



Hochschule der Medien Stuttgart

Masterthesis

User-Experience-Ansatz für Förderung von Waldumbaumaßnahmen für Flächen in Privatbesitz

im Studiengang
Digital Design DD3

vorgelegt von

Melina Rotenberger
Matr.-Nr.: 5014599

am 30. Juni 2025

Erstprüferin:
Zweitprüferin:

Prof. Bettina Tabel
Amelie Bustorff

Für alle Naturfreunde.

Kurzfassung

Abstract (Deutsch)

Keywords

UX-Design, Nutzerzentriertes Design, Waldumbau, Digitale Forstwirtschaft, Klimawandel, Privatwald

Trockenperioden, Hitzewellen und Insektenbefall sind nur ein paar Beispiele, mit denen unsere Wälder zu kämpfen haben. Wie Privatwaldbesitzende mit diesen Vorfällen umgehen, kann einen entscheidenden Beitrag zum Erhalt des Waldes leisten. Eine nachhaltige Waldbewirtschaftung nimmt unter diesem Aspekt zunehmend in ihrer Notwendigkeit an Bedeutung an. Vor dem Hintergrund stellt sich die Frage, wie private Waldbesitzende effektiv zur Umsetzung von Waldumbaumaßnahmen motiviert werden können, um ihre Waldbestände zukunftsfähig zu machen. Die vorliegende Masterarbeit untersucht, inwieweit ein nutzerzentrierter, digitaler UX-Ansatz geeignet ist, diesen Herausforderungen zu begegnen. Im Fokus steht die Entwicklung und Evaluation eines High-Fidelity-Prototyps, der als digitaler Leitfaden zur Erstanalyse und Empfehlung von Maßnahmen fungiert.

Die Arbeit verfolgt einen interdisziplinären Ansatz, indem sie Methoden des User-Centered Designs mit forstwissenschaftlichen Erkenntnissen verbindet. Im Rahmen der Nutzertests (n=7) wurden sowohl die intuitive Bedienbarkeit als auch die motivierende Wirkung des Prototyps evaluiert. Die Datenbasis setzt sich aus Screen-Capturing, standardisierten Fragebögen (UEQ-Short) sowie qualitativen Interviews zusammen, um ein umfassendes Bild der Nutzererfahrung zu gewinnen.

Trotz technischer Limitierungen des Prototyps belegt die Arbeit das Potenzial digitaler Lösungen, um Wissenslücken zu schließen, Handlungsbereitschaft zu fördern und neue Zielgruppen für klimaresiliente Waldwirtschaft zu erschließen. Sie liefert damit einen praxisnahen Beitrag zur digitalen Transformation im Forstbereich und zeigt, wie UX-Design ökologische Verantwortung aktiv unterstützen kann.

Insgesamt liefert die Arbeit einen vielversprechenden Ansatz für die digitale Unterstützung privater Waldbesitzender und gibt konkrete Empfehlungen für die Weiterentwicklung und Implementierung einer solchen Anwendung in der Praxis.

Abstract (Englisch)

Keywords

UX-Design, Human-Centered-Design, Forest Conversion, Digital Forestry, Climate Change, Private Forest, Drought

Drought periods, heatwaves, and insect infestations are just a few examples of challenges facing our forests. How private forest owners respond to these events can play a crucial role in preserving the forest. Sustainable forest management is becoming increasingly important in this context. Against this background, the question arises of how private forest owners can be effectively motivated to implement forest conversion measures to make their stands resilient for the future. This master's thesis examines the extent to which a user-centered, digital UX approach is suitable to address these challenges. The focus is on the development and evaluation of a high-fidelity prototype that serves as a digital guide for initial analysis and recommendation of measures.

The work adopts an interdisciplinary approach by combining user-centered design methods with forestry science insights. During user testing (n=7), both the intuitive usability and the motivating effect of the prototype were evaluated. The data set comprises screen capturing, standardized questionnaires (UEQ-Short), and qualitative interviews to gain a comprehensive understanding of the user experience.

Despite technical limitations of the prototype, the study demonstrates the potential of digital solutions to close knowledge gaps, encourage readiness for action, and engage new target groups in climate-resilient forest management. It thus makes a practical contribution to the digital transformation in forestry and shows how UX design can actively support ecological responsibility.

Overall, the thesis presents a promising approach for digitally supporting private forest owners and offers concrete recommendations for the further development and implementation of such an application in practice.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	3
Abstract (Deutsch).....	3
Abstract (Englisch)	4
Inhaltsverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis.....	8
ellenverzeichnis	11
Abkürzungsverzeichnis.....	12
Vorwort	16
1 Einleitung	17
1.1 Problemstellung	17
1.2 Relevanz der Arbeit	17
1.3 Ziel der Arbeit	18
1.4 Aufbau der Arbeit.....	18
1.5 Forschungsfrage und Hypothesen.....	18
2 Von Erstaufforstung zu Waldumbau: Hinführung des Forschungsgegenstandes	20
2.1 Erstaufforstung als Ausgangspunkt	20
2.2 Quervergleich Waldumbau	24
2.3 Ergebnisse und Zwischenfazit	25
3 Waldumbau: Theoretischer Hintergrund	26
3.1 Definition und Zielsetzung	26
3.2 Akteure im Waldumbau	27
3.2.1 Die Rolle der Forstbehörden.....	27
3.2.2 Die Rolle der Waldbesitzenden	28
3.3 Herausforderungen.....	29
4 Stand der Forschung.....	31
4.1 Effektivität von Waldumbau	31
4.2 Digitale nutzerzentrierte Ansätze im forstlichen Kontext	31
4.3 Psychologische Aspekte der Nutzerakzeptanz.....	32
5 Potenzialanalyse eines nutzerzentrierten Gestaltungsansatzes im Waldumbauprozess	34
5.1 Definition und Zielsetzung	34
5.2 Methoden zur Analyse	34

5.2.1	Experteninterviews	34
5.2.2	Informationsarchitektur des Prozessablaufs im Waldumbau	36
5.2.3	User Journey des Ist-Zustands	37
5.2.4	Zielgruppenanalyse	38
5.2.5	Konkurrenzanalyse bestehender Produkte.....	45
5.3	Ergebnisse der Potenzialanalyse	46
6	Nutzerzentrierte Anforderungsanalyse zur Förderung der Partizipation im Waldumbau	49
6.1	Definition und Zielsetzung	49
6.2	Methoden zur Analyse	49
6.2.1	Stakeholder Map.....	49
6.2.2	Nutzerbedürfnisanalyse durch Interviews mit Waldbesitzenden	50
6.2.3	Use Cases	52
6.2.4	User Journey des Soll-Zustands.....	55
6.3	Ergebnisse der Anforderungsanalyse.....	58
6.3.1	Gestalterische Anforderungen	58
6.3.2	Technische Anforderungen.....	58
7	Ideation und Kreativprozess.....	60
7.1	Funktionen Priorisierung.....	60
7.2	Eingesetztes Medienspektrum.....	61
7.3	Erste Scribbles und Wireframes	62
8	Konzeption	64
8.1	Wie Waldumbau mit einfachen Mitteln gelingen kann	64
8.2	Informationsarchitektur	67
8.3	Einsatz von Künstlicher Intelligenz	69
8.4	Anwendungsfall: Ein zufälliges Flurstück aus dem Schwarzwald.....	71
8.5	Funktionen	73
8.5.1	Den Ist-Zustand bestimmen: Die Erstanalyse	73
8.5.2	Den Ist-Zustand bestimmen: Die Folgeanalyse.....	77
8.5.3	Die Prognose des Waldbestands bei Nichthandeln.....	80
8.5.4	Die Zielgesellschaft.....	80
8.5.5	Die Handlungsempfehlungen und der Maßnahmenplan	80
8.5.6	Die Antragsstellung einer Förderung	81
8.5.7	Der Bepflanzungsplan	82
9	Prototyp und Nutzertest.....	83
9.1	Wireframes	83
9.1.1	Einführung und Erstanalyse.....	83

9.1.2	Prognose	85
9.1.3	Handlungsempfehlungen und Maßnahmenplan.....	87
9.2	Funktionalitäten und Einschränkungen des Prototyps.....	88
9.3	Nutzertest: Einführung und Erstanalyse	88
9.3.1	Vorgehensweise	88
9.3.2	Ergebnisse	90
9.4	Iterationen	91
10	Resümee	93
10.1	Reflexion	94
10.2	Ausblick	95
10.3	Fazit	96
	Literaturverzeichnis.....	97
	Internetquellen	99
	Bildquellenverzeichnis der Arbeit	103
	Bildquellenverzeichnis des Prototyps	104
	Anhänge.....	106
	Glossar.....	258
	Ehrenwörtliche Erklärung	260

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Aufforstungsflächen nach der Erstaufforstungsprämie in Baden-Württemberg von 2006 bis 2018	21
Abb. 2: Erwerb von Grundstücken für Aufforstungen von Gemeinden	22
Abb. 3: Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Erstaufforstung und Waldumbau	24
Abb. 4: Vergleich eines Mischbestands (links) mit einer Fichtenkultur (rechts).....	26
Abb. 5: Die Hierarchien der Forstbehörden	27
Abb. 6: Waldflächen nach Eigentumsart.....	28
Abb. 7: Eigentumsflächen im Vergleich	29
Abb. 8: Prozessschritt des Bewusstwerdens und seine Auslöser	36
Abb. 9: Prozessschritt der Beratung und Antragsstellung	37
Abb. 10: Prozessschritt der Umsetzung eines Waldumbaus	37
Abb. 11: Provisorische Persona nach Levy (2021).....	39
Abb. 12: Fichtenbestand von Teilnehmer 1	40
Abb. 13: Abgeholzte Fläche von Teilnehmer 4	41
Abb. 14: Randstück von Teilnehmer 4	41
Abb. 15: Validierte Persona	44
Abb. 16: Geoportal Baden-Württemberg	45
Abb. 17: Benutzeroberfläche WaldExpert-App	45
Abb. 18: Stakeholder im Waldumbau	50
Abb. 19: Aussagen über die Grundeinstellung der Waldbesitzer zum Waldumbau (Affinity Diagram).....	51
Abb. 20: Use Case "Bewusstwerden" und seine Komponenten.....	53
Abb. 21: Use Case "Informieren" und seine Komponenten	53
Abb. 22: Use Case "Beraten" und seine Komponenten.....	53
Abb. 23: User Journey Soll-Zustand 1. Phase.....	55
Abb. 24: User Journey Soll-Zustand 2. Phase	56
Abb. 25 User Journey Soll-Zustand 3. Phase	57
Abb. 26: MoSCoW-Priorisierung der Funktionen.....	60
Abb. 27: Technologische Architektur des Medienspektrum.....	62
Abb. 28: Scribble der Einführung.....	63
Abb. 29: Low Fidelity UI der Einführung	63
Abb. 30: Mid Fidelity UI der Einführung	63
Abb. 31: High Fidelity UI der Einführung.....	63
Abb. 32: Entwicklung eines Verjüngungsklumpen: Standorttaugliche Arten etablieren sich	64
Abb. 33: Visualisierung der QD-Strategie, um wertvolle Stämme zu produzieren.	65
Abb. 34: Wertholzproduktion im Vergleich.....	65
Abb. 35: Informationsarchitektur der Anwendung.....	68
Abb. 36: KI-Modell zur Interpretierung der Daten	70
Abb. 37: Ausgewähltes Flurstück.....	71
Abb. 38: Impressionen des Waldstücks	72
Abb. 39: Messung des h/d-Werts.....	72
Abb. 40: Userflow der Erstanalyse.....	74

