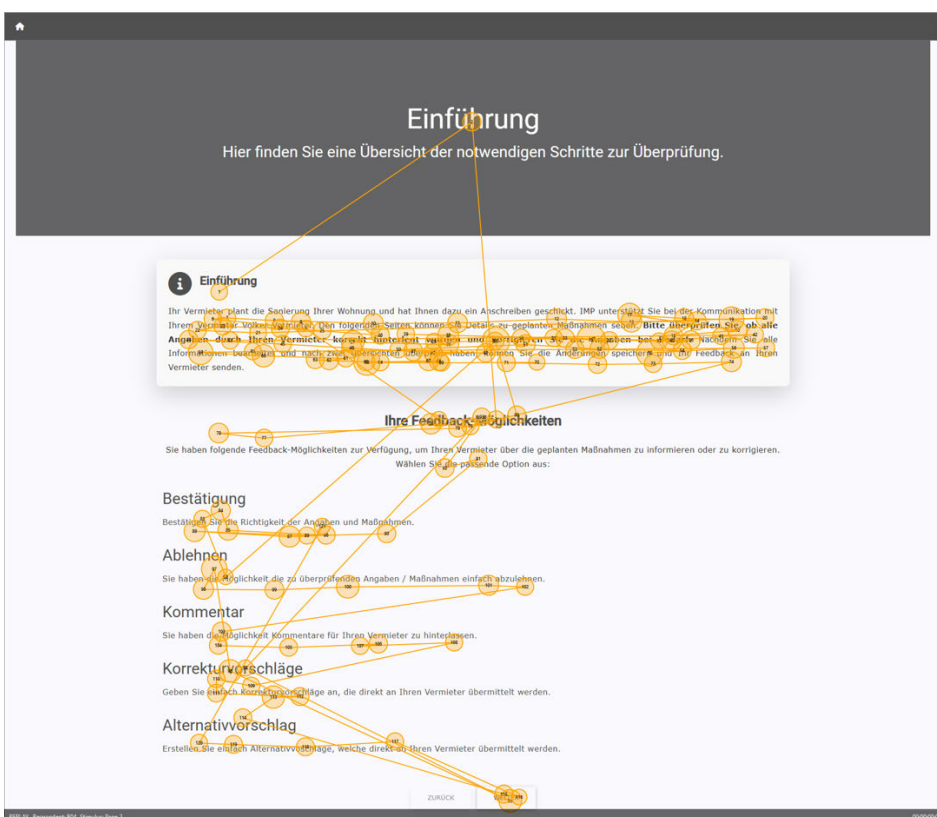


Abbildung 126: Seite 2 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

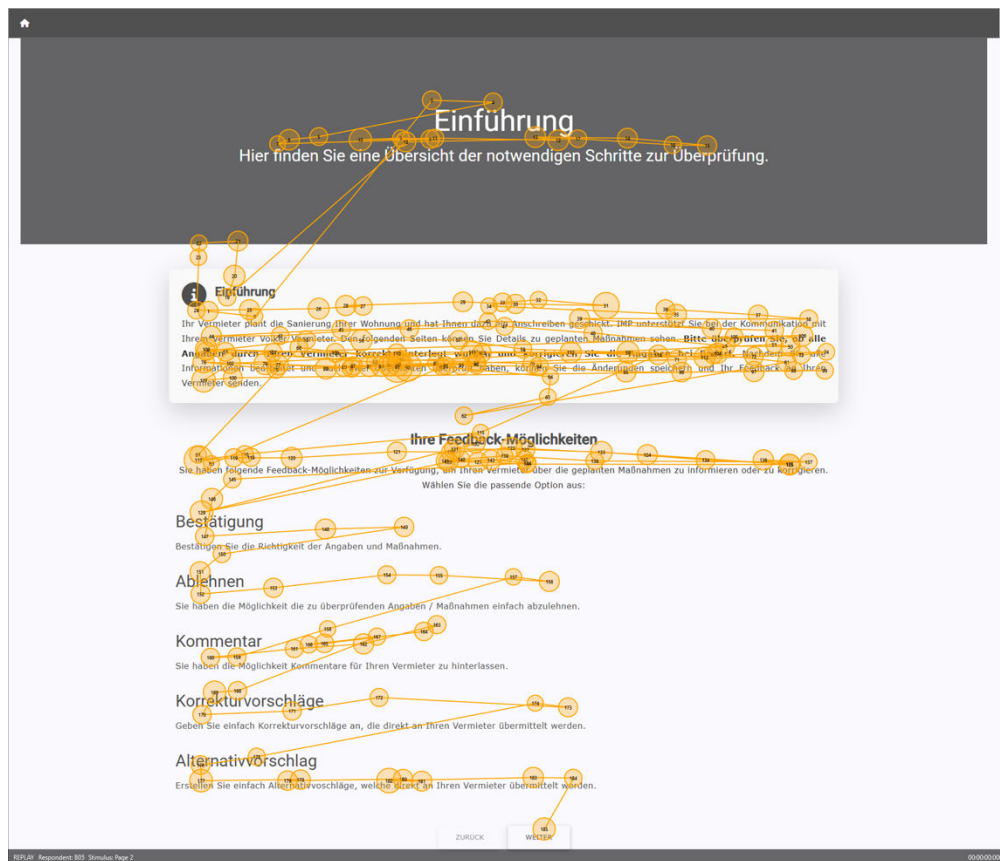


Abbildung 127: Seite 2 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

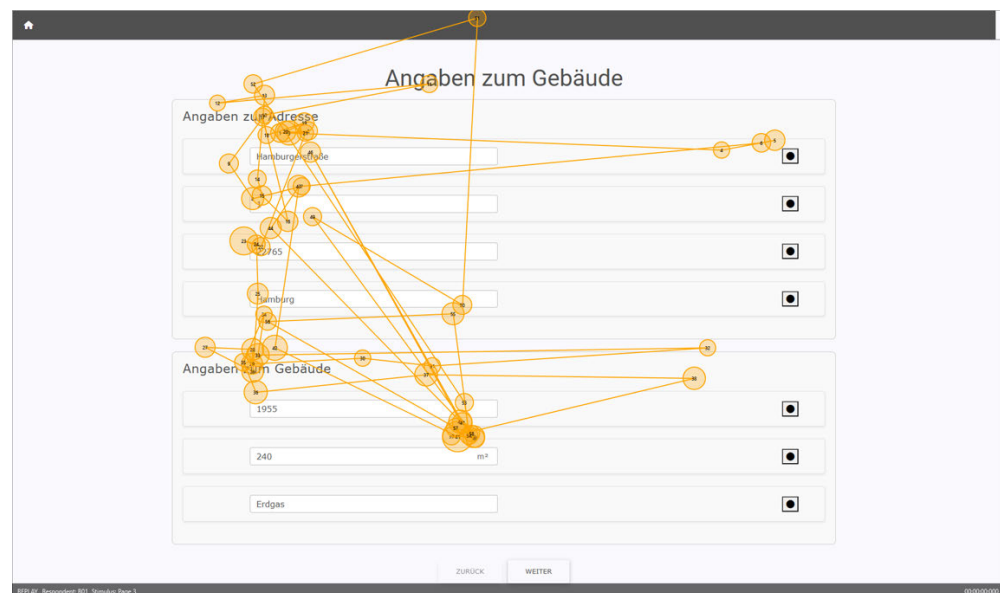


Abbildung 128: Seite 3 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

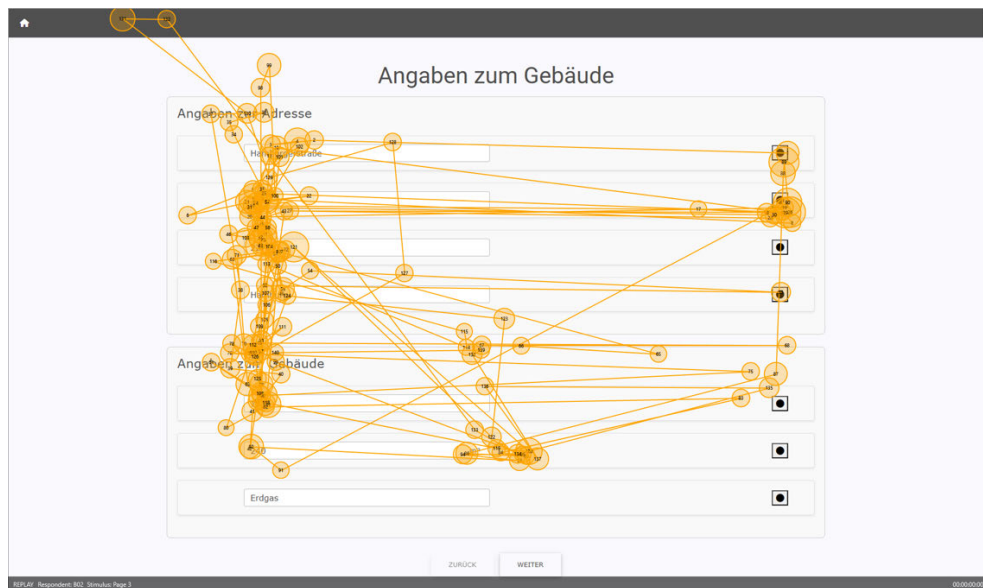


Abbildung 129: Seite 3 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

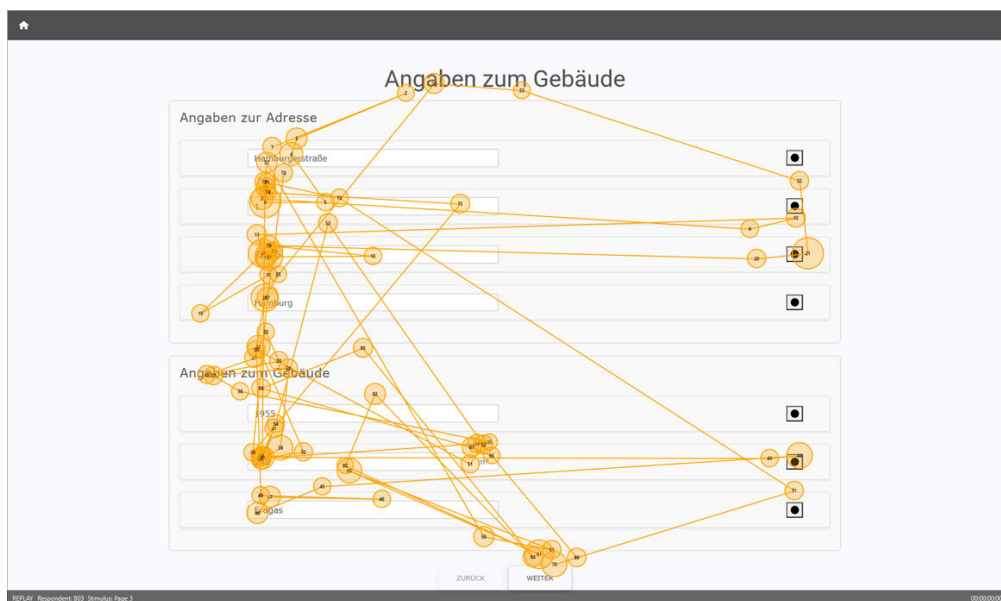


Abbildung 130: Seite 3 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

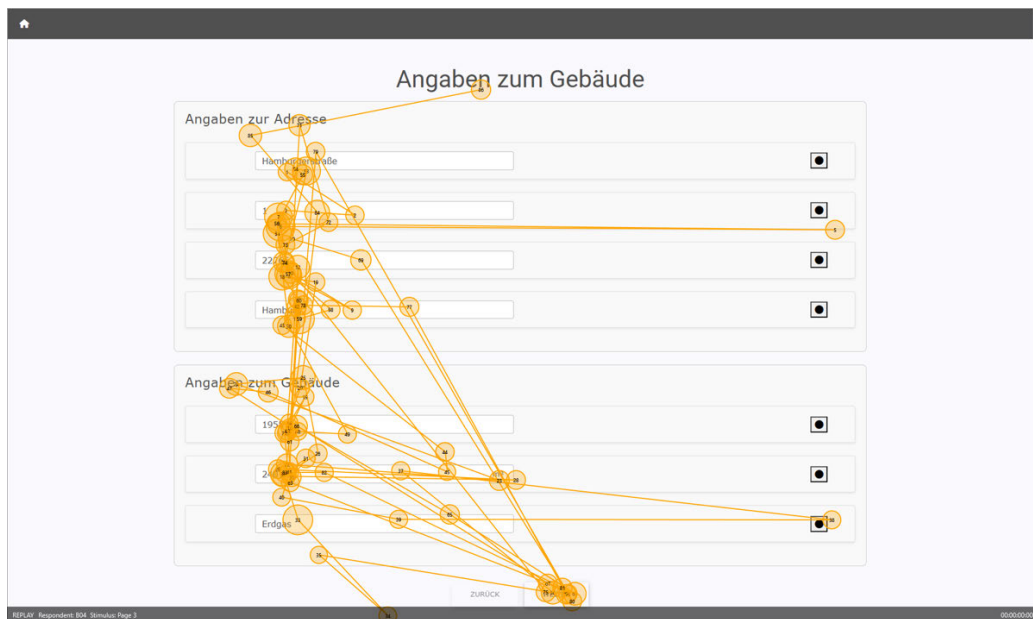


Abbildung 131: Seite 3 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