Abb. 41: Geländeinfo im UDO-Viewer	75
Abb. 42: Userflow der Folgeanalyse	78
Abb. 43: Userflow des Maßnahmenplans	81
Abb. 44: Beispiel eines herkömmlichen Bepflanzungsplans.....	82
Abb. 45: Startseite und Fragestellungen des Prototyps.....	83
Abb. 46: Bestandsauswahl und Standorteingabe des Prototyps	84
Abb. 47: Visualisierungen in den Theorieeinheiten des Prototyps.....	84
Abb. 48: Infrarot Überlagerung und Lichtverhältnisse des Bestands.....	85
Abb. 49: Beginn der Prognose des Prototyps.....	85
Abb. 50: Baumsilhouetten	86
Abb. 51: Zeitstrahl zur Waldprognose im Prototyp	86
Abb. 52: Übergang zu den Handlungsempfehlungen im Prototyp.....	87
Abb. 53: Zeitverlauf der Maßnahmen im Prototyp	87
Abb. 54: Umfrage der Gemeinden zur Erstaufforstung – Teil 1	108
Abb. 55: Umfrage der Gemeinden zur Erstaufforstung – Teil 2.....	109
Abb. 56: Umfrage der Gemeinden zur Erstaufforstung – Teil 3.....	110
Abb. 57: Visualisierung der Stakeholder im Genehmigungsprozess einer Erstaufforstung und ihre Zuständigkeiten.....	111
Abb. 58: Antworten von Waldbesitzer 1	146
Abb. 59: Fotos des Waldstücks von Teilnehmer 1	147
Abb. 60: Antworten von Waldbesitzer 2	148
Abb. 61: Antworten von Waldbesitzer 3	149
Abb. 62: Antworten von Waldbesitzer 4	150
Abb. 63: Fotos des Waldstücks von Teilnehmer 4.....	151
Abb. 64: Kategorienbildung der Interviewdaten nach Mayring mit QCMap (2025) – Teil 1	176
Abb. 65: Kategorienbildung mit Interviewdaten nach Mayring mit QCMap (2025) – Teil 2.....	178
Abb. 66: Kategorienbildung mit Interviewdaten nach Mayring mit QCMap (2025) – Teil 3.....	179
Abb. 67: Kategorienbildung mit Interviewdaten nach Mayring mit QCMap (2025) – Teil 4.....	180
Abb. 68: Kategorienbildung mit Interviewdaten nach Mayring mit QCMap (2025) – Teil 5.....	181
Abb. 69: Kategorienbildung mit Interviewdaten nach Mayring mit QCMap (2025) – Teil 6.....	182
Abb. 70: Kategorienbildung mit Interviewdaten nach Mayring mit QCMap (2025) – Teil 7.....	183
Abb. 71: Kategorienbildung mit Interviewdaten nach Mayring mit QCMap (2025) – Teil 8.....	184
Abb. 72: Kategorienbildung mit Interviewdaten nach Mayring mit QCMap (2025) – Teil 9.....	184
Abb. 73: User Journey Ist-Zustand – Teil 1	186
Abb. 74: User Journey Ist-Zustand – Teil 2	187
Abb. 75: User Journey Ist-Zustand – Teil 3	188
Abb. 76: Question-Zero-Matrix mit W-Fragen.....	189
Abb 77: Scribbles der "Must Have"-Funktionen – Teil 1	190

Abb. 78: Scribbles der "Must Have"-Funktionen – Teil 2	191
Abb. 79: Lo-Fi-Wireframes der Startseite	192
Abb. 80: Lo-Fi Wireframes der Erstanalyse	192
Abb. 81: Lo-Fi Wireframes der Prognosen	193
Abb. 82: Lo-Fi Wireframes des Maßnahmenplans	193
Abb. 83: Lo-Fi Wireframes des Dashboards	193
Abb. 84: Mi-Fi Wireframes des Dashboards	194
Abb. 85: Mi-Fi Wireframes der Einführung	194
Abb. 86: Hi-Fi Wireframes der ersten Version	195
Abb. 87: Hi-Fi Wireframes der ersten Version	196
Abb. 88: Iterierter Prototyp – Einführung	197
Abb. 89: Iterierter Prototyp – Abfragen	198
Abb. 90: Iterierter Prototyp – Theorieeinheit	199
Abb. 91: Iterierter Prototyp – Bestandsauswahl	200
Abb. 92: Iterierter Prototyp – Standortanalyse	201
Abb. 93: Iterierter Prototyp – Schadenanalyse	202
Abb. 94: Iterierter Prototyp – Bestandgeschichte	203
Abb. 95: Iterierter Prototyp – Prognose	204
Abb. 96: Iterierter Prototyp – Einführung Ergebnis	205
Abb. 97: Iterierter Prototyp – Zielgesellschaft	206
Abb. 98: Iterierter Prototyp – Zeitverlauf	207
Abb. 99: Iterierter Prototyp – Dashboard	208
Abb. 100: Iterierter Prototyp – Waldanalyse und Maßnahmen	209
Abb. 101: Gestaltungsrichtlinien von WALDIG	211
Abb. 102: Datenerhebung des Flurstücks 1828	219
Abb. 103: Fotos des Waldstücks	220
Abb. 104: Chat-GPT Prompt zur Erstanalyse	222
Abb. 105: Affinity Diagram der Waldbesitzer – Teil 1	235
Abb. 106: Affinity Diagram der Waldbesitzer – Teil 2	236
Abb. 107: Affinity Diagram der Waldbesitzer – Teil 3	238

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Kategorien der Inhaltsanalyse	35
Tab. 2: Parameter zur Erfassung der Kompetenzen der Waldbesitzer, T= Teilnehmer	42
Tab. 3: Skala der Kompetenzgrade	42
Tab. 4: Überarbeitete Merkmale der provisorischen Persona	43
Tab. 5: Beispiele für waldbauliche Maßnahmen nach Henning (2021)	66
Tab. 6: Informationsquellen zur KI-gestützten Analyse	70
Tab. 7: Erhebung der Standortdaten	75
Tab. 8: Erhebung der Bestandsdaten	77
Tab. 9: Lichtverhältnisse bestimmen mit Pflanzen im Waldbestand nach Henning (2021)	212
Tab. 10: Schichten bestimmen mit beispielhaften Waldinformationen, die zur Interpretation helfen können nach Henning (2021)	212
Tab. 11: Standorte einordnen mit Pflanzen als Indikator nach Henning (2021) ..	212
Tab. 12: Grobe Orientierung, um die Bodeneigenschaften zu bestimmen nach Henning (2021)	213
Tab. 13: Identifizierung der Waldgesellschaften anhand ihrer Seehöhe nach Henning (2021)	214
Tab. 14: Kriterien zur Auswahl der waldbaulichen Maßnahme nach Henning (2021)	215
Tab. 15: Daten für die Wald-Wasserhaushaltsanalyse	221
Tab. 16: Gesamtbewertung des Ist-Zustands des Flurstück 1828	225
Tab. 17: Empfehlung der Baumarten für Flurstück 1828	226
Tab. 18: Ergänzende Mischbaumarten für Flurstück 1828	227
Tab. 19: Handlungsempfehlungen für Flurstück 1828	227
Tab. 20: Ertragsprognose des Flurstücks 1828	228
Tab. 21: Fördermöglichkeiten des Flurstücks 1828	228
Tab. 22: Langfristige Tendenzen nach dem Waldumbau des Flurstücks 1828 ...	228
Tab. 23: Einstellungsebenen für die verschiedenen GIS-Systeme	233
Tab. 24: Argumentationskette für einen ertragreichen Wald, Informationen nach Henning (2021)	239
Tab. 25: Argumentationskette für einen vielfältigen und biodiversen Wald, Informationen nach Henning (2021)	241
. 26: Argumentationskette für alle Waldziele, Informationen nach Henning (2021)	242

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BORIS	Bodenrichtwertinformationssystem Baden-Württemberg
BW	Baden-Württemberg
EU	Europäische Union
FHH	Flora-Fauna-Habitat
FVA	Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg
GIS	Geoinformationssystem
ha	Hektar
HdM	Hochschule der Medien
H/D-Wert	Höhe-Durchmesser-Verhältnis
KI	Künstliche Intelligenz
LGL	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung
LWaldG	Landeswaldgesetz
UI	User Interface (dt.: Benutzeroberfläche)
UDO	Umwelt-Daten und -Karten Online
UX	User Experience (dt.: Nutzererfahrung)
SDT	Self-Determination-Theory (dt.: Selbstbestimmungstheorie)
QCMap	Qualitative Comparative Analysis (dt.: qualitativ vergleichende Analyse)
QD-Strategie	Qualifizieren und Dimensionieren Waldstrategie
WPS	Web Processing Services
Z-Baum	Zukunftsbaum

Hinweis zur Nutzung Künstlicher Intelligenz

Zur Unterstützung bei der sprachlichen Überarbeitung dieser Arbeit (insbesondere bei der Formulierungshilfe und Rechtschreibprüfung) wurde das KI-basierte Textmodell **ChatGPT** (OpenAI, Version Stand: 29. Juni 2025) eingesetzt. Die inhaltliche Ausarbeitung, Argumentation und wissenschaftliche Verantwortung liegen vollständig bei der Verfasserin.

Vorwort

Nachhaltigkeit ist ein Thema, das mich nicht nur im Rahmen meines Studiums, sondern auch privat sehr beschäftigt. Wir werden täglich damit konfrontiert, und es ist mitunter ermüdend, sich immer wieder der aktuellen Lage und den Herausforderungen bewusst zu werden. Besonders wenn es um den Klimawandel geht.

In den vergangenen sechs Monaten habe ich jedoch gelernt, wie vielschichtig das Thema Nachhaltigkeit ist und wie komplex die Zusammenhänge sein können. Gleiches gilt für die Auswirkungen unserer Entscheidungen, die so unbedeutend sie im ersten Moment erscheinen mögen, dennoch langfristig große Konsequenzen haben können.

Diese Arbeit ist aus dem Wunsch heraus entstanden, ein reales Problem zu analysieren und einen Lösungsansatz zu entwickeln, der nachhaltige Veränderungen ermöglichen könnte. Auch wenn mein Lösungsvorschlag dieser Arbeit nur theoretisch behandelt wird, hoffe ich, dass ich Sie als Leserschaft für ein Bewusstsein sensibilisieren kann, um gesellschaftlich bessere Entscheidungen treffen können, die für ein gesundes Morgen stehen.

1 Einleitung

Kahler Boden, brüchige Äste und umgestürzte Bäume. Das ist nicht das Bild, das man sich bei einem Sonntagsspaziergang im Wald erhofft. Oft wirkt der Zustand unserer Wälder mehr trostlos als erholsam. Diese Realität spielt sich auch in den deutschen Wäldern ab. Doch wer trägt die Verantwortung? Einen eindeutigen Schuldigen lässt sich schwer bestimmen. Die Klimakrise sitzt schon lange auf der Anklagebank und richtet immer wieder Schäden an, die sich besonders in der Natur spiegeln. Aktuelle Berichte zufolge ist nur jeder fünfte Baum vollständig gesund, was den Wald zum Dauerpatienten macht. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, hat die Bundesregierung in diesem Jahr 250 Millionen Euro für Waldförderungsprogramme eingeplant, um die Wälder gegen die Klimakrise zu stärken (Stiegler, 2021).

1.1 Problemstellung

Der Wald bietet uns nicht nur Erholung, sondern speichert CO₂, reguliert das Klima und sichert als Rohstoffquelle zahlreiche Arbeitsplätze (Endres, 2006). Um diese Funktionen langfristig zu erhalten, muss das Waldökosystem stabil bleiben. Allerdings setzen ihm äußere Einflüsse wie der Klimawandel massiv zu. Die Zahlen sind alarmierend: Allein 2023 fielen 38,7 Millionen Kubikmeter Schadholz an mit steigender Tendenz (FNR, 2025, S.16).

Ein gezielter Waldumbau hin zu klimaresistenten Mischwäldern könnte Abhilfe schaffen. Doch der Bund kann lediglich eine Empfehlung aussprechen, da die Umsetzung bei den Waldbesitzenden liegt. 48 Prozent der deutschen Wälder sind in Privatbesitz (FNR, 2025, S.7). Ihre aktive Beteiligung ist entscheidend, um massive Baumverluste, Artensterben, erhöhte Brandgefahr und wirtschaftliche Schäden zu verhindern. Dennoch behindern Halbwissen, generationsbedingtes Desinteresse und bürokratische Hürden den notwendigen Waldumbau.

1.2 Relevanz der Arbeit

Die Relevanz der Arbeit ergibt sich aus ihrem Ziel, einen Beitrag zum Erhalt des Waldes zu leisten. Als komplexes Ökosystem übernimmt der Wald zentrale Funktionen im Naturhaushalt. Er ist nicht nur eine nachhaltige Rohstoffquelle, sondern sichert auch Arbeitsplätze in der Forst- und Holzwirtschaft (FNR, 2025, S.34-35). Zudem erfüllt er eine wichtige gesellschaftliche Rolle als Ort der Erholung, Bildung und Naturerfahrung (FNR, 2025, S.36). Im Hinblick auf nachfolgende Generationen wird die Notwendigkeit einer nachhaltigen Waldwirtschaft deutlich. Nur wenn heute verantwortungsvoll und langfristig gedacht wird, kann der Wald auch in Zukunft seine vielfältigen Funktionen erfüllen und nutzbar bleiben (Fürst zu Castell-Castell, F. & Fürst zu Castell-Castell, O., 2022).

Die Dringlichkeit dieses Themas zeigt sich nicht zuletzt an aktuellen Entwicklungen wie dem großflächigen Borkenkäferbefall (Roßberger, 2024). Solche Ereignisse

verdeutlichen, wie anfällig Wälder gegenüber klimabedingten Stressfaktoren sind und wie unerwartet in kürzester Zeit solche Herausforderungen entstehen können. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass es notwendig ist, die Waldbesitzenden zu aktivieren, dass sie die Resilienz ihrer eigenen Wälder stärken und ihre multifunktionale Nutzung dauerhaft sichern. Das kann bei richtiger Umsetzung durch gezielten Waldumbau gelingen (Pretzsch et al, 2022; Henning, 2021).

Die Effektivität von Waldumbaumaßnahmen ist bereits vielfach untersucht worden (Pretzsch et al, 2022). Doch die Frage, wie eine nutzerorientierte Beteiligung gefördert und insbesondere private Waldbesitzende aktiviert werden können, bleibt weitgehend unerforscht. Diese Arbeit erweitert den bestehenden Forschungsrahmen um eine nutzerzentrierte Perspektive im Rahmen eines konkreten Gestaltungsprozesses.

1.3 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, ein nutzerzentriertes Gestaltungskonzept mit digitalem Fokus zu entwickeln, das den Prozess des Waldumbaus so unterstützt, dass bestehende Hürden für Waldbesitzende reduziert werden. Durch die Anwendung von Methoden des User Experience Designs, kurz UX, sollen die Nutzung digitaler Werkzeuge erleichtert und die Bereitschaft zur aktiven Teilnahme am Waldumbau erhöht werden.

1.4 Aufbau der Arbeit

Der methodische Ansatz dieser Arbeit orientiert sich am prozesshaften Charakter des Design Thinking. Der Aufbau ist chronologisch und beinhaltet Iterationen. Diese ermöglichen es, Entscheidungen im Entwicklungsprozess transparent und nachvollziehbar darzustellen. Das Thema Waldumbau ist sehr komplex. Um der Arbeit folgen zu können, sind kleinere Theorieeinheiten eingefügt, um einzelne methodische Schritte fundiert zu untermauern. So ist es möglich, den theoretischen Hintergrund im Kapitel kontextbezogen besser zu verstehen.

1.5 Forschungsfrage und Hypothesen

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Problemstellung in Abschnitt 1.1 widmet sich diese Arbeit der übergeordneten Forschungsfrage:

Welche User-Experience-Ansätze können die Attraktivität von Waldumbaumaßnahmen für private Waldbesitzende erhöhen und deren aktive Beteiligung erleichtern?

Folgende Hypothesen haben sich aus der ersten Recherche ergeben, welche tiefergehend in der Arbeit untersucht werden:

- **H₁:** *Die Umsetzung von waldbaulichen Maßnahmen wirkt attraktiver, wenn die Bewertung und die langfristige Sicherstellung des ökologischen, sozialen und klimatischen Nutzens von Waldumbau unterstützt werden.*
- **H₂:** *Es gibt eine höhere Beteiligung am Waldumbau, wenn Eigentümer von privaten Waldflächen besser über die Vorteile und das Nutzen dieser aufgeklärt werden.*
- **H₃:** *Durch Integration von Datenmanagement, Überwachungsmethoden und Risikomanagement, sowie die Nutzung innovativer Technologien kann Waldumbau für Eigentümer von privaten Waldflächen attraktiver gestaltet werden.*

Die Hypothesen bilden die Grundlage für die nachfolgende empirische Untersuchung. Sie dienen der systematischen Analyse potenzieller Digitalisierungslösungen zur Stärkung der Partizipation am Waldumbau.

2 Von Erstaufforstung zu Waldumbau: Hinführung des Forschungsgegenstandes

Die vorliegende Untersuchung entstand aus dem Anspruch, einen Lösungsansatz für ein reales Problem zu entwickeln. Ursprünglich lag der Fokus dabei nicht auf dem Waldumbau als zentraler Maßnahme. Die erste Recherche konzentrierte sich auf die Aufforstung von Flächen: Wie kann Waldfläche aktiv vermehrt werden? Wie lassen sich Prozesse in Aufforstungsprojekten optimieren, um deren Erfolg zu steigern? Diese Fragen führten vorläufig zur sogenannten Erstaufforstung als potenziellem Forschungsgegenstand. Die Hinführung zum Waldumbau und warum Erstaufforstung sich nicht für eine tiefergehende Untersuchung eignete, werden im folgenden Kapitel erläutert.

2.1 Erstaufforstung als Ausgangspunkt

Sobald eine Fläche eine zu geringe Bewaldung aufweist, werden häufig Aufforstungen veranlasst. Dabei ist zumeist das Anpflanzen von Bäumen gemeint (Infodienst Landwirtschaft, 2019). Aufforstungen lassen sich grundlegend in Erstaufforstung und Wiederaufforstung unterscheiden. Innerhalb einer Erstaufforstung wird eine zuvor landwirtschaftlich genutzte Fläche, beispielsweise Acker- oder Brachland, aktiv mit Wald begründet. Diese Waldfläche wäre ohne die menschliche Einwirkung nicht entstanden (Stiegler, 2021; von Willert, o.J.). Bei einer Wiederaufforstung handelt es sich hingegen um die Wiederherstellung zerstörter Waldflächen, die zuvor im Sinne des Gesetzes bereits Wald waren. Im Volksmund ist bei einer „Aufforstung“ meist die Wiederaufforstung gemeint (von Willert, o.J.).

Aufforstungsprojekte, wie sie aus Werbekampagnen bekannt sind, werden vielfach diskutiert (Greenpeace, 2024; Adrian, 2020; Wohlleben, 2024). Interessenskonflikte zwischen dem Naturschutz und der Forstwirtschaft, Greenwashing-Kampagnen und falsches Pflanzen sind Faktoren, die Aufforstungen in ihrer Effektivität infrage stellen. Man bräuchte mehr Alternativen zur konventionellen Aufforstung (Wahl, 2023, zitiert in Reyer, 2023). Angesichts dieser Situation erscheint die Erstaufforstung aufgrund ihrer aktiven Schaffung von Wald als eine mögliche Alternative.

Interessanterweise gibt es kaum repräsentative Daten zur Partizipation an Erstaufforstungen. Abbildung 1 zeigt die Flächen eines gemeinsamen Antrags von vielen Flurstücken für eine Erstaufforstung. Diese liefert jedoch, trotz einer Prämie, geringe Zahlen in sehr großen Zeitspannen.

Die allgemeinen Zahlen über Aufforstungen geben keine Auskunft darüber, welche davon neu bewaldet sind. Um eine Grundlage für eine Untersuchung der Erstaufforstung zu schaffen, musste erst ein Datensatz neu erfasst werden. Zur Überprüfung erster Hypothesen wurde eine quantitative Befragung durchgeführt. Für die erste Annahme, dass die fehlenden Zahlen auf die geringe Beteiligung zurückzuführen sind, wurden 102 Gemeinden kontaktiert. Aufgrund der unterschiedlichen Gesetzgebungen der Länder ist der Radius auf Baden-Württemberg beschränkt. Die Gemeinde nimmt als Stakeholder einen Einfluss auf die Beteiligungsrate, da sie im Rahmen des Landeswaldgesetzes (LWaldG) landwirtschaftliche Flächen erwerben kann. Sie sind im Falle eines Kaufs direkt mit den

Besitzenden in Kontakt. Eine finanzielle Förderung wird ihnen bereitgestellt, wenn sie diese Flächen anschließend aufforsten (Land Baden-Württemberg, 2019). Die Auswahl der Gemeinden erfolgte zufällig; die Kontaktaufnahme erfolgte über eine E-Mail-Anfrage, um die Auskunft möglichst niederschwellig zu gestalten.

Folgende Fragen sollten mehr Einblick in die Praxis geben:

1. Sind Sie mit dem LWaldG für Baden-Württemberg vertraut?

Das LWaldG des Landes Baden-Württemberg (2019) besagt u.a. in Bezug auf Aufforstungen von Flächen: "Die Gemeinden und das Land sollen Grenzertragsböden und Brachland von veräußerungsbereiten Grundstückseignern erwerben und aufforsten"

2. Erwerben Sie dementsprechend aktiv Grundstücke, um sie aufzuforsten?

3. Wenn ja, haben Sie dazu zugängliche Daten oder Zahlen, die Sie mir mitteilen könnten? (beispielsweise wie viel Fläche insgesamt aufgeforstet wurde, wie oft ein Grundstück erworben wurde o.Ä.)