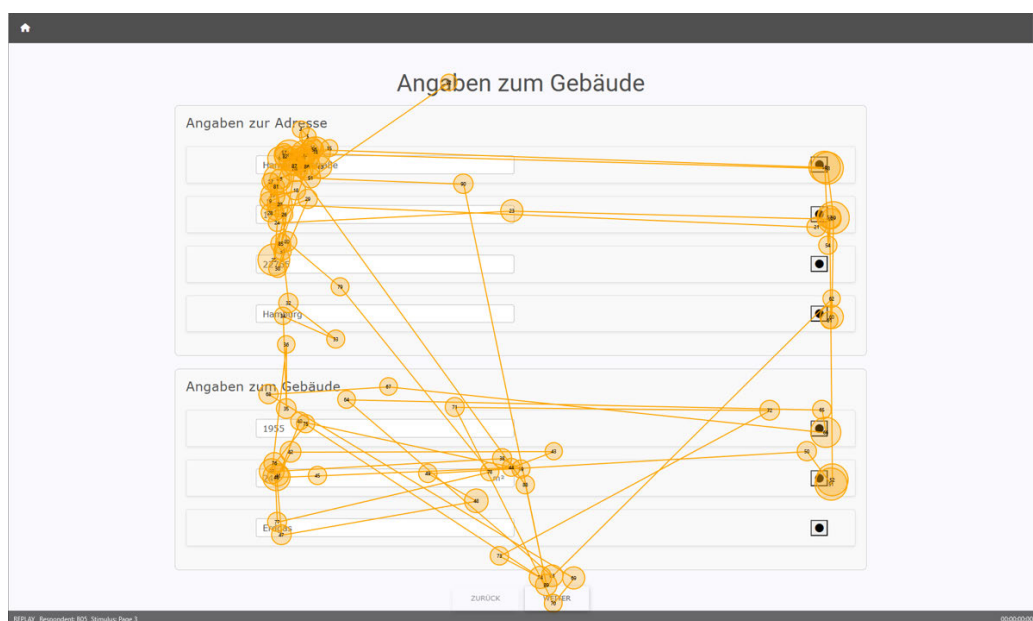


Abbildung 132: Seite 3 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

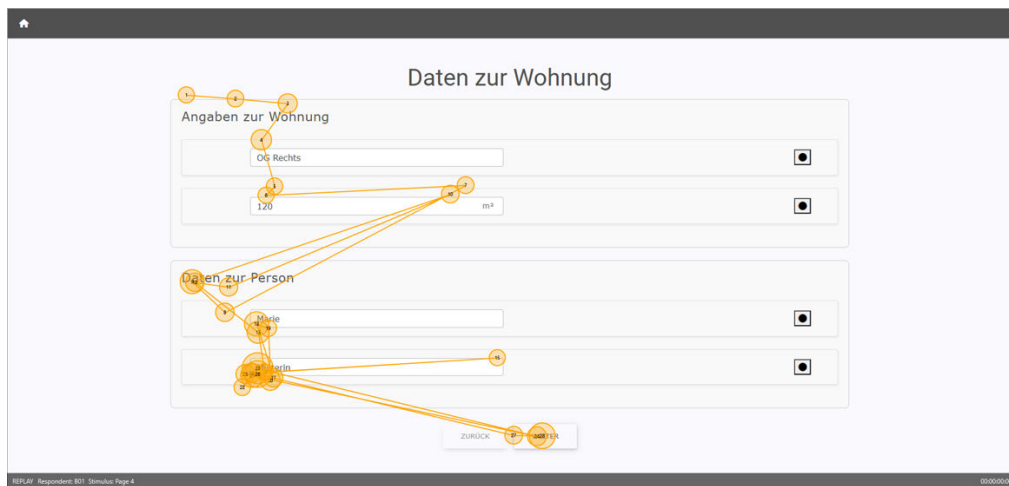


Abbildung 133: Seite 4 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

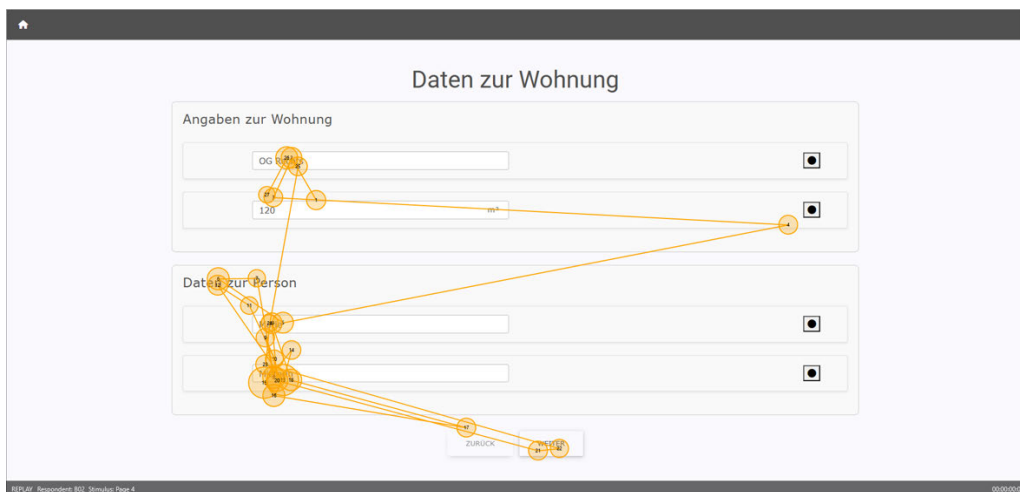


Abbildung 134: Seite 4 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

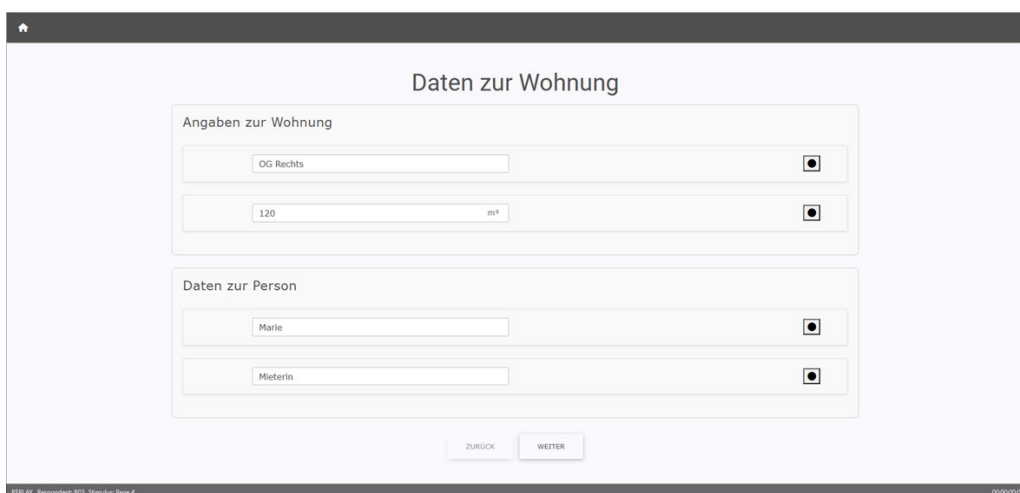


Abbildung 135: Seite 4 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

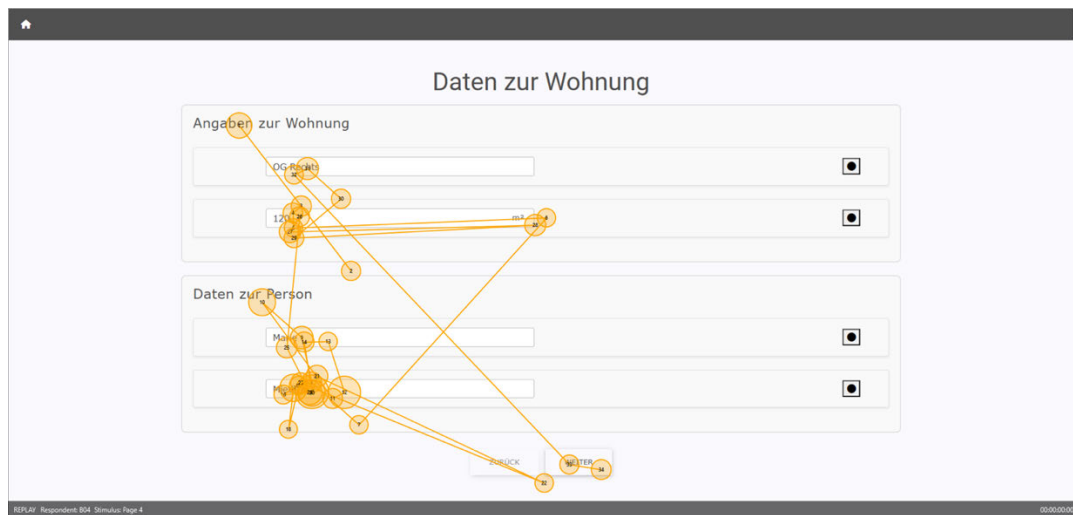


Abbildung 136: Seite 4 Teilnehmer:in 4
 Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

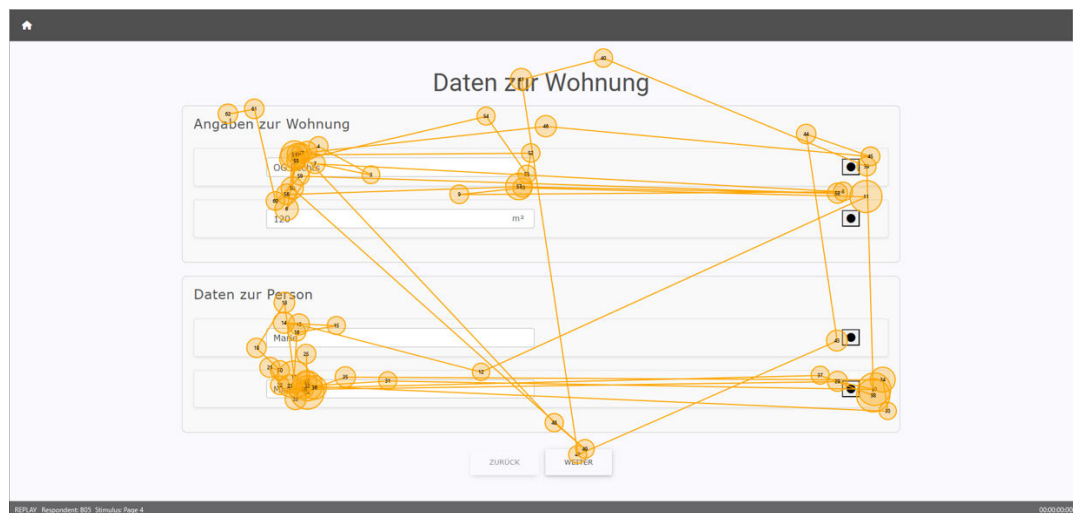


Abbildung 137: Seite 4 Teilnehmer:in 5
 Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions



Abbildung 138: Seite 5 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

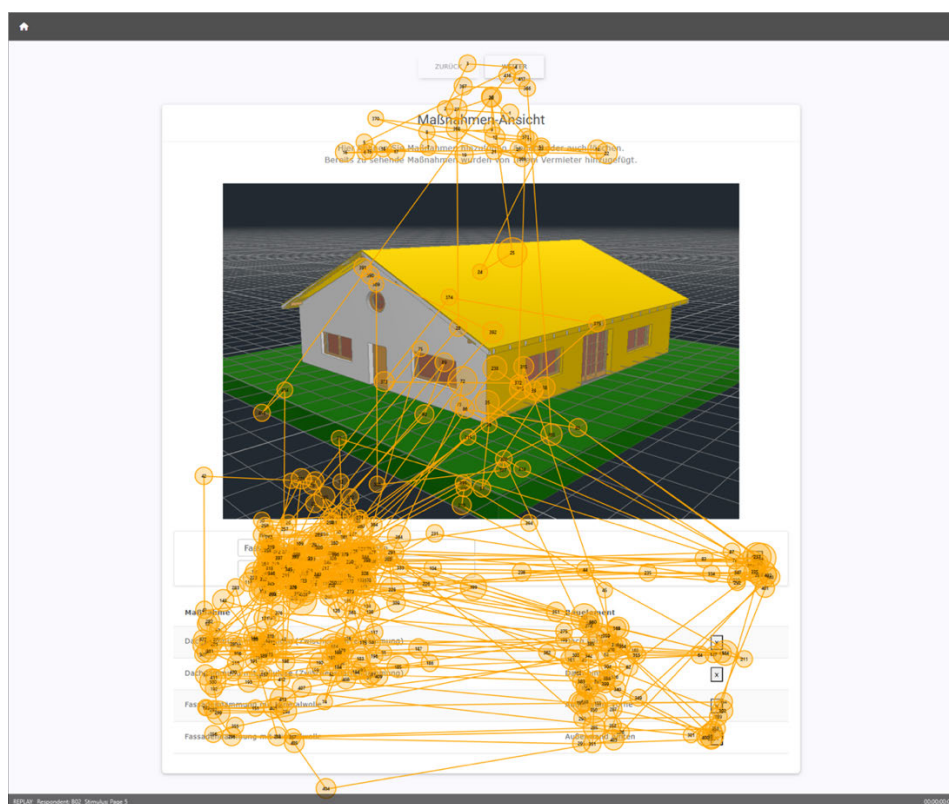


Abbildung 139: Seite 5 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions



Abbildung 140: Seite 5 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

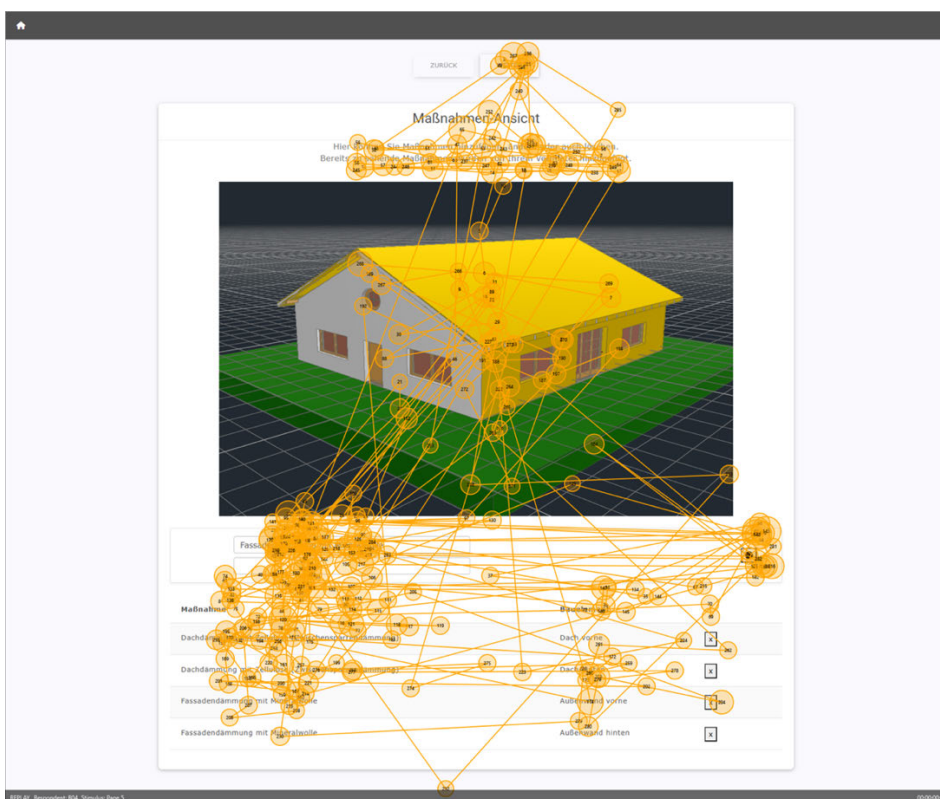


Abbildung 141: Seite 5 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

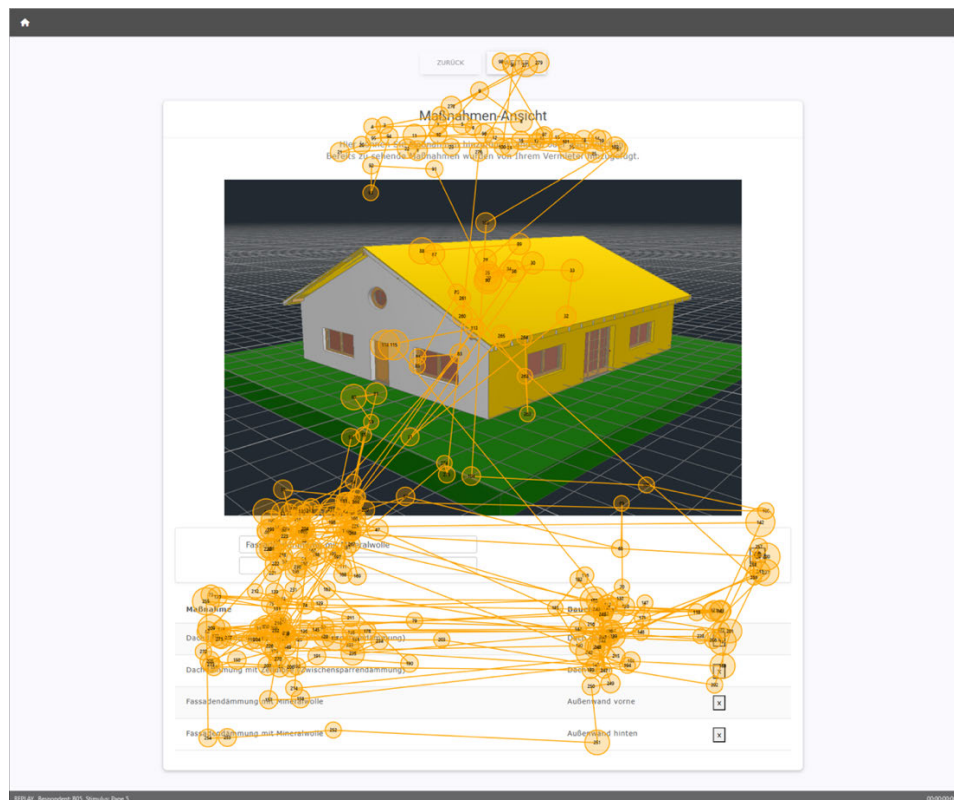


Abbildung 142: Seite 5 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

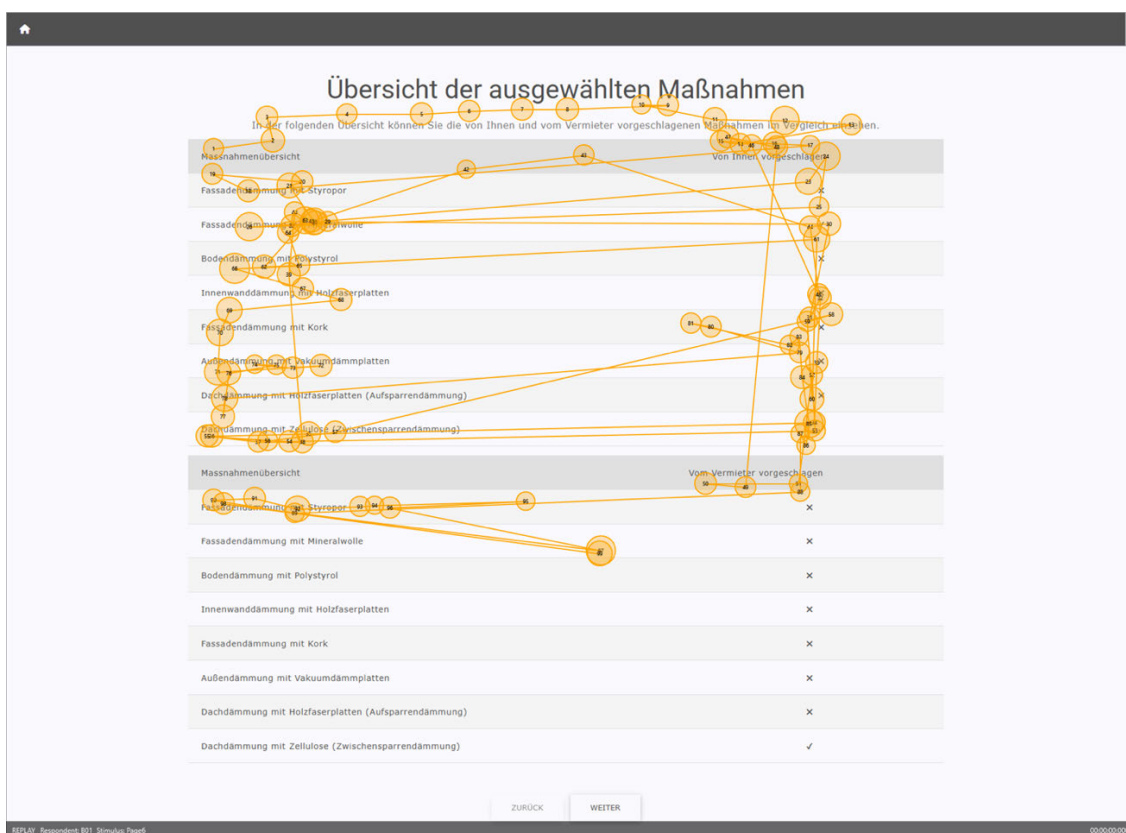


Abbildung 143: Seite 6 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

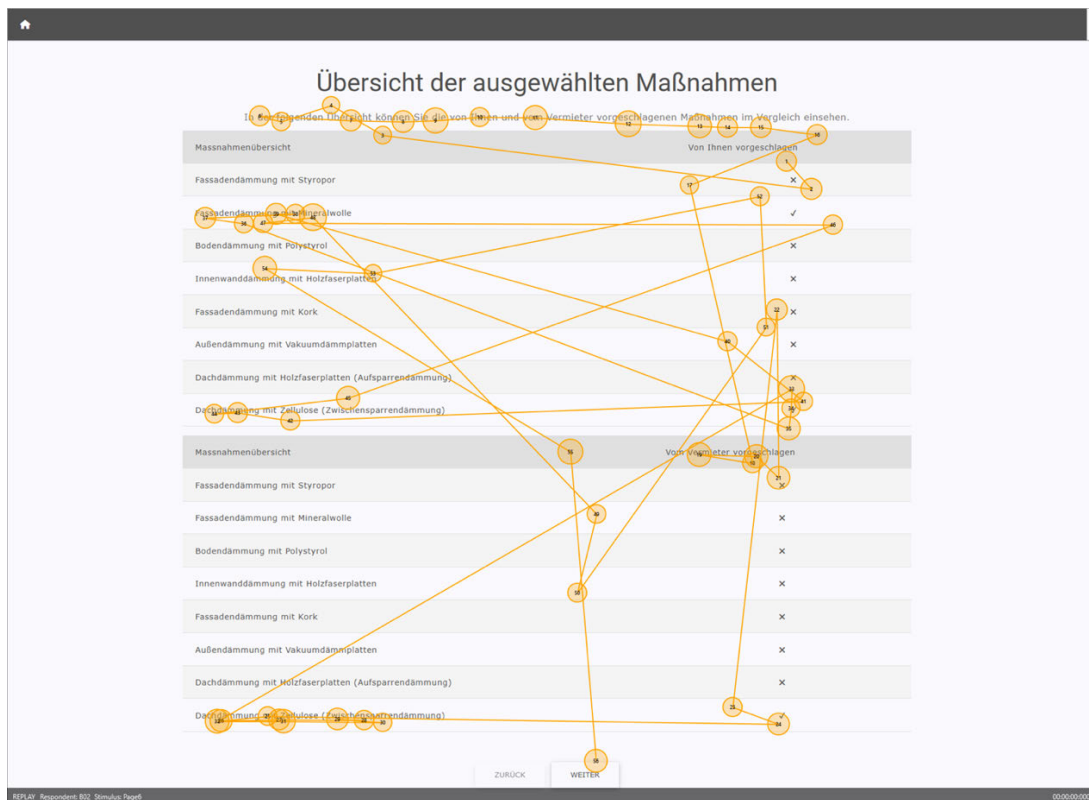


Abbildung 144: Seite 6 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

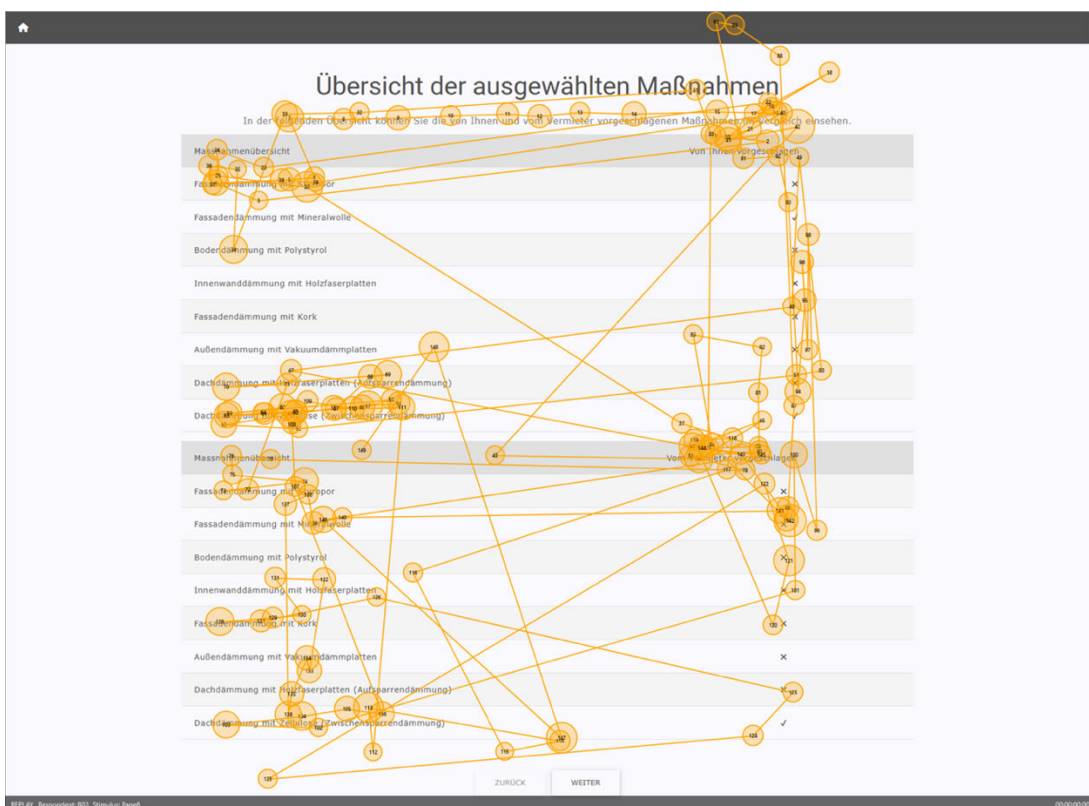


Abbildung 145: Seite 6 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

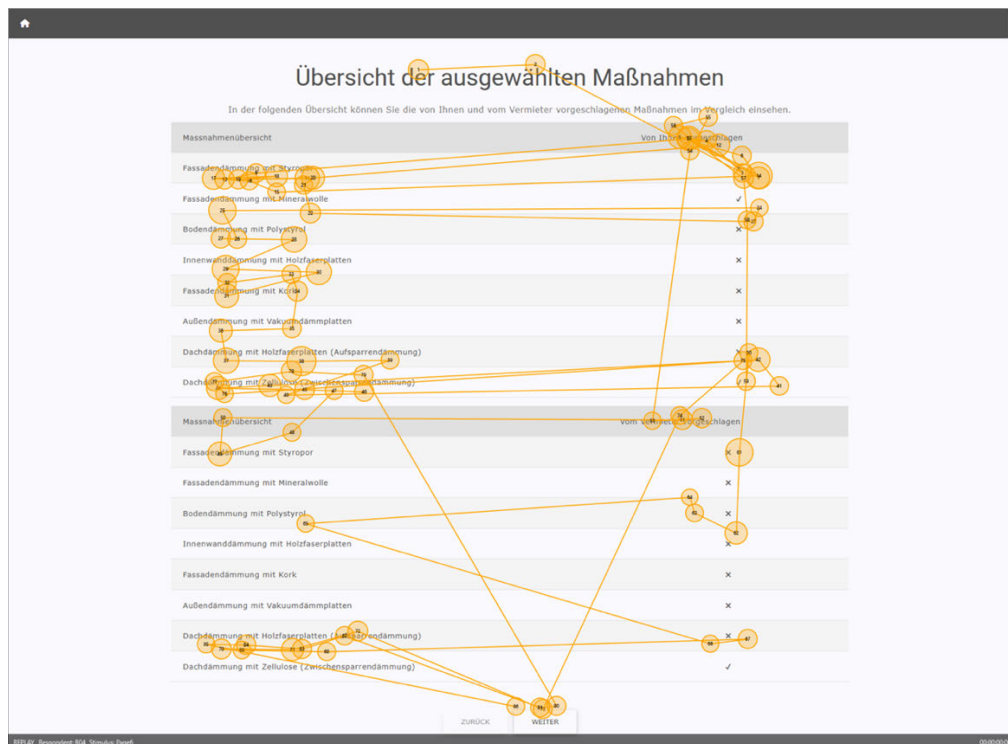


Abbildung 146: Seite 6 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

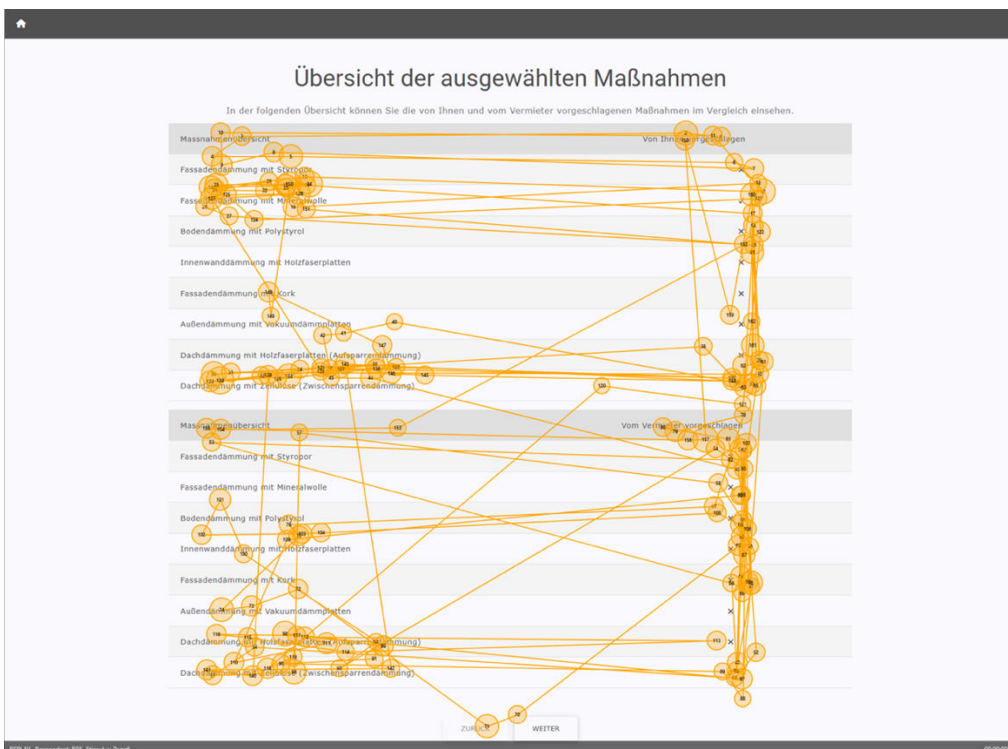


Abbildung 147: Seite 6 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

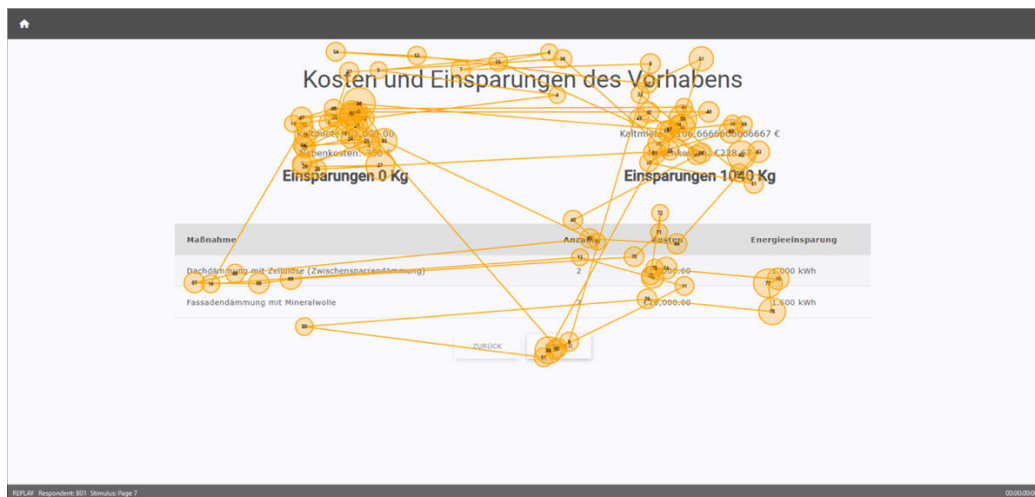


Abbildung 148: Seite 7 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