Um eine möglichst hohe Antwortrate zu erzielen, wurden die Fragen so formuliert, dass die relevantesten mit „Ja“ oder „Nein“ zu beantworten sind.

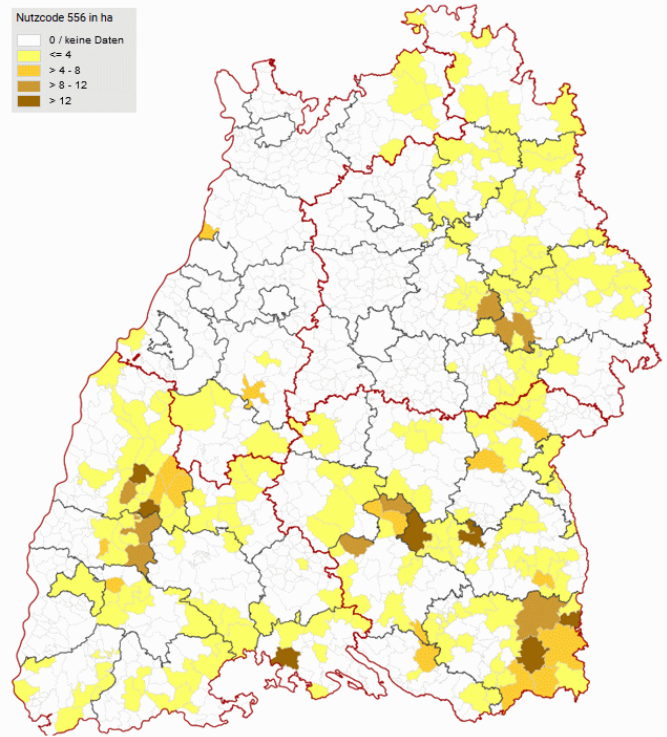


Abb. 1: Aufforstungsflächen nach der Erstaufforstungsprämie in Baden-Württemberg von 2006 bis 2018

Quelle: Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (2019)

Von den 102 kontaktierten Gemeinden haben 24 geantwortet. Insgesamt sind elf von ihnen mit dem LWaldG mindestens im Grundsatz vertraut. 35 Prozent dieser Gemeinden bejahen die Frage der aktiven Erwerbung von Grundstücken (siehe Abb. 2). Überwiegend werden diese Grundstücke für Aufforstungen freigegeben. Andere Erwerbsgründe sind die Abrundung von Jagdbezirken, Ausgleichs für andere Maßnahmen oder die Gartenschau. Innerhalb von 25 Jahren erwarben die Gemeinden, die ihre Zahlen offenlegten, insgesamt 16,08 Hektar (ha) Land. Das macht im Gesamtdurchschnitt 3,25 ha in 9,2 Jahren. Das entspricht einer Größe von etwa 4,5 Fußballfeldern oder einer kleinen Wohnsiedlung, die in den letzten zehn Jahren neu aufgeforstet wurde. Die komplette Statistik kann in Anhang 1 in Abb. 3 bis Abb. 5 eingesehen werden.

Erwerben Sie dementsprechend aktiv Grundstücke um sie aufzuforsten?

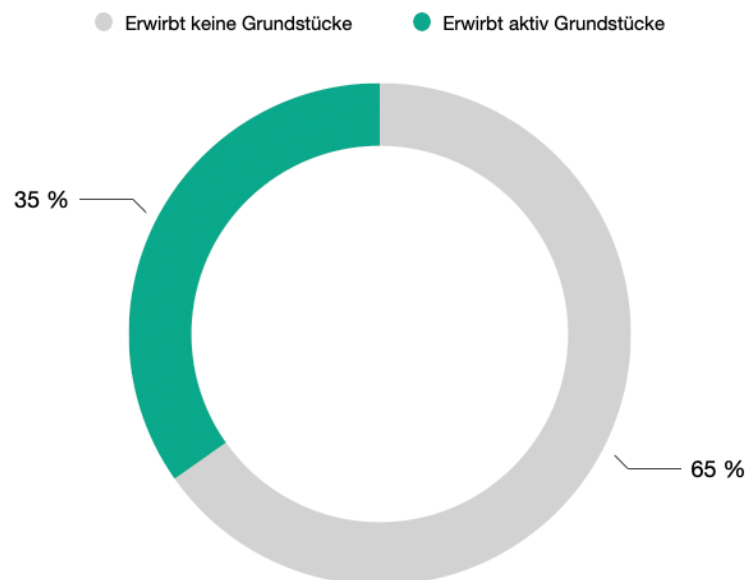


Abb. 2: Erwerb von Grundstücken für Aufforstungen von Gemeinden
Eigene Darstellung und eigener Datenerhebung, (n=24)

Das Ergebnis liefert einen ersten quantifizierbaren Hinweis auf den Umfang kommunaler Flächenerwerbe für Aufforstungen. Der geringe Rücklauf und die freiwillige Teilnahme schränken die Aussagekraft ein. Dennoch zeigt sich, dass etwa ein Drittel der antwortenden Gemeinden aktiv Grundstücke erwirbt. Das ist nicht unbedeutend, da sie ökologische Ziele verfolgen.

Ein Experteninterview mit der Leitung der Agrarstruktur des Landwirtschaftsamtes ermöglichte es, Antworten zu erhalten, die vergeblich in der Fachliteratur zu finden waren. Der Experte schilderte über Praxiserfahrungen, Prozessabläufe und in welchen Hürden sie münden. Für eine Genehmigung einer Erstaufforstung ist der Konsens von Landwirtschaftsamt, Naturschutz und Forstamt erforderlich (vgl. Anhang 3.1.). Die verschiedenen Interessenskonflikte der Parteien erschweren den Bearbeitungsprozess, laut des

Experten. Die Zuständigkeiten und die Beziehung der Stakeholder sind in Anhang 2 Abb. 6 schematisch dargestellt.

Neben administrativen Hürden besteht eine grundlegende Zurückhaltung, landwirtschaftlich genutzte Flächen für Aufforstungsprojekte freizugeben. Grund dafür ist, dass Flächen mit ertragreichen Böden der landwirtschaftlichen Nutzung, wie dem Gemüseanbau, vorbehalten bleiben sollen. Laut dem Geschäftsvorstand des Landesbauernverbands in Baden-Württemberg sind alle Flächen, die ein Landwirt aufgegeben hat, ausnahmslos an andere Landwirte verkauft worden (vgl. Anhang 3.2). Flächen, die sich wiederum für eine Bewaldung eignen würden, werden oft verwahrlost.

Obwohl eine staatliche Förderung für Erstaufforstung grundsätzlich beantragt werden kann, ist das Vorhaben für Privatpersonen in der Regel mit finanziellen Aufwänden verbunden. Der wirtschaftliche Nutzen fällt meist gering aus, da sich die Flurstücke nicht als Ertragsflächen eignen. Folglich muss die Motivation für eine Erstaufforstung überwiegend ideeller Natur sein.

Ein letztes Hindernis ist die hohe Flächenkonkurrenz in Ballungsräumen. Egal ob Wohnbau, Naturschutz oder erneuerbare Energien, viele Akteure haben ein Interesse daran, diese zu erwerben. Dass Fläche an Aufforstungen verloren geht, wollen die Parteien in der Regel verhindern und blockieren entsprechend häufig die Genehmigungen. Dies sei laut dem Experten einer der Hauptgründe für die Ablehnung und die geringe Antragsrate von Erstaufforstungen (vgl. Anhang 3.2). Er betonte wiederum als Vergleichsmaßnahme den Waldumbau. Dieser habe eine hohe Relevanz für die Behörden, verbunden mit vielen Anfragen von Waldbesitzenden, die ihre Waldstücke klimagerecht umgestalten möchten.

Die Forschungsfrage, inwieweit ein digitaler Lösungsansatz zur Förderung von Erstaufforstungen beitragen kann, verliert zunehmend an Relevanz. Die bisherigen Erkenntnisse deuten auf eine konzeptionelle Sackgasse hin: Es besteht kein erkennbarer Bedarf an zusätzlicher Beteiligung, und die in der Theorie vorgesehenen Flächen stehen in der Praxis nicht zur Verfügung. Die Ergebnisse der Interviews verdeutlichen vorrangig bestehende Hürden, anstatt realisierbare Potenziale aufzuzeigen, um die Waldfläche in einem ethisch vertretbaren Rahmen zu erweitern. Vor diesem Hintergrund verliert auch die Frage nach der digitalen Prozessoptimierung bei Erstaufforstungen an Bedeutung.

Der Hinweis darauf, dass der Waldumbau eine relevante Vergleichsmaßnahme darstellt, wurde anschließend näher untersucht.

2.2 Quervergleich Waldumbau

Waldumbau und Erstaufforstung weisen bei näherer Betrachtung in vielen Bereichen Überschneidungen auf. Eine wesentliche Gemeinsamkeit liegt in den beteiligten Akteuren, insbesondere dem Forstamt und der Naturschutzbehörde (siehe Abb. 3). Das Forstamt ist in beiden Prozessen involviert, wenngleich bei Erstaufforstungen in einer eher untergeordneten Rolle. Im Rahmen von Beratungen wird bei beiden Maßnahmen regelmäßig eine forstliche Fachperson hinzugezogen. Eine Aufforstung im Sinne einer Bepflanzung von Bäumen spielt im Waldumbau ebenfalls eine zentrale Rolle. Sie dient als eine von vielen untergeordneten Maßnahmen.

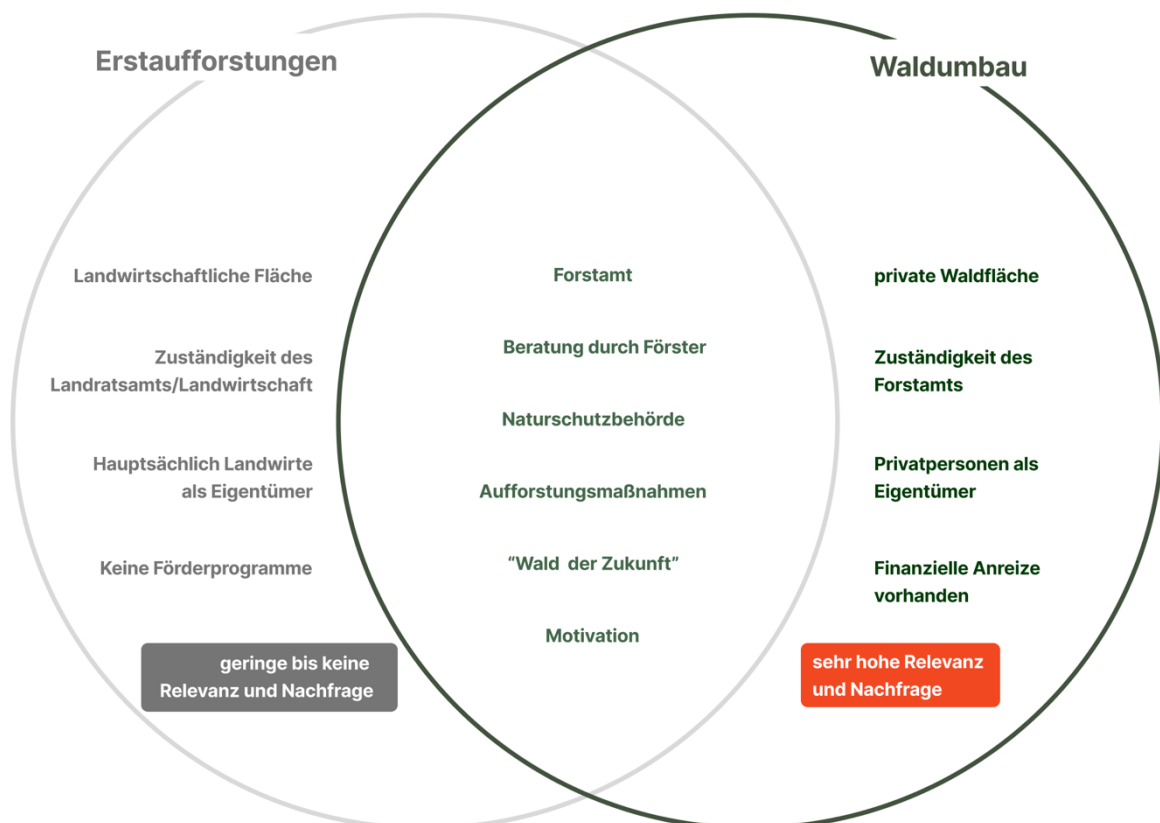


Abb. 3: Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Erstaufforstung und Waldumbau
Eigene Darstellung auf Grundlage von Literaturrecherche und Experteninterviews

Erstaufforstung und Waldumbau unterscheiden sich hinsichtlich der Eigentumsverhältnisse. Bei Erstaufforstungen handelt es sich in der Regel um landwirtschaftlich genutzte Flächen, darunter Acker-, Dauerkultur- und Dauergrünlandflächen, im Besitz von landwirtschaftlichen Betrieben. Der Waldumbau hingegen betrifft bereits bestehende Waldflächen. Diese können zwar forstwirtschaftlich genutzt werden, stellen jedoch meist keine zentrale Einkommensquelle für die Waldbesitzenden dar.

Besonders hervorzuheben sind die finanziellen Anreize im Rahmen des Waldumbaus. Im Vergleich zur Erstaufforstung ist das Förderangebot deutlich breiter aufgestellt, und die Informationen dazu sind über verschiedene Medienkanäle zugänglich.

Die wichtigste Erkenntnis liegt jedoch in der Relevanz: Die Nachfrage sowie der Bedarf an Waldumbau sind im gegenüberstellenden Vergleich hoch.

2.3 Ergebnisse und Zwischenfazit

Aufforstung sowie alternative Maßnahmen wie die Erstaufforstung stellen eine sinnvolle Nutzungsmöglichkeit für weniger ertragreiche Flächen dar. Sie können potenziell ökologische Lebensräume in Regionen schaffen, die aufgrund ungünstiger Standortbedingungen für die landwirtschaftliche Nutzung ungeeignet sind. Eine gezielte Flächenbewirtschaftung kann dazu beitragen, wirtschaftliche und ökologische Interessen miteinander zu vereinen.

Eine Neubewaldung leistet zudem einen Beitrag zur CO₂-Bindung und stellt ein wirksames Instrument zur Kohlenstoffspeicherung dar. Dies ist im Hinblick auf die Erreichung der europäischen Energie- und Klimaziele positiv zu bewerten.

Die weitere Umsetzung wird jedoch durch mehrere Einschränkungen erschwert. Dazu zählen insbesondere die geringen Erfahrungswerte mit Erstaufforstungen, was auf eine rückläufige Nachfrage zurückzuführen ist. Zudem mangelt es an Anreizen, die über den reinen Naturschutzgedanken hinausgehen. Die betroffenen Flächen sind aufgrund ihrer Standortnachteile in der Regel wirtschaftlich nicht rentabel.

Ein zentrales Hindernis stellt der fehlende finanzielle Anreiz dar: Fördermittel sind kaum vorhanden, und die Hauptkosten müssen in der Regel privat getragen werden. Hinzu kommt die hohe Flächenkonkurrenz zwischen Landwirtschaft, Naturschutz, erneuerbaren Energien sowie dem Straßen- und Wohnungsbau. Vor diesem Hintergrund erscheint die Relevanz der Erstaufforstung als gering.

Waldumbau als Vergleichsmaßnahme gleicht diese Defizite wieder aus. Das Problem einer zu geringen, aber gewünschten Beteiligung konnte im Rahmen des Experteninterviews validiert werden (vgl. Anhang 3.2). In der Forschungsfrage (vgl. Abschnitt 1.5) kann Waldumbau die Erstaufforstung als Maßnahme direkt ersetzen. Im Kern ändert sich lediglich die Zielgruppe und der Privatbesitz verlagert sich von der Ackerfläche direkt in den Wald.

Die Analyse konzentriert sich im weiteren Verlauf der Arbeit konsequent auf den Waldumbau als zentralen Untersuchungsgegenstand.

3 Waldumbau: Theoretischer Hintergrund

3.1 Definition und Zielsetzung

Ein Waldumbau bezeichnet eine gezielte Umgestaltung einer Waldfläche. Ziel ist es, instabile oder anfällige Wälder in klimaangepasste Mischwälder zu überführen. Diese sollen widerstandsfähiger gegenüber dem Klimawandel, Schädlingen und extremen Wetterereignissen werden. Im informellen Sprachgebrauch sind damit häufig Monokulturen aus Fichten oder Kiefern gemeint, da diese als besonders instabil gelten.

Ein wesentlicher Grund für instabile Waldbestände sind die Folgen des Klimawandels. Schadereignisse wie Trockenperioden, Hitzewellen oder Stürme schwächen die Wälder zunehmend. Diese geschwächten Bestände sind besonders anfällig für Schädlinge wie den Borkenkäfer oder Pilzkrankheiten (siehe Abb. 4.). Darunter leidet nicht nur die Erholungsfunktion der Wälder, sondern auch die langfristige Holznutzung, die gesichert bleiben soll (Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Bayern, o.J.).

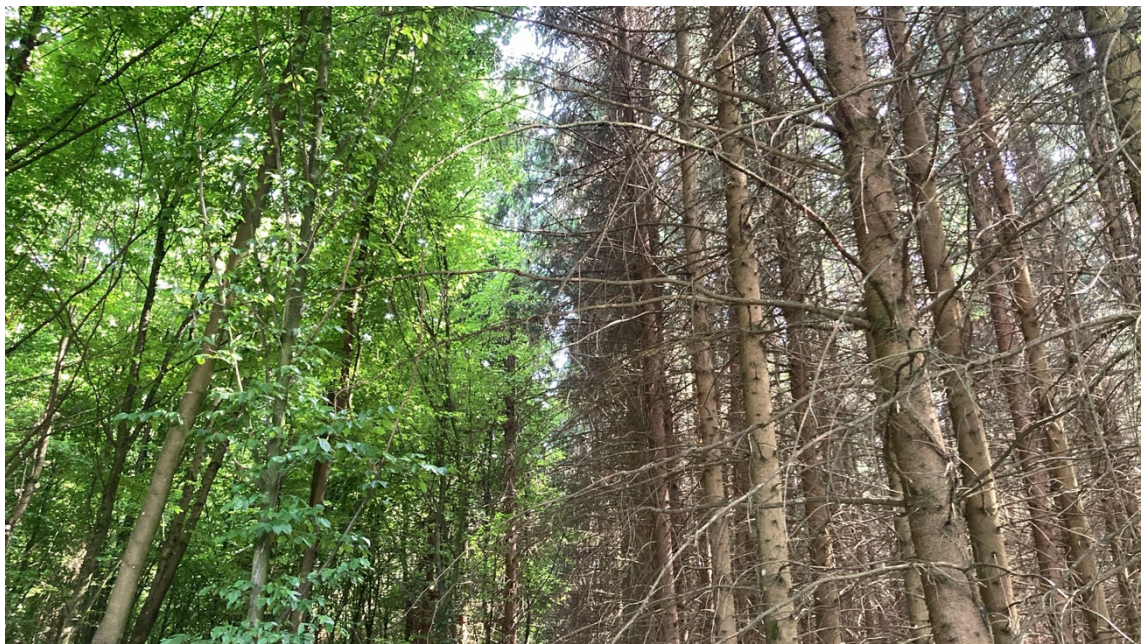


Abb. 4: Vergleich eines Mischbestands (links) mit einer Fichtenkultur (rechts)

Quelle: Aufnahme von Prof. Tabel, mit Genehmigung (2025)

Ob und wie ein Wald umgebaut werden sollte, wird durch eine Analyse des Bestandes bestimmt. Der Ablauf lässt sich wie folgt gliedern:

1. **Analyse des aktuellen Bestandes:** Welche Bäume sind derzeit vorhanden? Wie ist ihr Zustand?
2. **Auswahl geeigneter Baumarten:** Standortgerechte, klimaresistente Bäume werden gezielt ausgesucht und eingebracht.
3. **Förderung der natürlichen Verjüngung:** Bestehende Jungbäume können oft erhalten bleiben und entsprechend unterstützt werden.

4. **Aufforstung und Pflegemaßnahmen:** Die gewählten Baumarten werden gezielt gepflanzt und gepflegt.
5. **Langfristige Überwachung:** Der Waldumbau ist ein langfristiger Prozess, der sich über Jahrzehnte erstreckt und kontinuierlich begleitet werden sollte.

Die individuellen Standortbedingungen beeinflussen die Wahl der Maßnahmen. In der Praxis werden häufig forstliche Experten zur Beurteilung hinzugezogen. Aufgrund des hohen Interesses von Seiten der Behörden kann ein Waldumbau unter bestimmten Voraussetzungen finanziell gefördert werden (Fritz, 2006).

3.2 Akteure im Waldumbau

Der Erfolg eines Waldumbaus hängt maßgeblich von den Akteuren ab, die in Planung, Umsetzung und Betreuung eingebunden sind. Besonders die Forstbehörden und die Waldbesitzenden nehmen eine Schlüsselrolle ein, da sie nicht nur über das notwendige Fachwissen verfügen, sondern auch direkte Entscheidungen hinsichtlich der Maßnahmen treffen oder begleiten. Dieses Kapitel beleuchtet die Funktionen, Zuständigkeiten und den Einfluss, den sie auf die langfristige Wirksamkeit von Waldumbaumaßnahmen ausüben.

3.2.1 Die Rolle der Forstbehörden

Die forstliche Verwaltung in Deutschland ist in drei Hierarchieebenen unterteilt, welche sich in ihren Zuständigkeiten unterscheiden.

Die **oberste Forstbehörde** ist in der Regel das zuständige Landesministerium. Sie übernimmt vorrangig gesetzgebende und strategische Aufgaben. Dazu zählen Formulierungen allgemeiner Ziele für den Waldumbau, sowie die Erarbeitung von landesweiten Leitlinien in Abstimmung mit anderen Ministerien.