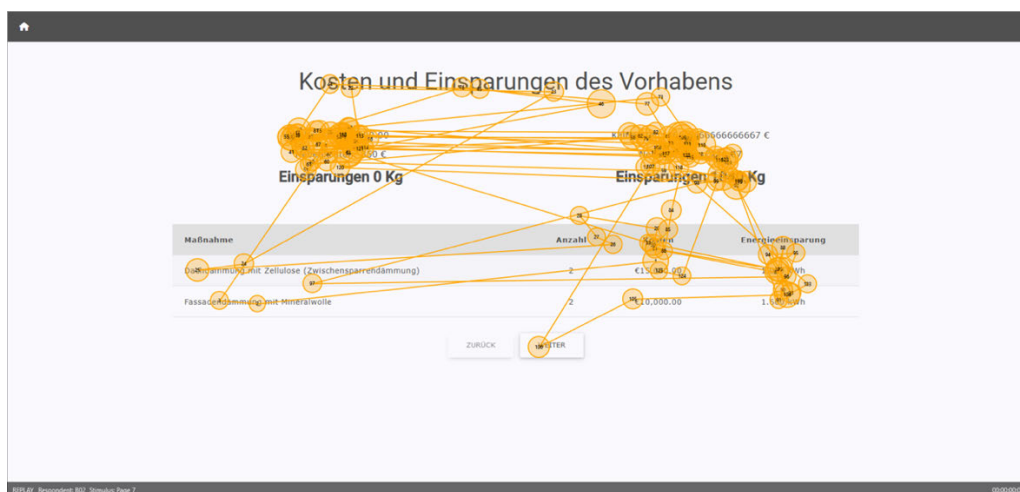


Abbildung 149: Seite 7 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

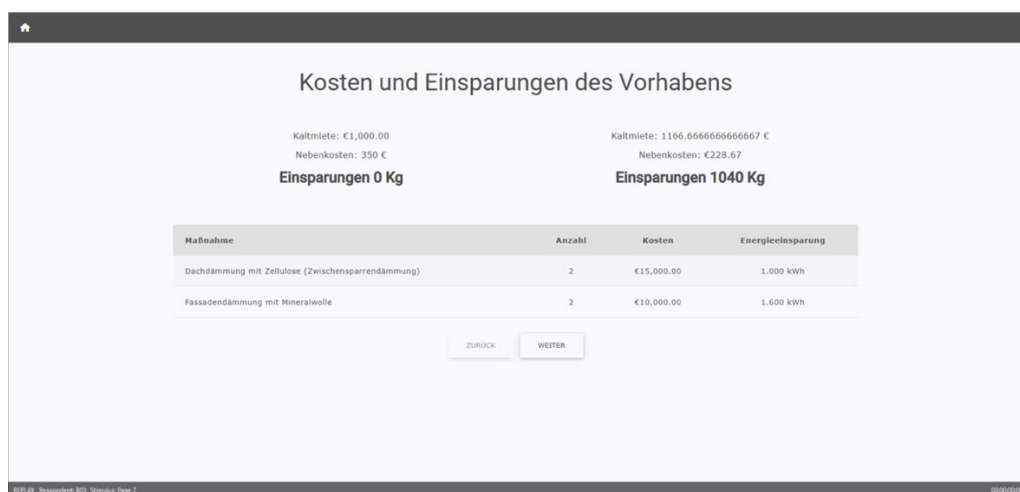


Abbildung 150: Seite 7 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

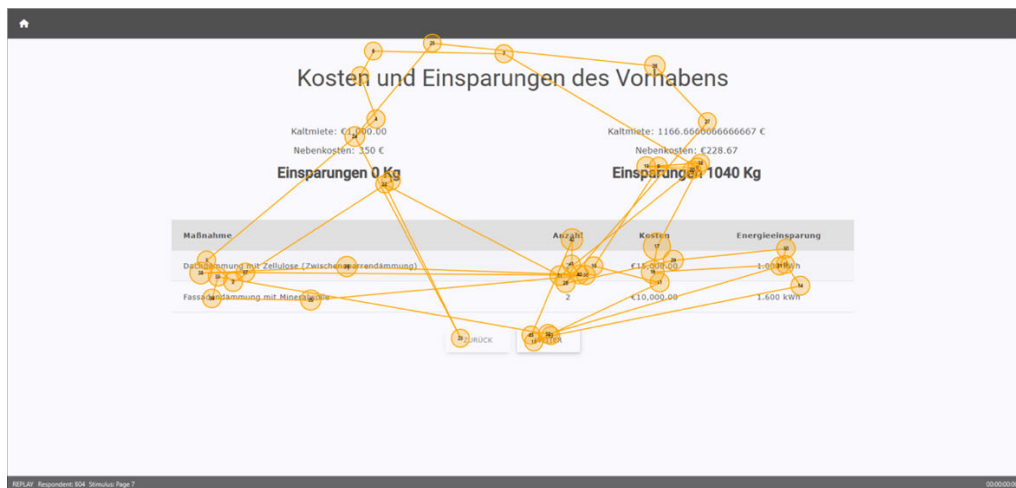


Abbildung 151: Seite 7 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

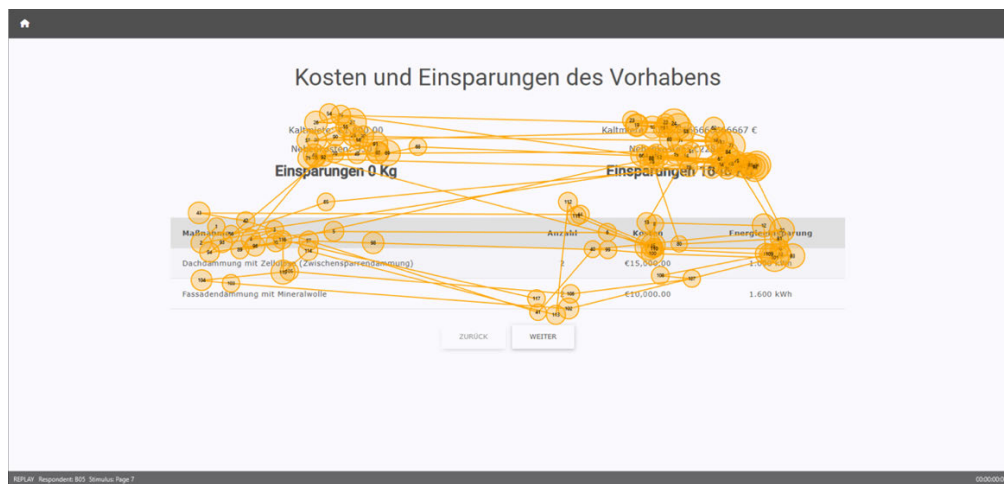


Abbildung 152: Seite 7 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

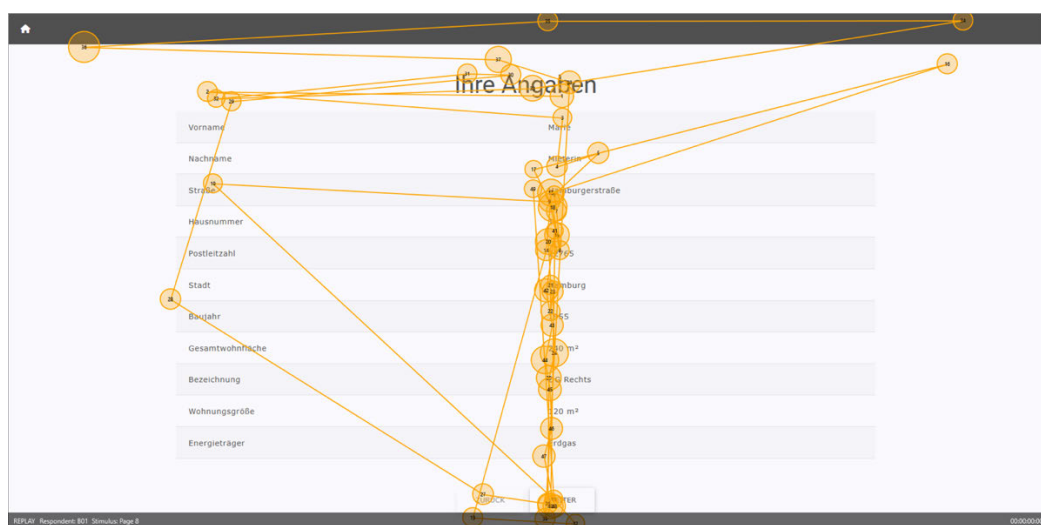


Abbildung 153: Seite 8 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions



Abbildung 154: Seite 8 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

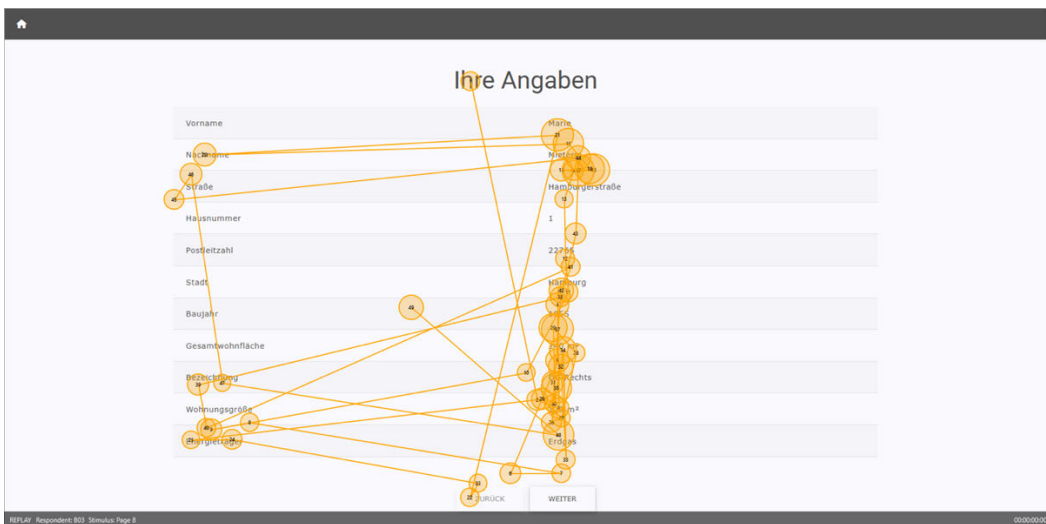


Abbildung 155: Seite 8 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

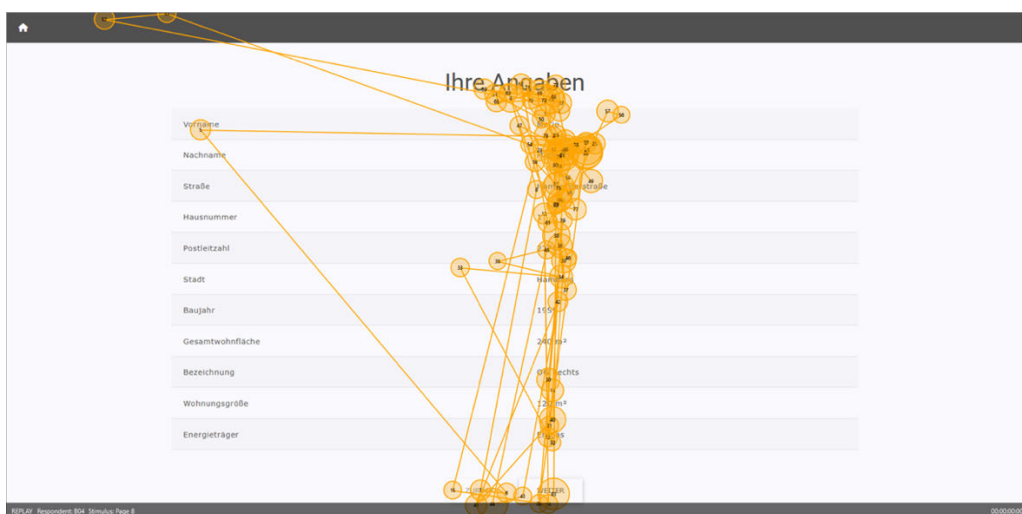


Abbildung 156: Seite 8 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

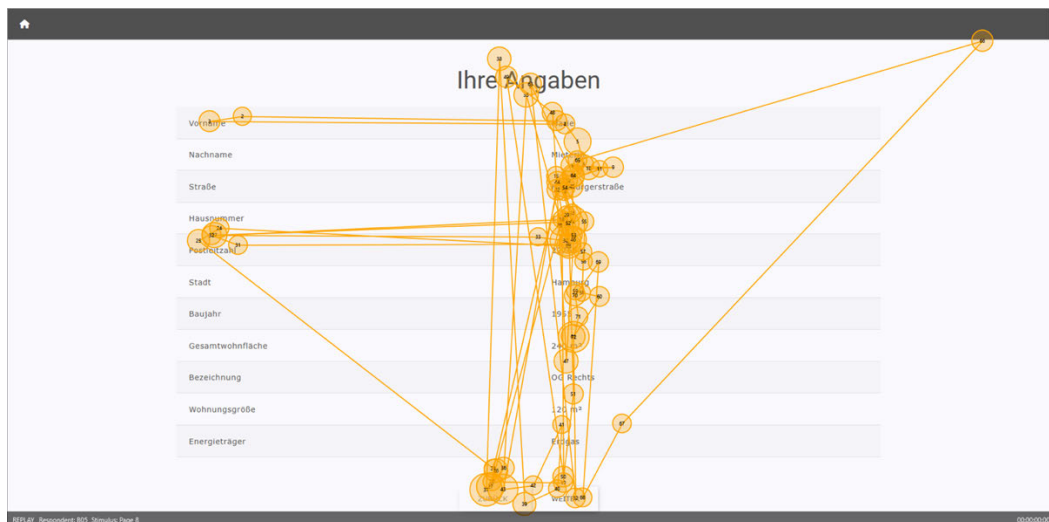


Abbildung 157: Seite 8 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

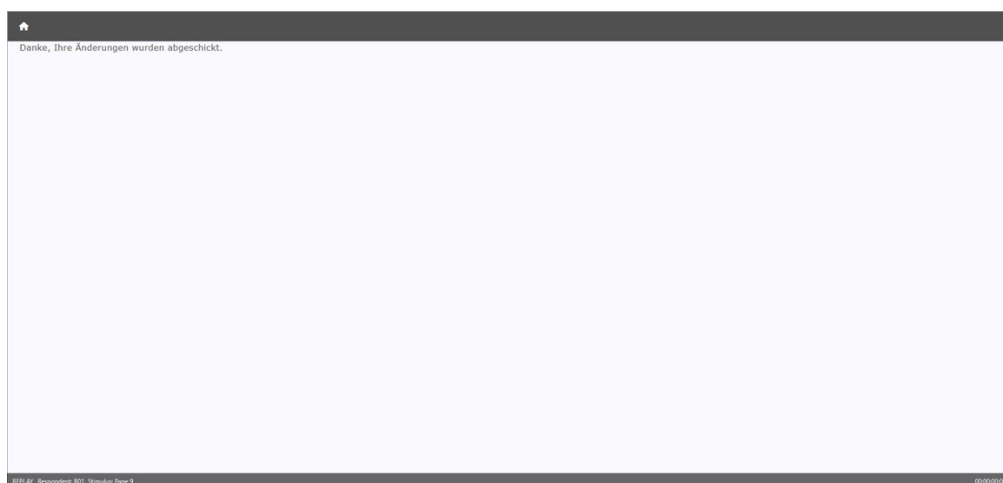


Abbildung 158: Seite 9 Teilnehmer:in 1
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

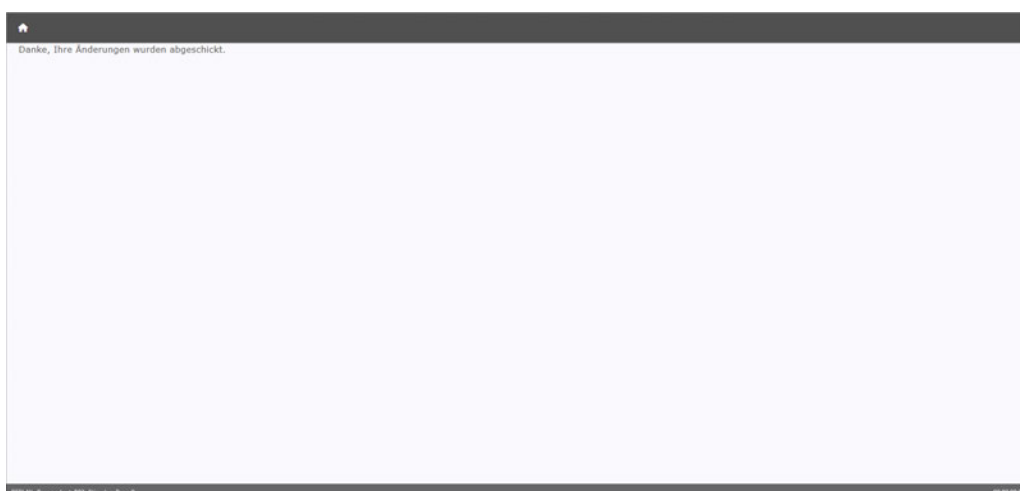