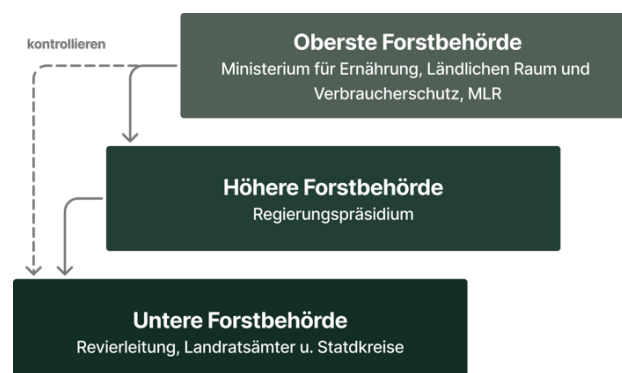


Abb. 5: Die Hierarchien der Forstbehörden
Eigene Darstellung auf Grundlage der Literaturrecherche

Die **höhere Forstbehörde** ist stark in Verwaltungsprozesse und Förderungsanträgen involviert. Zu den zentralen Aufgaben zählen die Klärung von Rechtsfragen, die Verwaltung und Verteilung von Finanzmitteln sowie eine Kontrollfunktion gegenüber der unteren Forstbehörde (siehe Abb. 5).

Die **untere Forstbehörde** hat die wichtigste Rolle im praktischen Teil eines Waldumbaus. Durch ihre lokale Verortung ist sie am ehesten über die regionalen Gegebenheiten informiert. Ihre Aufgaben umfassen die Beratung der Waldbesitzenden, die Erstellung von Waldplänen und Empfehlungen für die Baumartenwahl. Zusätzlich informiert sie über die Förderprogramme und leistet allgemeine Aufklärungsarbeit.

Alle drei Akteure sind übergreifend an Projekten beteiligt, die der Aufklärungsarbeit dienen, sowohl auf lokaler Ebene als auch in überregionalen Medien (Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, o. J.) (vgl. Anhang 3.3 bis 3.5).

3.2.2 Die Rolle der Waldbesitzenden

In Deutschland sind 48 Prozent der Waldflächen privates Eigentum, wie in Abb. 6 zu entnehmen ist (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., 2025). Das bedeutet das über 5.500.000 Hektar Waldfläche in der Hand von rund 760.000 Besitzenden liegt (Statistisches Bundesamt, 2022).

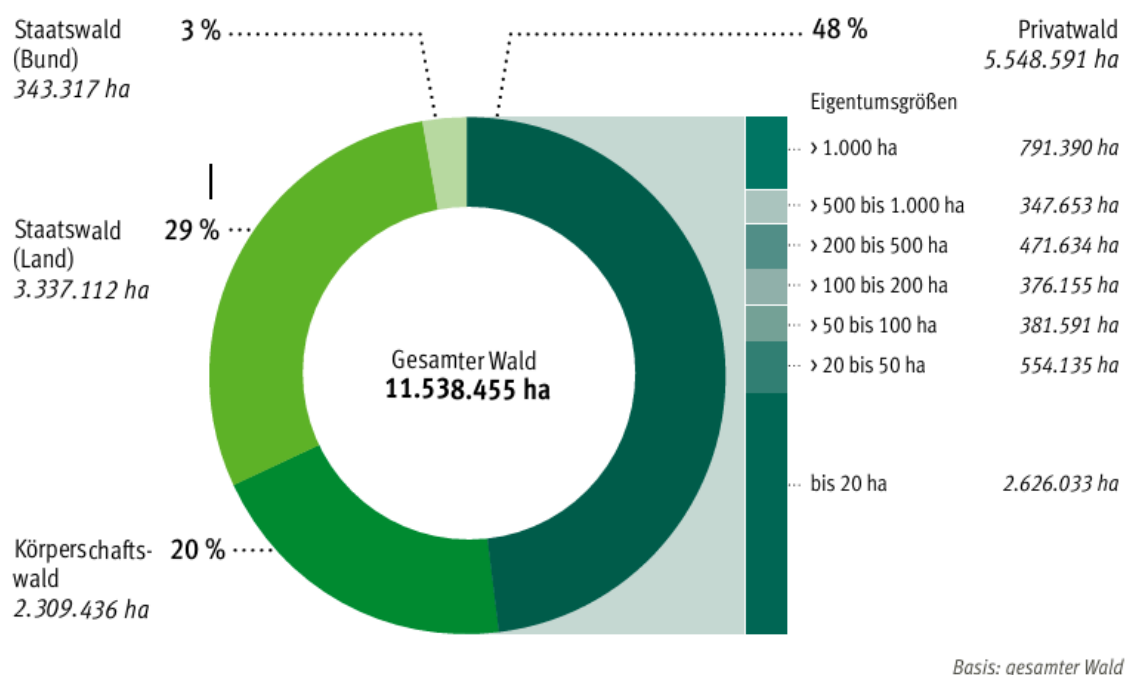


Abb. 6: Waldflächen nach Eigentumsart

Quelle: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2025)

Die Waldbesitzenden nehmen eine zentrale Rolle ein, denn ihre Entscheidungen wirken sich direkt auf die Gesundheit der Wälder aus. Wie sie mit kranken oder geschwächten Flächen umgehen, liegt ganz in ihrer Verantwortung. Viele dieser Flächen sind oft instabile Waldbestände mit geringen Mischanteilen. Im Jahr 2022 betrug der Anteil an Mischwald 79 Prozent, während 21 Prozent als Reinbestände aus Nadel- oder Laubbäumen ausgewiesen wurden (Statistisches Bundesamt, 2022). Diese Zahlen wirken erstmalig viel. Es ist jedoch anzunehmen, dass der hohe Mischwaldanteil auf Wald im Besitz des Staates zurückzuführen ist. Die Forstbehörden bemühen sich seit Jahren intensiv

darum, Reinbestände in artenreichere Mischbestände umzuwandeln, wie ein Förster im Gespräch bestätigt (vgl. Anhang 3.5).

Da sich die Flächen in Privatbesitz befinden, ist ein Waldumbau nicht verpflichtend und nur als Empfehlung ausgesprochen. Waldbesitzende müssen eigeninitiativ Beratung suchen. Eine Umsetzung ist oft mit Eigenkosten verbunden, da nicht alle Flächen förderfähig sind. Die Behörden sind dennoch bemüht, Waldbesitzende zu erreichen und für eine Stabilisierung ihrer Waldbestände zu aktivieren (vgl. Anhang 3.3 und 3.4).

3.3 Herausforderungen

Den Erfolg eines Waldumbaus sicherzustellen, ist ein komplexer Prozess und erfordert eine genaue Analyse des Standorts.

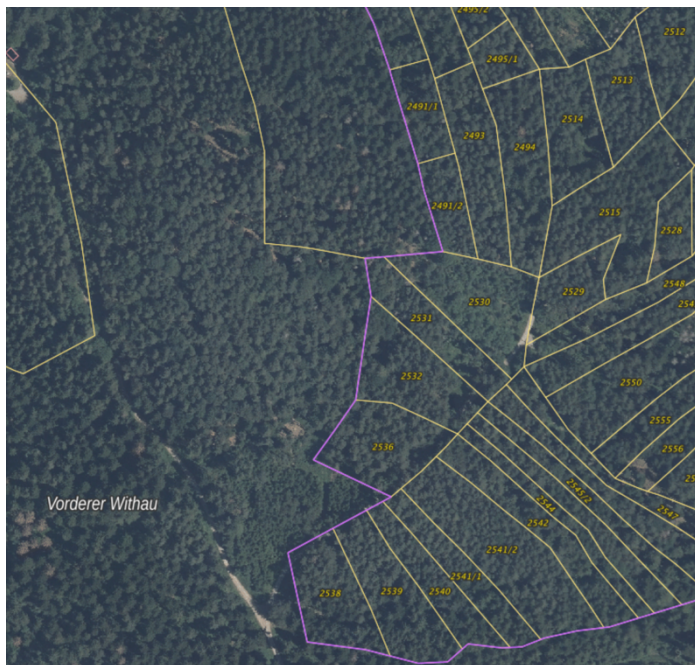


Abb. 7: Eigentumsflächen im Vergleich
Links: Körperschaftswald. Rechts: Private Flächen
Quelle: LGL Baden-Württemberg (2025)

Es gibt viele Faktoren, die individuell zu betrachten sind. Je jünger der Bestand und größer der Fichtenanteil ist, desto herausfordernder ist die Umsetzung des Waldumbaus. Es kann Jahrzehnte in Anspruch nehmen, bis die Maßnahmen den gewünschten Effekt erzielen. Die langfristigen Erfolge sind ausschlaggebend. Das kann im Umkehrschluss bedeuten, dass die Waldbesitzenden den Erfolg zu ihren Lebzeiten nicht mehr beobachten oder von ihm profitieren können.

Ein strukturelles Problem der Forstwirtschaft ist die starke Zersplitterung der privaten

Waldflächen. Während früher landwirtschaftliche Flurstücke zunehmend von größeren Betrieben übernommen wurden, blieben die Waldflächen als immer kleiner werdende Grundstücke, sogenannte Parzellen, bestehen (siehe Abb. 7). Ein Grund für die hohe Anzahl von Besitzenden mit unter zehn Hektar liegt unter anderem in den Erbteilungen.

Je kleiner der eigene Wald wurde, desto weniger Bedeutung hatte er als Einkommensquelle. Diese verlagerte sich im Laufe der Zeit in andere Bereiche. Hinzu kam die berufliche Umorientierung von Familienmitgliedern, wodurch der Wald seine Funktion als Einkommenssicherung verlor. Sobald dieses Szenario eintritt, sind viele nicht mehr bereit, die Kontinuität der Pflege und Bewirtschaftung aufrechtzuerhalten. Dies ist schließlich mit einem hohen Kosten- und Arbeitsaufwand verbunden. Eine Verwahrlosung des

Waldstückes ist oft die Konsequenz. Das mag einem gesunden Bestand nichts ausmachen, ist aber bei anfälligen Beständen angesichts der aktuellen Lage kritisch zu betrachten. „Sollen private Waldbesitzer zu einer naturnahen Bewirtschaftung motiviert werden, dann sind Instrumente zu entwickeln, die an die individuelle Situation der Eigentümer anknüpfen“ (Fritz, 2006, S. 2019).

Vor diesem Hintergrund zeichnen sich folgende gestalterische Herausforderungen ab:

- Wie kann die Beteiligung von Privatwaldbesitzenden im Waldumbau gefördert werden, um die Funktionen des Waldes für die nächsten Generationen zu bewahren?
- Wie kann man Privatwaldbesitzende für den Waldumbau und seinen Nutzen überzeugen?
- Wie können die komplexen Vorgänge gestalterisch vereinfacht, aber fachlich korrekt übersetzt werden?
- Welche Technologien wären realistisch und denkbar?

Die Klärung dieser Fragen erforderte eine fundierte Auseinandersetzung mit dem bestehenden Forschungsstand.

4 Stand der Forschung

Der aktuelle Forschungsstand, der für die Problemstellung dieser Arbeit relevant ist, bezieht sich auf folgende Schwerpunkte.