Abbildung 159: Seite 9 Teilnehmer:in 2
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

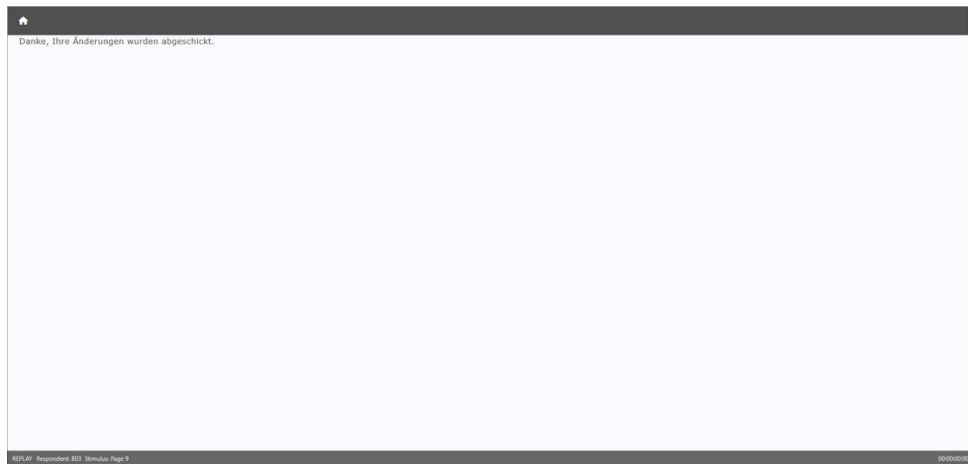


Abbildung 160: Seite 9 Teilnehmer:in 3
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

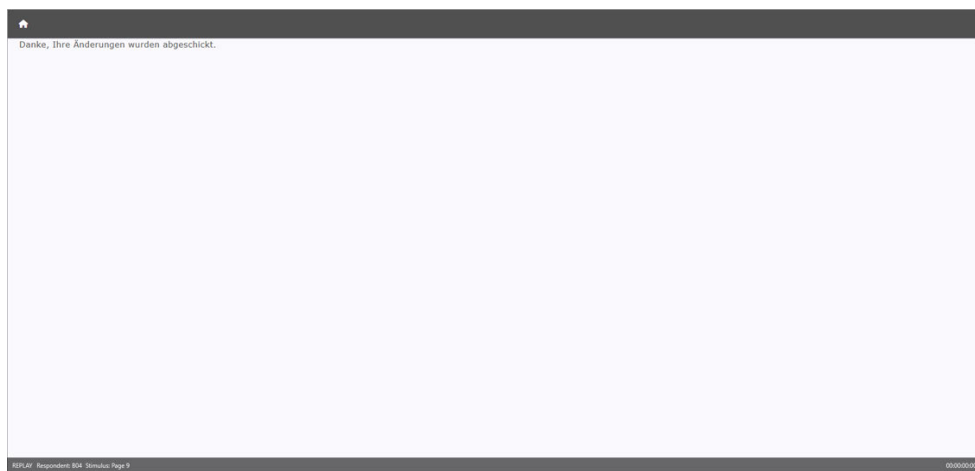


Abbildung 161: Seite 9 Teilnehmer:in 4
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

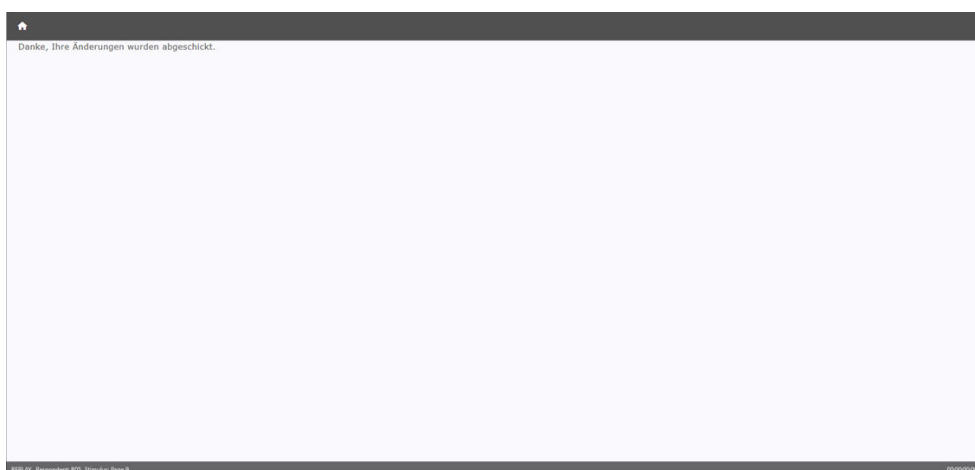


Abbildung 162: Seite 9 Teilnehmer:in 5
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Anhang 18: Ergebnisse der Galvanic Skin Response Metriken für die 3D-Analyse

Tabelle 66: Ergebnisse der Galvanic Skin Response Metriken

Quelle: Eigene Darstellung

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Signal Duration	Has Peaks	Peak Count	Peaks Per Minute	Average Peak Amplitude
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 5.2	107370	67752	67752	1	4	3.54	0.0139
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 5.2	112278	125134	125134	0	0	0	NA
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	155745	131546	131546	1	15	6.84	0.0184
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	119036	125479	125479	0	0	0	NA
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	101755	80003	80003	1	2	1.5	0.0059

Anhang 19: Ergebnisse der Facial Expression Analysis für die 3D-Analyse

Tabelle 67: Ergebnisse der FEA für die sieben Kernemotionen

Quelle: Eigene Darstellung

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Anger Threshold	Anger Frames >= Threshold	Anger Time Percentage	Contempt Threshold	Contempt Frames >= Threshold	Contempt Time Percentage	Disgust Threshold	Disgust Frames >= Threshold	Disgust Time Percentage	Fear Threshold	Fear Frames >= Threshold	Fear Time Percentage	Joy Threshold	Joy Frames >= Threshold	Joy Time Percentage	Sadness Threshold	Sadness Frames >= Threshold	Sadness Time Percentage	Surprise Threshold	Surprise Frames >= Threshold	Surprise Time Percentage
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 5.2	107370	67752	2032	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 5.2	112278	125134	3753	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0

A03	FEM ALE	2 7	Gru ppe A	Sc en e	Pa ge 5. 2	155 745	131 546	394 5	50	0	0	50	0	0	50	6	0.15	50	0	0	50	4	0.1	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	2 7	Gru ppe A	Sc en e	Pa ge 5. 2	119 036	125 479	376 5	50	74	1.97	50	0	0	50	1	0.03	50	22	0.58	50	0	0	50	13	0.35	50	22	0.58
A05	MAL E	2 7	Gru ppe A	Sc en e	Pa ge 5. 2	101 755	800 03	240 0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0

Tabelle 68: Ergebnisse der FEA für die positive, negative und neutrale Valenz
Quelle: Eigene Darstellung

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Positive Valence Threshold	Positive Valence Frames >= Threshold	Positive Valence Time Percentage	Negative Valence Threshold	Negative Valence Frames < Threshold	Negative Valence Time Percentage	Neutral Valence Threshold	Neutral Valence Frames Between Threshold	Neutral Valence Time Percentage
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 5.2	107370	67752	2032	50	0	0	-50	0	0	-50 50	2032	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 5.2	112278	125134	3753	50	0	0	-50	0	0	-50 50	3753	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	155745	131546	3945	50	26	0.66	-50	0	0	-50 50	3913	99.19
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	119036	125479	3765	50	0	0	-50	53	1.41	-50 50	3696	98.17
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	101755	80003	2400	50	0	0	-50	0	0	-50 50	2400	100

Tabelle 69: Ergebnisse der FEA für die neutralen Ausdrücke

Quelle: Eigene Darstellung

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Neutral Threshold	Neutral Frames >= Threshold	Neutral Time Percentage
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 5.2	107370	67752	2032	50	2032	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 5.2	112278	125134	3753	50	3753	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	155745	131546	3945	50	3871	98.12
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	119036	125479	3765	50	3412	90.62
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	101755	80003	2400	50	2400	100

Anhang 20: Ergebnisse der Galvanic Skin Response Metriken für die 2D-Analyse

Tabelle 70: Ergebnisse der Galvanic Skin Response Metriken

Quelle: Eigene Darstellung

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Signal Duration	Has Peaks	Peak Count	Peaks Per Minute	Average Peak Amplitude
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	112618	76315	76315	1	12	9.43	0.0448
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	155267	242736	242736	1	42	10.38	0.0748
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	121786	41089	41089	1	7	10.22	0.1507
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 5	112060	144276	144276	1	13	5.41	0.0666
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 5	141785	89853	89853	0	0	0	NA

Anhang 21: Ergebnisse der Facial Expression Analysis für die 2D-Analyse

Tabelle 71: Ergebnisse der FEA für die sieben Kernemotionen

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Anger Threshold	Anger Frames >= Threshold	Anger Time Percentage	Contempt Threshold	Contempt Frames >= Threshold	Contempt Time Percentage	Disgust Threshold	Disgust Frames >= Threshold	Disgust Time Percentage	Fear Threshold	Fear Frames >= Threshold	Fear Time Percentage	Joy Threshold	Joy Frames >= Threshold	Joy Time Percentage	Sadness Threshold	Sadness Frames >= Threshold	Sadness Time Percentage	Surprise Threshold	Surprise Frames >= Threshold	Surprise Time Percentage
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	112618	76315	2289	50	12	0.52	50	0	0	50	6	0.26	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B02	MAL E	28	Gruppe B	Scene	Page 5	155267	242736	7281	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	46	0.63	50	0	0	50	27	0.37	50	46	0.63
B03	MAL E	28	Gruppe B	Scene	Page 5	121786	41089	1231	50	4	0.32	50	6	0.49	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	18	1.46	50	0	0
B04	MAL E	27	Gruppe B	Scene	Page 5	112060	144276	3462	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	1	0.03
B05	MAL E	27	Gruppe B	Scene	Page 5	141785	89853	2697	50	6	0.22	50	0	0	50	0	0	50	1	0.04	50	0	0	50	0	0	50	1	0.04

Tabelle 72: Ergebnisse der FEA für die positive, negative und neutrale Valenz

Quelle: Eigene Darstellung

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Positive Valence Threshold	Positive Valence Frames >= Threshold	Positive Valence Time Percentage	Negative Valence Threshold	Negative Valence Frames < Threshold	Negative Valence Time Percentage	Neutral Valence Threshold	Neutral Valence Frames Between Threshold	Neutral Valence Time Percentage
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	112618	76315	2289	50	0	0	-50	5	0.22	-50 50	2279	99.56
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	155267	242736	7281	50	0	0	-50	9	0.12	-50 50	7256	99.66
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	121786	41089	1231	50	0	0	-50	33	2.68	-50 50	1193	96.91
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 5	112060	144276	3462	50	0	0	-50	0	0	-50 50	3462	100
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 5	141785	89853	2697	50	0	0	-50	1	0.04	-50 50	2689	99.7

Tabelle 73: Ergebnisse der FEA für die neutralen Ausdrücke

Quelle: Eigene Darstellung

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Neutral Threshold	Neutral Frames >= Threshold	Neutral Time Percentage
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	112618	76315	2289	50	2124	92.79
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	155267	242736	7281	50	5615	77.12
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	121786	41089	1231	50	1156	93.91
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 5	112060	144276	3462	50	3433	99.16
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 5	141785	89853	2697	50	2612	96.85

Anhang 22: Seitenbasierte Analyse der Webseitenversion A

Tabelle 74: Ergebnisse der Galvanic Skin Response Metriken

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Signal Duration	Has Peaks	Peak Count	Peaks Per Minute	Average Peak Amplitude
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 1 1	7678	15210	15210	1	2	7.89	0.0264
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 1 1	6450	18959	18959	0	0	0	NA
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 1 1	7345	11099	11099	0	0	0	NA
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 1 1	7975	5857	5857	0	0	0	NA
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 1 1	9474	4341	4341	0	0	0	NA
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 2 1	23302	30696	30696	1	1	1.95	0.0073
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 2 1	26271	45675	45675	0	0	0	NA
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 2 1	18855	37614	37614	1	4	6.38	0.0104
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 2 1	15409	26808	26808	0	0	0	NA
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 2 1	14683	28652	28652	0	0	0	NA
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 3.3	54966	37056	37056	1	3	4.86	0.0361
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 3.3	73325	27578	27578	0	0	0	NA
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 3.3	57291	71117	71117	1	6	5.06	0.0184
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 3.3	43568	78847	78847	0	0	0	NA
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 3.3	44079	37335	37335	1	1	1.61	0.0132
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 3.3 (fragment 1)	43568	53616	53616	0	0	0	NA
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 3.3 (fragment 2)	312548	25231	25231	0	0	0	NA
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 4.2	92990	13550	13550	0	0	0	NA
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 4.2	101937	9824	9824	0	0	0	NA
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 4.2	129641	25076	25076	1	2	4.79	0.02
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 4.2	97860	23880	23880	0	0	0	NA

A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 4.2	82034	18605	18605	0	0	0	NA
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 4.2 (fragment 1)	97860	19825	19825	0	0	0	NA
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 4.2 (fragment 2)	305790	4055	4055	0	0	0	NA
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 5.2	107370	67752	67752	1	4	3.54	0.0139
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 5.2	112278	125134	125134	0	0	0	NA
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	155745	131546	131546	1	15	6.84	0.0184
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	119036	125479	125479	0	0	0	NA
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	101755	80003	80003	1	2	1.5	0.0059
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 6 1	176089	17699	17699	1	2	6.78	0.0425
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 6 1	238273	18098	18098	0	0	0	NA
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 6 1	289140	24049	24049	1	3	7.48	0.0302
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 6 1	244966	26808	26808	0	0	0	NA
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 6 1	183122	6698	6698	0	0	0	NA
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 7 1	194479	20187	20187	1	3	8.92	0.0381
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 7 1	256888	34644	34644	0	0	0	NA
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 7 1	313805	15005	15005	1	2	8	0.0297
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 7 1	274026	20049	20049	0	0	0	NA
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 7 1	190936	20094	20094	0	0	0	NA
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 8 1	215220	20049	20049	1	4	11.97	0.0363
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 8 1	292567	11375	11375	0	0	0	NA
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 8 1	329426	25282	25282	1	2	4.75	0.0251
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 8 1	294301	18924	18924	0	0	0	NA
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 8 1	211154	7938	7938	0	0	0	NA
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 8 1 (fragment 1)	294301	4506	4506	0	0	0	NA

A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 8 1 (fragment 2)	352873	9462	9462	0	0	0	NA
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 8 1 (fragment 3)	386664	4956	4956	0	0	0	NA
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 9 1	235683	16731	16731	1	2	7.17	0.0315
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 9 1	304115	7584	7584	0	0	0	NA
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 9 1	355530	15004	15004	1	1	4	0.0426
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 9 1	391846	16219	16219	1	1	3.7	0.0138
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 9 1	219216	8931	8931	0	0	0	NA
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 9 1 (fragment 1)	391846	225	225	0	0	0	NA
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 9 1 (fragment 2)	392522	15994	15994	1	1	3.75	0.0138

Tabelle 75: Ergebnisse der FEA für die sieben Kernemotionen

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Anger Threshold	Anger Frames >= Threshold	Anger Time Percentage	Contempt Threshold	Contempt Frames >= Threshold	Contempt Time Percentage	Disgust Threshold	Disgust Frames >= Threshold	Disgust Time Percentage	Fear Threshold	Fear Frames >= Threshold	Fear Time Percentage	Joy Threshold	Joy Frames >= Threshold	Joy Time Percentage	Sadness Threshold	Sadness Frames >= Threshold	Sadness Time Percentage	Surprise Threshold	Surprise Frames >= Threshold	Surprise Time Percentage
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 11	7678	15210	457	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 11	6450	18959	568	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0

A03	FEM ALE	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 1 1	734 5	110 99	331	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 1 1	797 5	585 7	176	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A05	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 1 1	947 4	434 1	104	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A01	FEM ALE	2 6	Gru ppe A	Scen e	Pag e 2 1	233 02	306 96	920	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A02	MAL E	3 1	Gru ppe A	Scen e	Pag e 2 1	262 71	456 75	137 2	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A03	FEM ALE	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 2 1	188 55	376 14	112 9	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 2 1	154 09	268 08	803	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	40	4.98	50	0	0	50	0	0
A05	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 2 1	146 83	286 52	814	50	127	15.6	50	0	0	50	0	0	50	151	18.55	50	0	0	50	207	25.43	50	125	15.36
A01	FEM ALE	2 6	Gru ppe A	Scen e	Pag e 3.3	549 66	370 56	111 1	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A02	MAL E	3 1	Gru ppe A	Scen e	Pag e 3.3	733 25	275 78	825	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A03	FEM ALE	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 3.3	572 91	711 17	213 4	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 3.3	435 68	788 47	236 5	50	0	0	50	4	0.17	50	0	0	50	0	0	50	192	8.12	50	0	0	50	0	0
A05	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 3.3	440 79	373 35	111 9	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0

A04	MAL E	27	Gruppe A	Scene (Frag ment)	Pag e 3.3 (frag ment 1)	435 68	536 16	160 8	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	27	Gruppe A	Scene (Frag ment)	Pag e 3.3 (frag ment 2)	312 548	252 31	757	50	0	0	50	4	0.53	50	0	0	50	0	0	50	192	25.36	50	0	0	50	0	0
A01	FEM ALE	26	Gruppe A	Scene	Pag e 4.2	929 90	135 50	407	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A02	MAL E	31	Gruppe A	Scene	Pag e 4.2	101 937	982 4	295	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A03	FEM ALE	27	Gruppe A	Scene	Pag e 4.2	129 641	250 76	752	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	27	Gruppe A	Scene	Pag e 4.2	978 60	238 80	717	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	26	3.63	50	0	0	50	0	0
A05	MAL E	27	Gruppe A	Scene	Pag e 4.2	820 34	186 05	558	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	27	Gruppe A	Scene (Frag ment)	Pag e 4.2 (frag ment 1)	978 60	198 25	596	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	27	Gruppe A	Scene (Frag ment)	Pag e 4.2 (frag ment 2)	305 790	405 5	121	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	26	21.49	50	0	0	50	0	0
A01	FEM ALE	26	Gruppe A	Scene	Pag e 5.2	107 370	677 52	203 2	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A02	MAL E	31	Gruppe A	Scene	Pag e 5.2	112 278	125 134	375 3	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0

A03	FEM ALE	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 5.2	155 745	131 546	394 5	50	0	0	50	0	0	50	6	0.15	50	0	0	50	4	0.1	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 5.2	119 036	125 479	376 5	50	74	1.97	50	0	0	50	1	0.03	50	22	0.58	50	0	0	50	13	0.35	50	22	0.58
A05	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 5.2	101 755	800 03	240 0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A01	FEM ALE	2 6	Gru ppe A	Scen e	Pag e 6 1	176 089	176 99	531	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A02	MAL E	3 1	Gru ppe A	Scen e	Pag e 6 1	238 273	180 98	543	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A03	FEM ALE	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 6 1	289 140	240 49	718	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 6 1	244 966	268 08	805	50	0	0	50	0	0	50	11	1.37	50	23	2.86	50	0	0	50	4	0.5	50	69	8.57
A05	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 6 1	183 122	669 8	201	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A01	FEM ALE	2 6	Gru ppe A	Scen e	Pag e 7 1	194 479	201 87	605	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A02	MAL E	3 1	Gru ppe A	Scen e	Pag e 7 1	256 888	346 44	103 8	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A03	FEM ALE	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 7 1	313 805	150 05	451	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 7 1	274 026	200 49	602	50	1	0.17	50	0	0	50	5	0.83	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A05	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 7 1	190 936	200 94	603	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0