4.1 Effektivität von Waldumbau

Die Effektivität von Waldumbau wurde in verschiedenen Studien als Szenario simuliert und untersucht. Da die Prognose einer Waldentwicklung komplex und langwierig ist, gibt es sowohl positive als auch kritische Ergebnisse bei einer ökonomischen Analyse. Die Wirtschaftlichkeit hat allerdings in der Überzeugungsarbeit eine hohe Gewichtung.

Das Szenario „Vom Fichten-Reinbestand zum Fichten- bzw. zum Buchennaturverjüngungsbetrieb“ in Solingen wurde beispielsweise als finanziell nachteilig bewertet. Die sogenannten Zukunftsbäume (Z-Bäume), die in einem Bestand verbleiben, in der Hoffnung wertvolle Stämme zu produzieren, wiesen eine verlängerte Produktionszeit auf. Somit traten die positiven Holzerlöse erst spät ein (Fritz, 2006, S.224-227).

Das Szenario „Vom Fichten-Reinbestand zum Bergmischwald“ wiederum lieferte andere Ergebnisse. Die Untersuchungen zeigen, dass der umgebaute Bestand in Zukunft wahrscheinlich genug Reinertrag erwirtschaftet, um den gleichen Kapitalhaltungswert zu erreichen. Schlussfolgernd ist dieses Szenario als ökonomisch erfolgreich bewertet (Fritz, 2006, S.230-232).

Waldumbau ist ein langwieriger Prozess, deshalb sind Echtzeitstudien und Kostenberechnungen auf so lange Zeit schwierig. Die Rentabilität ist aber essenziell, um Waldbesitzer und Waldbesitzerinnen potenziell zu aktivieren.

4.2 Digitale nutzerzentrierte Ansätze im forstlichen Kontext

Die fortschreitende Digitalisierung eröffnet vielfältige neue Ansätze für eine nutzerzentrierte Forstwirtschaft. Hierbei stehen insbesondere digitale Systeme im Fokus, die forstliche Entscheidungsträger durch umfassende, präzise und adaptive Datenbereitstellung aktiv unterstützen.

Die Forschenden Ehrlich-Sommer et al. (2024) untersuchten in ihrer Studie, wie digitale Transformation durch den Einsatz von KI, Sensorik und Robotik effizient umgesetzt werden kann. Für die Forschung wurde eine Sensorplatte in einen autonomen Roboter implementiert und Daten im Wald erfasst. Dabei werden standardisierte Datensätze erzeugt, die in der Forstwirtschaft in KI-Modellen Anwendung finden. Besonders interessant ist der „Human-in-the-loop“-Ansatz, bei dem Forstexperten aktiv im Prozess eingebunden sind. Sie steuern die Systeme und überprüfen die Ergebnisse. Dabei waren die Forstexperten bei der Platzierung der Sensoren und Überprüfung der Daten involviert. Das ist bedeutend, weil die Bedingungen im Wald variabel sind und man deshalb flexible und adaptive Systeme braucht. Genau diese Systeme können am besten von

menschlicher Expertise profitieren. Eine bedeutsame Erkenntnis der Studie ist, dass die menschliche Fachkompetenz entscheidend bleibt, um die Systeme optimal einzurichten und die Daten sinnvoll zu nutzen. Ehrlich-Sommer et al. (2024) betonen, dass sensor-gestützte Datenerhebungssysteme eine wichtige Grundlage für eine smarte und nutzer-zentrierte Forstwirtschaft bilden. Dieses Zusammenspiel von Automatisierung und menschlicher Expertise bildet das Fundament für adaptive und robuste Entscheidungssysteme, die komplexe forstliche Bedingungen berücksichtigen können (Ehrlich-Sommer et al, 2024).

Die Forschungsgruppe Döllner et al. (2023) erweitert diesen Ansatz, indem sie mit dem Konzept Forest Digital Twins (FDT) eine umfassende, digitalisierte Repräsentation von Waldökosystemen vorschlägt. Das Ziel der Untersuchung war es, eine datengestützte, langfristige Waldbewirtschaftung und Überwachung mithilfe digitaler Zwillinge zu ermöglichen. Dabei wurden methodische Analysen durchgeführt und verfügbare Datenquellen systematisch erfasst und visualisiert. Diese Daten werden in einer gemeinsamen digitalen Plattform zusammengeführt und erlauben eine Visualisierung der Prognosen und Prozesse in 2D und 3D. Die Untersuchung ergab, dass digitale Zwillinge von Wäldern technisch machbar sind. Sie können Ökosystemleistungen besser quantifizieren und Risiken besser prognostizieren. Es können Systeme geschaffen werden, die Entscheidungen unterstützen und auf Basis komplexer Datenlagen konkrete Empfehlungen generieren. Eine Herausforderung wäre die Integration verschiedener Datenquellen und der Aufbau robuster KI-Modelle speziell für Wälder.

Insgesamt zeigt der Stand dieser Forschung, dass digitale nutzerzentrierte Ansätze im forstlichen Kontext zunehmend hybride Systeme darstellen. Automatisierung und KI erweitern die Erhebungs- und Analysekapazitäten. Menschliche Expertise hingegen bleibt weiterhin essenziell für die Systemkalibrierung, Ergebnisinterpretation und operative Umsetzung.

4.3 Psychologische Aspekte der Nutzerakzeptanz

Einblicke in die Verhaltensweisen von Privatwaldbesitzern hinsichtlich ihrer Einstellung und Motivation zur Bewirtschaftung ihres Waldes liefert Bieling (2003). Die Verhaltensstudie zeigt, wie sich die Akzeptanz und Umsetzung naturnaher Bewirtschaftungsformen bei privaten Eigentümern äußert.

Unter 900 privaten Waldeigentümern aus dem Südschwarzwald wurden drei Gruppen kategorisiert, die sich in ihrer Motivation unterscheiden.

1. Gruppe: „Uninteressierte Waldbesitzer“

Ihnen ist die Wirtschaftlichkeit nicht wichtig; einzig dem Erleben der Natur, dem Familienerbe, dem Grundbesitz und dem Naturschutz wird eine Wertigkeit beigemessen. Im Vergleich zu den anderen beiden Gruppen fallen diese Aspekte dennoch geringer aus. Charakteristisch ist, dass sie weiter entfernt von ihrem Wald in größeren Orten leben. Sie besitzen überwiegend kleine Waldflächen von bis zu fünf Hektar und orientieren sich

kaum an eigenen Erfahrungen in der Bewirtschaftung. Es ist ihnen unwichtig, ihre eigenen Wälder zu pflegen und zu gestalten. Überproportional häufig vertreten sie die Meinung, die Wirtschaftlichkeit ihrer Flächen nicht beeinflussen zu können. Sie sind wenig gewinnorientiert, und die Lage der Holzmärkte interessiert sie oftmals nicht. Falls eine Bewirtschaftung stattfindet, erfolgt diese meist nicht naturnah. Der Waldbesitz trägt wenig zu ihrem sozialen Status bei, und viele sind auch nicht stolz darauf. Ihr Wissensstand ist eher als gering einzuschätzen.

2. Gruppe: „Wirtschaftlich interessierte Waldbesitzer“

Sie sind an allen genannten Aspekten interessiert. Der Holzverkauf hat für sie häufig eine hohe Priorität. Charakteristisch ist, dass sie in der Nähe ihres Waldes wohnen. Beruflich gehören sie häufig dem primären Sektor, wie der Landwirtschaft, an. Sie besitzen meist auch größere Flächen von über 10 Hektar. Der Wald als Einkommensquelle ist für sie von allen Gruppen am bedeutendsten. Dementsprechend nehmen sie auch die sozialen Aspekte, wie Anerkennung und Stolz, bewusster wahr.

3. Gruppe: „Ideell interessierte Waldbesitzer“:

Selbstversorgung mit Holz, Familienerbe, Grundbesitz, Freizeit im Wald und Waldarbeit sind für sie gleichbedeutend. Der Wald als Geldanlage, der Holzverkauf sowie die finanzielle Absicherung hingegen verlieren an Bedeutung. Demnach steht für sie das persönliche Erleben im Wald im Vordergrund, im Gegensatz zu ökonomischen Interessen. Ihren eigenen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit ihres Waldes, den sie durchschnittlich häufig nach den Prinzipien der naturnahen Bewirtschaftung pflegen, schätzen sie als gering ein.

Zu den Kategorisierungen dieser Studie wird im weiteren Verlauf für die Zielgruppenanalyse in Abschnitt 5.3.5 Bezug genommen.

5 Potenzialanalyse eines nutzerzentrierten Gestaltungsansatzes im Waldumbauprozess

5.1 Definition und Zielsetzung

Um das Potenzial eines nutzerzentrierten Gestaltungsansatzes im Kontext des Waldumbaus zu bewerten, wurden verschiedene Analysemethoden herangezogen. Die Vorgehensweise orientiert sich an der ersten Phase des Design-Thinking-Prozesses: dem **Verstehen und Definieren des Problems**. Dabei stehen folgende Fragen im Mittelpunkt: Was ist das zentrale Problem und welche Rahmenbedingungen liegen vor?

Das Ergebnis dieser Phase sind Hypothesen, die das Problem aus der Perspektive der Zielgruppe beschreiben.

5.2 Methoden zur Analyse

Im Folgenden werden die Methoden erläutert, deren Ergebnisse für den weiteren Projektverlauf von besonderer Bedeutung sind.

5.2.1 Experteninterviews

Für den ersten Forschungsgegenstand, die Erstaufforstung, wurden zuvor zwei Experteninterviews durchgeführt (siehe Abschnitt 2.1). Da sie sich inhaltlich mehr mit dem landwirtschaftlichen Sektor befassen, mussten zusätzliche Fachpersonen aus dem Forstbereich kontaktiert werden.

Insgesamt erklärten sich vier weitere Experten zu einem Interview bereit. Ein weiterer lehnte eine Anfrage ab, stellte jedoch schriftliche Antworten zur Verfügung. Die Experten unterscheiden sich in ihren Zuständigkeiten, da mindestens einer in jeder Hierarchieebene der Forstbehörde arbeitet (siehe Abschnitt 3.2.1). Sie besitzen alle einen forstwissenschaftlichen Hintergrund in Praxis oder Theorie. Die Experteninterviews wurden vor den Nutzerbefragungen durchgeführt, um eine erste provisorische Persona nach Levy (2022) zu formen. Diese kann mit der anschließenden Befragung der Zielgruppe überprüft werden.

Die Vorbereitung der Interviews erforderte eine umfassende Literaturrecherche. Da es sich um eine qualitative Befragung handelte, war ein Grundkenntnisstand voraussetzend. So war es möglich, Gegenfragen kontextbezogen einzubeziehen. Das Ziel der Befragung war es, die Rolle der Behörden zu verstehen und Einblicke in ihre Prozessabläufe zu gewinnen.

Die Grundstruktur bildete ein Interviewleitfaden, wobei ein situativer Gesprächsverlauf erwünscht war. Jeder Interviewpartner erhielt einen individuellen Fragenkatalog. Diese können im Anhang unter 5 bis 5.6 eingesehen werden.