A01	FEM ALE	2 6	Gru ppe A	Scen e	Pag e 8 1	215 220	200 49	602	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A02	MAL E	3 1	Gru ppe A	Scen e	Pag e 8 1	292 567	113 75	342	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A03	FEM ALE	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 8 1	329 426	252 82	759	50	0	0	50	4	0.53	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 8 1	294 301	189 24	568	50	0	0	50	0	0	50	4	0.7	50	4	0.7	50	11	1.94	50	4	0.7	50	8	1.41
A05	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 8 1	211 154	793 8	238	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e (Frag ment)	Pag e 8 1 (frag ment 1)	294 301	450 6	136	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e (Frag ment)	Pag e 8 1 (frag ment 2)	352 873	946 2	284	50	0	0	50	0	0	50	4	1.41	50	0	0	50	0	0	50	4	1.41	50	0	0
A04	MAL E	2 7	Gru ppe A	Scen e (Frag ment)	Pag e 8 1 (frag ment 3)	386 664	495 6	148	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	4	2.7	50	11	7.43	50	0	0	50	8	5.41
A01	FEM ALE	2 6	Gru ppe A	Scen e	Pag e 9 1	235 683	167 31	501	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	89	17.76	50	0	0	50	0	0
A02	MAL E	3 1	Gru ppe A	Scen e	Pag e 9 1	304 115	758 4	228	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A03	FEM ALE	2 7	Gru ppe A	Scen e	Pag e 9 1	355 530	150 04	450	50	0	0	50	0	0	50	4	0.89	50	0	0	50	63	14	50	0	0	50	0	0

A04	MAL E	27	Gruppe A	Scene	Page 9 1	391846	16219	488	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	83	17.01	50	0	0	50	0	0
A05	MAL E	27	Gruppe A	Scene	Page 9 1	219216	8931	268	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	27	Gruppe A	Scene (Frag ment)	Page 9 1 (frag ment 1)	391846	225	8	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
A04	MAL E	27	Gruppe A	Scene (Frag ment)	Page 9 1 (frag ment 2)	392522	15994	480	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	83	17.29	50	0	0	50	0	0

Tabelle 76: Ergebnisse der FEA für die positive, negative und neutrale Valenz
Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Parent Stimulus	Count Frames	Positive Valence Threshold	Positive Valence Frames >= Threshold	Positive Valence Time Percentage	Negative Valence Threshold	Negative Valence Frames < Threshold	Negative Valence Time Percentage	Neutral Valence Threshold	Neutral Valence Frames Between Threshold	Neutral Valence Time Percentage
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 1 1	7678	15210	N/A	457	50	0	0	-50	0	0	-50 50	457	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 1 1	6450	18959	N/A	568	50	0	0	-50	0	0	-50 50	568	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 1 1	7345	11099	N/A	331	50	0	0	-50	0	0	-50 50	331	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 1 1	7975	5857	N/A	176	50	0	0	-50	0	0	-50 50	176	100
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 1 1	9474	4341	N/A	104	50	0	0	-50	0	0	-50 50	104	100
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 2 1	23302	30696	N/A	920	50	0	0	-50	0	0	-50 50	920	100

A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 2 1	26271	45675	N/A	1372	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1372	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 2 1	18855	37614	N/A	1129	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1129	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 2 1	15409	26808	N/A	803	50	43	5.35	-50	0	0	-50 50	754	93.9
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 2 1	14683	28652	N/A	814	50	0	0	-50	206	25.31	-50 50	605	74.32
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 3.3	54966	37056	N/A	1111	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1111	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 3.3	73325	27578	N/A	825	50	0	0	-50	0	0	-50 50	825	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 3.3	57291	71117	N/A	2134	50	0	0	-50	0	0	-50 50	2134	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 3.3	43568	78847	N/A	2365	50	206	8.71	-50	0	0	-50 50	2152	90.99
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 3.3	44079	37335	N/A	1119	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1119	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 3.3 (fragment 1)	43568	53616	N/A	1608	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1608	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 3.3 (fragment 2)	312548	25231	N/A	757	50	206	27.21	-50	0	0	-50 50	544	71.86
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 4.2	92990	13550	N/A	407	50	0	0	-50	0	0	-50 50	407	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 4.2	101937	9824	N/A	295	50	0	0	-50	0	0	-50 50	295	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 4.2	129641	25076	N/A	752	50	0	0	-50	0	0	-50 50	752	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 4.2	97860	23880	N/A	717	50	33	4.6	-50	0	0	-50 50	681	94.98
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 4.2	82034	18605	N/A	558	50	0	0	-50	0	0	-50 50	558	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 4.2 (fragment 1)	97860	19825	N/A	596	50	0	0	-50	0	0	-50 50	596	100

A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 4.2 (fragment 2)	305790	4055	N/A	121	50	33	27.27	-50	0	0	-50 50	85	70.25
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 5.2	107370	67752	N/A	2032	50	0	0	-50	0	0	-50 50	2032	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 5.2	112278	125134	N/A	3753	50	0	0	-50	0	0	-50 50	3753	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	155745	131546	N/A	3945	50	26	0.66	-50	0	0	-50 50	3913	99.19
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	119036	125479	N/A	3765	50	0	0	-50	53	1.41	-50 50	3696	98.17
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	101755	80003	N/A	2400	50	0	0	-50	0	0	-50 50	2400	100
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 6 1	176089	17699	N/A	531	50	0	0	-50	0	0	-50 50	531	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 6 1	238273	18098	N/A	543	50	0	0	-50	0	0	-50 50	543	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 6 1	289140	24049	N/A	718	50	0	0	-50	0	0	-50 50	718	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 6 1	244966	26808	N/A	805	50	0	0	-50	16	1.99	-50 50	787	97.76
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 6 1	183122	6698	N/A	201	50	0	0	-50	0	0	-50 50	201	100
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 7 1	194479	20187	N/A	605	50	0	0	-50	0	0	-50 50	605	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 7 1	256888	34644	N/A	1038	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1038	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 7 1	313805	15005	N/A	451	50	4	0.89	-50	0	0	-50 50	442	98
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 7 1	274026	20049	N/A	602	50	0	0	-50	0	0	-50 50	602	100
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 7 1	190936	20094	N/A	603	50	0	0	-50	0	0	-50 50	603	100
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 8 1	215220	20049	N/A	602	50	0	0	-50	0	0	-50 50	602	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 8 1	292567	11375	N/A	342	50	0	0	-50	0	0	-50 50	342	100

A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 8 1	329426	25282	N/A	759	50	0	0	-50	0	0	-50 50	759	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 8 1	294301	18924	N/A	568	50	16	2.82	-50	4	0.7	-50 50	539	94.89
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 8 1	211154	7938	N/A	238	50	0	0	-50	0	0	-50 50	238	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 8 1 (fragment 1)	294301	4506	N/A	136	50	0	0	-50	0	0	-50 50	136	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 8 1 (fragment 2)	352873	9462	N/A	284	50	0	0	-50	4	1.41	-50 50	276	97.18
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 8 1 (fragment 3)	386664	4956	N/A	148	50	16	10.81	-50	0	0	-50 50	127	85.81
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 9 1	235683	16731	N/A	501	50	204	40.72	-50	0	0	-50 50	274	54.69
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 9 1	304115	7584	N/A	228	50	0	0	-50	0	0	-50 50	228	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 9 1	355530	15004	N/A	450	50	63	14	-50	0	0	-50 50	385	85.56
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 9 1	391846	16219	N/A	488	50	88	18.03	-50	0	0	-50 50	399	81.76
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 9 1	219216	8931	N/A	268	50	0	0	-50	0	0	-50 50	268	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 9 1 (fragment 1)	391846	225	N/A	8	50	0	0	-50	0	0	-50 50	8	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 9 1 (fragment 2)	392522	15994	N/A	480	50	88	18.33	-50	0	0	-50 50	391	81.46

Tabelle 77: Ergebnisse der FEA für die neutralen Ausdrücke

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Parent Stimulus	Count Frames	Neutral Threshold	Neutral Frames >= Threshold	Neutral Time Percentage
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 1 1	7678	15210	N/A	457	50	457	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 1 1	6450	18959	N/A	568	50	568	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 1 1	7345	11099	N/A	331	50	331	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 1 1	7975	5857	N/A	176	50	170	96.59
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 1 1	9474	4341	N/A	104	50	104	100
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 2 1	23302	30696	N/A	920	50	920	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 2 1	26271	45675	N/A	1372	50	1372	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 2 1	18855	37614	N/A	1129	50	1129	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 2 1	15409	26808	N/A	803	50	751	93.52
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 2 1	14683	28652	N/A	814	50	474	58.23
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 3.3	54966	37056	N/A	1111	50	1111	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 3.3	73325	27578	N/A	825	50	825	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 3.3	57291	71117	N/A	2134	50	2134	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 3.3	43568	78847	N/A	2365	50	2155	91.12
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 3.3	44079	37335	N/A	1119	50	1119	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 3.3 (fragment 1)	43568	53616	N/A	1608	50	1608	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 3.3 (fragment 2)	312548	25231	N/A	757	50	547	72.26
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 4.2	92990	13550	N/A	407	50	407	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 4.2	101937	9824	N/A	295	50	295	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 4.2	129641	25076	N/A	752	50	752	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 4.2	97860	23880	N/A	717	50	677	94.42
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 4.2	82034	18605	N/A	558	50	558	100

A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 4.2 (fragment 1)	97860	19825	N/A	596	50	592	99.33
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 4.2 (fragment 2)	305790	4055	N/A	121	50	85	70.25
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 5.2	107370	67752	N/A	2032	50	2032	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 5.2	112278	125134	N/A	3753	50	3753	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	155745	131546	N/A	3945	50	3871	98.12
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	119036	125479	N/A	3765	50	3412	90.62
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 5.2	101755	80003	N/A	2400	50	2400	100
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 6 1	176089	17699	N/A	531	50	531	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 6 1	238273	18098	N/A	543	50	543	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 6 1	289140	24049	N/A	718	50	703	97.91
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 6 1	244966	26808	N/A	805	50	686	85.22
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 6 1	183122	6698	N/A	201	50	201	100
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 7 1	194479	20187	N/A	605	50	605	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 7 1	256888	34644	N/A	1038	50	1038	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 7 1	313805	15005	N/A	451	50	440	97.56
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 7 1	274026	20049	N/A	602	50	590	98.01
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 7 1	190936	20094	N/A	603	50	603	100
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 8 1	215220	20049	N/A	602	50	602	100
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 8 1	292567	11375	N/A	342	50	342	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 8 1	329426	25282	N/A	759	50	743	97.89
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 8 1	294301	18924	N/A	568	50	515	90.67
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 8 1	211154	7938	N/A	238	50	238	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 8 1 (fragment 1)	294301	4506	N/A	136	50	136	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 8 1 (fragment 2)	352873	9462	N/A	284	50	262	92.25

A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 8 1 (fragment 3)	386664	4956	N/A	148	50	117	79.05
A01	FEMALE	26	Gruppe A	Scene	Page 9 1	235683	16731	N/A	501	50	344	68.66
A02	MALE	31	Gruppe A	Scene	Page 9 1	304115	7584	N/A	228	50	228	100
A03	FEMALE	27	Gruppe A	Scene	Page 9 1	355530	15004	N/A	450	50	385	85.56
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 9 1	391846	16219	N/A	488	50	394	80.74
A05	MALE	27	Gruppe A	Scene	Page 9 1	219216	8931	N/A	268	50	268	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 9 1 (fragment 1)	391846	225	N/A	8	50	8	100
A04	MALE	27	Gruppe A	Scene (Fragment)	Page 9 1 (fragment 2)	392522	15994	N/A	480	50	386	80.42

Anhang 23: Seitenbasierte Analyse der Webseitenversion B

Tabelle 78: Ergebnisse der Galvanic Skin Response Metriken

Quelle: Eigene Darstellung, erstellt mit iMotions

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Signal Duration	Has Peaks	Peak Count	Peaks Per Minute	Average Peak Amplitude
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 1	6174	17216	17216	1	1	3.49	0.0425
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 1	5201	17637	17637	1	5	17.01	0.0246
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 1	5778	19456	19456	1	3	9.25	0.0537
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 1	6053	13011	13011	0	0	0	NA
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 1	8513	16885	16885	0	0	0	NA
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 2	24218	40724	40724	1	3	4.42	64
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 2	24034	46933	46933	1	6	7.67	0.1133
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 2	26105	42977	42977	1	6	8.38	0.0864
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 2	19638	29277	29277	1	2	4.1	0.0308
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 2	26403	40605	40605	0	0	0	NA
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 3	66928	29798	29798	1	6	12.08	0.1265
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 3	73059	64571	64571	1	13	12.08	0.0765
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 3	70388	36298	36298	1	6	9.92	0.1499
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 3	50254	39801	39801	1	3	4.52	0.0386
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 3	67812	44424	44424	1	1	1.35	0.0053
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 4	98050	12912	12912	1	2	9.29	0.1216
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 4	139722	12854	12854	1	2	9.34	0.0212
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 4	106976	13503	13503	1	3	13.33	0.0821
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 4	90820	16073	16073	1	1	3.73	0.0557
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 4	112638	28142	28142	0	0	0	NA
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	112618	76315	76315	1	12	9.43	0.0448
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	155267	242736	242736	1	42	10.38	0.0748
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	121786	41089	41089	1	7	10.22	0.1507

B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 5	112060	144276	144276	1	13	5.41	0.0666
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 5	141785	89853	89853	0	0	0	NA
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 6	190258	23507	23507	1	1	2.55	0.1407
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 6	399797	19729	19729	1	5	15.21	0.0996
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 6	164036	45155	45155	1	6	7.97	0.1746
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 6	257293	24301	24301	1	1	2.47	0.1053
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 6	232844	45228	45228	0	0	0	NA
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 7	214096	21686	21686	1	4	11.07	0.0923
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 7	420423	38264	38264	1	8	12.54	0.0912
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 7	209772	19455	19455	1	3	9.25	0.2359
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 7	281977	8611	8611	1	1	6.97	0.0073
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 7	278675	32564	32564	0	0	0	NA
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 8	236610	14071	14071	1	3	12.79	0.0308
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 8	459883	58292	58292	1	11	11.32	0.1277
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 8	230679	14955	14955	1	2	8.02	0.2037
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 8	291162	31572	31572	1	4	7.6	0.0797
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 8	311641	26131	26131	1	1	2.3	0.0071
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 9	251012	49663	49663	1	8	9.67	0.0436
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 9	520567	17338	17338	1	3	10.38	0.1734
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 9	246069	18004	18004	1	3	10	148
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 9	323117	22579	22579	1	2	5.31	0.2195
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 9	338174	25931	25931	0	0	0	NA

Tabelle 79: Ergebnisse der FEA für die sieben Kernemotionen

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Anger Threshold	Anger Frames >= Threshold	Anger Time Percentage	Contempt Threshold	Contempt Frames >= Threshold	Contempt Time Percentage	Disgust Threshold	Disgust Frames >= Threshold	Disgust Time Percentage	Fear Threshold	Fear Frames >= Threshold	Fear Time Percentage	Joy Threshold	Joy Frames >= Threshold	Joy Time Percentage	Sadness Threshold	Sadness Frames >= Threshold	Sadness Time Percentage	Surprise Threshold	Surprise Frames >= Threshold	Surprise Time Percentage
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 1	6174	17216	517	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B02	MAL E	28	Gruppe B	Scene	Page 1	5201	17637	528	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	32	6.06	50	0	0	50	0	0	50	32	6.06
B03	MAL E	28	Gruppe B	Scene	Page 1	5778	19456	583	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B04	MAL E	27	Gruppe B	Scene	Page 1	6053	13011	313	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	196	62.62	50	0	0	50	0	0
B05	MAL E	27	Gruppe B	Scene	Page 1	8513	16885	506	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 2	24218	40724	1221	50	0	0	50	8	0.66	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B02	MAL E	28	Gruppe B	Scene	Page 2	24034	46933	1407	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B03	MAL E	28	Gruppe B	Scene	Page 2	26105	42977	1288	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	4	0.31	50	0	0	50	0	0	50	1	0.08
B04	MAL E	27	Gruppe B	Scene	Page 2	19638	29277	702	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	37	5.27	50	119	16.95	50	0	0	50	41	5.84
B05	MAL E	27	Gruppe B	Scene	Page 2	26403	40605	1218	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0

B01	FEM ALE	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 3	669 28	297 98	895	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B02	MAL E	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 3	730 59	645 71	193 7	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B03	MAL E	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 3	703 88	362 98	108 8	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	45	4.14	50	0	0	50	0	0	50	40	3.68
B04	MAL E	2 7	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 3	502 54	398 01	956	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	21	2.2	50	0	0	50	0	0	50	26	2.72
B05	MAL E	2 7	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 3	678 12	444 24	133 3	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B01	FEM ALE	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 4	980 50	129 12	387	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B02	MAL E	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 4	139 722	128 54	384	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B03	MAL E	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 4	106 976	135 03	407	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B04	MAL E	2 7	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 4	908 20	160 73	385	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B05	MAL E	2 7	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 4	112 638	281 42	844	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B01	FEM ALE	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 5	112 618	763 15	228 9	50	12	0.52	50	0	0	50	6	0.26	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B02	MAL E	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 5	155 267	242 736	728 1	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	46	0.63	50	0	0	50	27	0.37	50	46	0.63
B03	MAL E	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 5	121 786	410 89	123 1	50	4	0.32	50	6	0.49	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	18	1.46	50	0	0

B04	MAL E	27	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 5	112 060	144 276	346 2	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	1	0.03
B05	MAL E	27	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 5	141 785	898 53	269 7	50	6	0.22	50	0	0	50	0	0	50	1	0.04	50	0	0	50	0	0	50	1	0.04
B01	FEM ALE	28	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 6	190 258	235 07	705	50	12	1.7	50	8	1.13	50	0	0	50	0	0	50	4	0.57	50	0	0	50	0	0
B02	MAL E	28	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 6	399 797	197 29	592	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	1	0.17	50	0	0	50	0	0	50	9	1.52
B03	MAL E	28	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 6	164 036	451 55	135 4	50	4	0.3	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B04	MAL E	27	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 6	257 293	243 01	583	50	0	0	50	0	0	50	4	0.69	50	0	0	50	8	1.37	50	0	0	50	0	0
B05	MAL E	27	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 6	232 844	452 28	135 8	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B01	FEM ALE	28	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 7	214 096	216 86	651	50	19	2.92	50	33	5.07	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B02	MAL E	28	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 7	420 423	382 64	114 9	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	10	0.87	50	0	0	50	0	0	50	38	3.31
B03	MAL E	28	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 7	209 772	194 55	583	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B04	MAL E	27	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 7	281 977	861 1	206	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B05	MAL E	27	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 7	278 675	325 64	977	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B01	FEM ALE	28	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 8	236 610	140 71	421	50	6	1.43	50	9	2.14	50	0	0	50	0	0	50	58	13.78	50	0	0	50	0	0

B02	MAL E	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 8	459 883	582 92	175 0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	68	3.89	50	308	17.6	50	0	0	50	220	12.57
B03	MAL E	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 8	230 679	149 55	450	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0
B04	MAL E	2 7	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 8	291 162	315 72	758	50	5	0.66	50	0	0	50	65	8.58	50	0	0	50	97	12.8	50	0	0	50	0	0
B05	MAL E	2 7	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 8	311 641	261 31	783	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	1	0.13	50	0	0	50	0	0	50	1	0.13
B01	FEM ALE	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 9	251 012	496 63	148 9	50	0	0	50	45	3.02	50	0	0	50	0	0	50	58	3.9	50	39	2.62	50	0	0
B02	MAL E	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 9	520 567	173 38	520	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	103	19.81	50	205	39.42	50	0	0	50	251	48.27
B03	MAL E	2 8	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 9	246 069	180 04	541	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	41	7.58	50	0	0	50	0	0
B04	MAL E	2 7	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 9	323 117	225 79	541	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	151	27.91	50	0	0	50	0	0	50	151	27.91
B05	MAL E	2 7	Gru ppe B	Sc en e	Pa ge 9	338 174	259 31	777	50	0	0	50	0	0	50	0	0	50	84	10.81	50	0	0	50	0	0	50	97	12.48

Tabelle 80: Ergebnisse der FEA für die positive, negative und neutrale Valenz

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Positive Valence Threshold	Positive Valence Frames >= Threshold	Positive Valence Time Percentage	Negative Valence Threshold	Negative Valence Frames < Threshold	Negative Valence Time Percentage	Neutral Valence Threshold	Neutral Valence Frames Between Threshold	Neutral Valence Time Percentage
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 1	6174	17216	517	50	0	0	-50	0	0	-50 50	517	100
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 1	5201	17637	528	50	0	0	-50	0	0	-50 50	528	100
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 1	5778	19456	583	50	0	0	-50	0	0	-50 50	583	100
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 1	6053	13011	313	50	237	75.72	-50	0	0	-50 50	74	23.64
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 1	8513	16885	506	50	0	0	-50	0	0	-50 50	506	100
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 2	24218	40724	1221	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1221	100
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 2	24034	46933	1407	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1407	100
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 2	26105	42977	1288	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1288	100
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 2	19638	29277	702	50	210	29.91	-50	0	0	-50 50	472	67.24
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 2	26403	40605	1218	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1218	100
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 3	66928	29798	895	50	0	0	-50	0	0	-50 50	895	100
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 3	73059	64571	1937	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1937	100
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 3	70388	36298	1088	50	0	0	-50	1	0.09	-50 50	1079	99.17
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 3	50254	39801	956	50	0	0	-50	0	0	-50 50	956	100
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 3	67812	44424	1333	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1333	100
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 4	98050	12912	387	50	0	0	-50	0	0	-50 50	387	100
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 4	139722	12854	384	50	0	0	-50	0	0	-50 50	384	100
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 4	106976	13503	407	50	0	0	-50	0	0	-50 50	407	100
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 4	90820	16073	385	50	0	0	-50	0	0	-50 50	385	100
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 4	112638	28142	844	50	0	0	-50	0	0	-50 50	844	100
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	112618	76315	2289	50	0	0	-50	5	0.22	-50 50	2279	99.56
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	155267	242736	7281	50	0	0	-50	9	0.12	-50 50	7256	99.66
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	121786	41089	1231	50	0	0	-50	33	2.68	-50 50	1193	96.91
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 5	112060	144276	3462	50	0	0	-50	0	0	-50 50	3462	100

B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 5	141785	89853	2697	50	0	0	-50	1	0.04	-50 50	2689	99.7
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 6	190258	23507	705	50	0	0	-50	1	0.14	-50 50	699	99.15
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 6	399797	19729	592	50	0	0	-50	0	0	-50 50	592	100
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 6	164036	45155	1354	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1354	100
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 6	257293	24301	583	50	4	0.69	-50	0	0	-50 50	571	97.94
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 6	232844	45228	1358	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1358	100
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 7	214096	21686	651	50	0	0	-50	0	0	-50 50	651	100
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 7	420423	38264	1149	50	0	0	-50	0	0	-50 50	1149	100
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 7	209772	19455	583	50	0	0	-50	0	0	-50 50	583	100
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 7	281977	8611	206	50	0	0	-50	0	0	-50 50	206	100
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 7	278675	32564	977	50	0	0	-50	0	0	-50 50	977	100
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 8	236610	14071	421	50	42	9.98	-50	0	0	-50 50	374	88.84
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 8	459883	58292	1750	50	316	18.06	-50	0	0	-50 50	1368	78.17
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 8	230679	14955	450	50	0	0	-50	0	0	-50 50	450	100
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 8	291162	31572	758	50	183	24.14	-50	19	2.51	-50 50	542	71.5
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 8	311641	26131	783	50	0	0	-50	0	0	-50 50	783	100
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 9	251012	49663	1489	50	58	3.9	-50	12	0.81	-50 50	1390	93.35
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 9	520567	17338	520	50	208	40	-50	0	0	-50 50	296	56.92
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 9	246069	18004	541	50	52	9.61	-50	0	0	-50 50	487	90.02
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 9	323117	22579	541	50	0	0	-50	0	0	-50 50	541	100
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 9	338174	25931	777	50	0	0	-50	0	0	-50 50	777	100

Tabelle 81: Ergebnisse der FEA für die neutralen Ausdrücke

Respondent Name	Gender	Age	Group	Type	Label	Start (ms)	Duration (ms)	Count Frames	Neutral Threshold	Neutral Frames >= Threshold	Neutral Time Percentage
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 1	6174	17216	517	50	517	100
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 1	5201	17637	528	50	487	92.23
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 1	5778	19456	583	50	583	100
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 1	6053	13011	313	50	82	26.2
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 1	8513	16885	506	50	506	100
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 2	24218	40724	1221	50	1205	98.69
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 2	24034	46933	1407	50	1407	100
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 2	26105	42977	1288	50	1275	98.99
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 2	19638	29277	702	50	451	64.25
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 2	26403	40605	1218	50	1218	100
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 3	66928	29798	895	50	895	100
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 3	73059	64571	1937	50	1937	100
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 3	70388	36298	1088	50	949	87.22
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 3	50254	39801	956	50	921	96.34
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 3	67812	44424	1333	50	1333	100
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 4	98050	12912	387	50	387	100
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 4	139722	12854	384	50	384	100
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 4	106976	13503	407	50	407	100
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 4	90820	16073	385	50	385	100
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 4	112638	28142	844	50	819	97.04
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	112618	76315	2289	50	2124	92.79
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	155267	242736	7281	50	5615	77.12
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 5	121786	41089	1231	50	1156	93.91
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 5	112060	144276	3462	50	3433	99.16
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 5	141785	89853	2697	50	2612	96.85

B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 6	190258	23507	705	50	660	93.62
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 6	399797	19729	592	50	569	96.11
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 6	164036	45155	1354	50	1314	97.05
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 6	257293	24301	583	50	528	90.57
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 6	232844	45228	1358	50	1358	100
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 7	214096	21686	651	50	565	86.79
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 7	420423	38264	1149	50	1085	94.43
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 7	209772	19455	583	50	567	97.26
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 7	281977	8611	206	50	206	100
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 7	278675	32564	977	50	977	100
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 8	236610	14071	421	50	303	71.97
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 8	459883	58292	1750	50	1105	63.14
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 8	230679	14955	450	50	450	100
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 8	291162	31572	758	50	551	72.69
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 8	311641	26131	783	50	769	98.21
B01	FEMALE	28	Gruppe B	Scene	Page 9	251012	49663	1489	50	1279	85.9
B02	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 9	520567	17338	520	50	73	14.04
B03	MALE	28	Gruppe B	Scene	Page 9	246069	18004	541	50	490	90.57
B04	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 9	323117	22579	541	50	367	67.84
B05	MALE	27	Gruppe B	Scene	Page 9	338174	25931	777	50	577	74.26

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Masterarbeit mit dem Titel:

Der Einfluss von Usability-Heuristiken und 3D-Elementen: Entwicklung und multimodale Analyse einer Webseite zur Gebäudesanierung

selbständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe. Alle Passagen, die ich wörtlich aus der Literatur oder aus anderen Quellen wie z. B. Internetseiten übernommen habe, habe ich deutlich als Zitat mit Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Datum



Unterschrift