Die Antworten wurden auf Grundlage der Inhaltsanalyse nach Mayring (QCAmap) ausgewertet. Große Materialmengen lassen sich mithilfe strukturierter Kategorisierung innerhalb der QCAmap systematisch auswerten. Die Kombination qualitativer Interpretation mit quantitativen Häufigkeitsanalysen ermöglicht eine fundierte Hypothesenbildung. Durch Codierung werden Aussagen gezielt auf Fragestellungen bezogen, wodurch inhaltliche Muster sichtbar werden. Eine Kategorisierung ist, insbesondere bei komplexen Prozessstrukturen, wie sie im Waldumbau durch die Vielzahl an Akteuren entstehen, unerlässlich. Damit die Kategorien inhaltlich stimmig und praxisnah sind, wurden sie aus dem erhobenen Material abgeleitet (siehe Tab. 1). So wurde das Risiko minimiert, relevante Zusammenhänge zu übersehen. Dieses methodische Vorgehen stellt eine wissenschaftlich fundierte Alternative zum Affinity Diagram (vgl. Anhang 12) dar, dass lediglich eine reine Kategorisierung ermöglicht.

Tab. 1: Kategorien der Inhaltsanalyse

Kategorien	Die qualitative Inhaltsanalyse mit QCAmap zeigt, dass sich die Interviewpartner besonders häufig zu den Problemfeldern im Waldumbau äußerten. Diese Kategorie war die dominanteste, mit über 30 codierten Segmenten. Die häufigsten genannten Barrieren betreffen die Komplexität des Förderverfahrens, fehlende digitale Zugänge und ungenügende Nutzerfreundlichkeit von Antragsformularen. Die mangelnde Ansprache bestimmter Zielgruppen, insbesondere der jüngeren oder passiven Waldbesitzenden, wurde ebenfalls genannt. Strukturelle Probleme wie Überalterung, Uneinigkeit in Erbgemeinschaften und regionale Unterschiede bei der Verfügbarkeit von Forstunternehmen wurden mehrfach betont. Weitere stark vertretene Kategorien waren: Relevanz des Waldumbaus: Er wurde wiederholt als politisch, ökologisch und gesellschaftlich bedeutend hervorgehoben.
Problemfelder	
Forstliche Förderungen	
Technologien und Software	
Kriterien einer Förderung	
Informationsbeschaffung	
Use Cases	
Gesetzgebung	
Relevanz von Waldumbau	
Definition Waldumbau	
Waldbauliche Prozesse	
Zuständigkeiten der obersten Forstbehörde	
Forstliche Förderungen	

Forstliche Förderungen: Diese wurden zwar als grundsätzlich vorhanden beschrieben, jedoch als schwer zugänglich oder zu wenig bekannt.

Informationsbeschaffung: Die Analyse zeigt eine Vielzahl an Informationskanälen, wie lokale Infoabende, jedoch auch Unsicherheiten und Lücken, etwa bei der Baumartenauswahl.

Technologien und Software: Digitale Werkzeuge wie das „Waldportal“ oder die „WaldExpert“-App wurden erwähnt, ihre Nutzung bleibt aber durch mangelnde Benutzerfreundlichkeit begrenzt oder ist noch in der Entwicklung.

Insgesamt ergibt die Auswertung ein differenziertes Bild: Während fachliche Werkzeuge und strategische Ziele für den Waldumbau klar formuliert sind, scheitert die Umsetzung häufig an mangelnder Zugänglichkeit, hohem Verwaltungsaufwand und der schwierigen Aktivierung privater Waldbesitzenden. Die qualitative Analyse legt damit konkrete Ansatzpunkte für digitale, strukturelle und kommunikative Verbesserungen offen.

Alle codierten Passagen und Antworten können im Anhang 7 und vollständig in den jeweiligen Transkripten Anhang 3 nachgelesen werden.

5.2.2 Informationsarchitektur des Prozessablaufs im Waldumbau

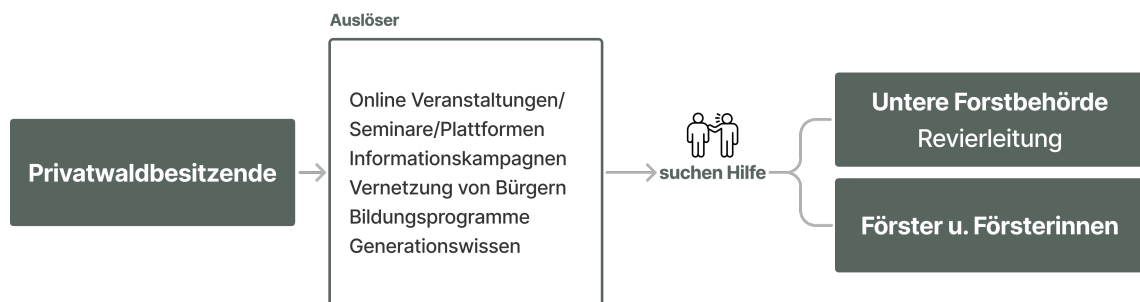


Abb. 8: Prozessschritt des Bewusstwerdens und seine Auslöser

Eigene Darstellung auf Grundlage der Interviewantworten und Literaturrecherche

Icon: Vektoricons, thenounproject.com (CC BY 3.0)

Anhand der Schilderungen der Experten konnte der Prozessablauf des Waldumbaus rekonstruiert werden (vgl. Anhang 3). Durch die Visualisierung des Ist-Zustands lassen sich die einzelnen Prozessschritte zuordnen und untersuchen. Der erste Schritt ist das Bewusstwerden der Situation. Diese Phase zeichnet sich durch die Aktivierung des Waldbesitzenden aus. Die möglichen Kanäle der Informationsbeschaffung sind Online-Veranstaltungen, Informationskampagnen oder Mundpropaganda. Anschließend folgt die Initiative, sich Hilfe bei der nächsten forstlichen Anlaufstelle zu holen (siehe Abb. 8)

Sobald der erste Kontakt zu den zuständigen Ansprechpersonen hergestellt ist, erfolgt eine kostenfreie Erstberatung. In diesem Rahmen wird der Standort des Waldstücks begutachtet und geeignete Baumarten werden empfohlen. Liegt eine potenzielle Förderfähigkeit vor, kann ein entsprechender Antrag entweder eigenständig oder mit Unterstützung durch die Behörden gestellt werden, wie in Abb. 9 dargestellt.

Die Prüfung des Antrags erfolgt in Abhängigkeit von der Flächengröße durch die untere oder die höhere Forstbehörde. Die relevanten Förderrichtlinien werden durch die oberste Forstbehörde festgelegt, die im Verfahren jedoch eine übergeordnete, passive Rolle einnimmt. Das Antragsverfahren kann Korrekturschleifen erfordern und sich dadurch über einen Zeitraum von bis zu vier Wochen erstrecken.

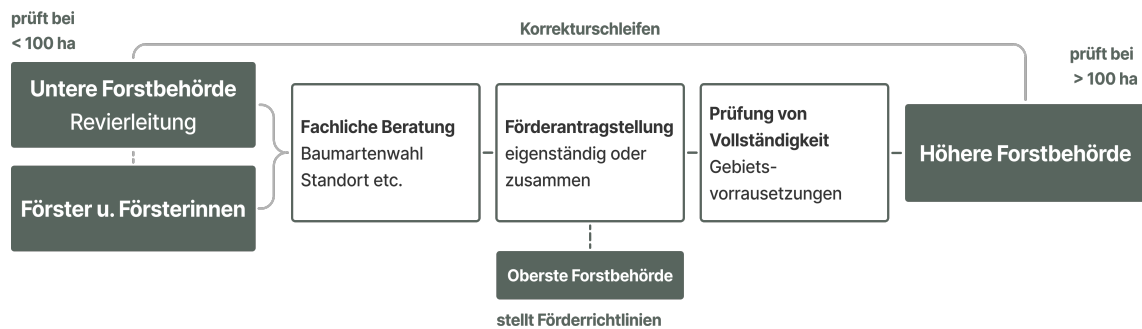


Abb. 9: Prozessschritt der Beratung und Antragsstellung
Eigene Darstellung auf Grundlage der Interviewantworten und Literaturrecherche

Nach der Bewilligung oder Ablehnung können abschließende Vorbereitungen wie die Beschaffung von Ressourcen getroffen werden. Die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen erfolgt anschließend entweder in Eigenregie oder mit kostenpflichtiger fachlicher Begleitung (siehe Abb. 10).



Abb. 10: Prozessschritt der Umsetzung eines Waldumbaus
Eigene Darstellung auf Grundlage der Interviewantworten und Literaturrecherche,
Icons: Vektoricons & Eugene Maksymchuk, thenounproject.com (CC BY 3.0)

Insgesamt scheint der gesamte Prozess durch die bürokratischen Abläufe zeitintensiv und träge zu wirken, insbesondere für die Antragstellenden.

5.2.3 User Journey des Ist-Zustands

Um alle Schritte und Interaktionen der Nutzenden von Beginn an zu erfassen, wurde eine ganzheitliche Betrachtung des Prozesses erstellt. Diese Visualisierung der sogenannten User Journey beinhaltet die Informationen, die zum bisherigen Zeitpunkt erfasst wurden. Ziel ist es, die verschiedenen Dimensionen einer Handlungsabfolge aus Perspektive der Nutzenden darzustellen. Eine Entwicklung von Empathie für die Nutzenden ist essenziell, um die Bedürfnisse und Frustrationen im Prozess besser zu verstehen. Die Visualisierung ist im Anhang 8.1 abgebildet.

Das Szenario der Interaktionsverläufe beläuft sich auf folgendes:

Ein Waldbesitzer bemerkt eine Verschlechterung des Waldzustands durch einen Schädlingsbefall. Er möchte sich informieren, wie er seinen Wald bei klimabedingten Veränderungen schützen kann.

Um seine Bedürfnisse zu erfüllen, müssen folgende Erwartungen gedeckt sein:

- Verständliche und zuverlässige Informationen
- Umsetzbare Lösungen
- Kontaktmöglichkeiten

Die Analyse der Nutzerreise verdeutlicht eine Reihe zentraler Herausforderungen (Pain Points) sowie potenzieller Ansatzpunkte für Verbesserungen (Opportunities). In der **Phase des Bewusstwerdens** zeigt sich, dass neue Waldschäden sowie uneinheitliche Meinungen im sozialen Umfeld (z. B. aus der Nachbarschaft) Unsicherheit erzeugen. Zudem bleibt oft unklar, welche konkreten Maßnahmen ergriffen werden sollten, was die Entscheidungslage zusätzlich erschwert.

In der **Informationsphase** treten weitere Hürden auf: Viele Waldbesitzende empfinden es als Herausforderung, sich direkt an die zuständigen Behörden zu wenden. Hinzu kommen mangelhafte Nutzerführung auf forstlichen Webseiten, unpräzise Informationen im Internet und das Gefühl, den Kontakt zur Behörde dennoch nicht vermeiden zu können. Maßnahmen erscheinen in dieser Phase oft aufwendig und überfordernd.

Auch in der **Beratungsphase** werden Unsicherheiten deutlich. Insbesondere mangelt es an Wissen über klimaresiliente Baumarten und deren Eignung für den jeweiligen Standort. Zudem wird das Ausfüllen der Antragsformulare als schwierig empfunden. Die Kommunikation mit den Behörden stellt eine weitere Hürde dar, vorwiegend im Hinblick auf das erforderliche fachliche Verständnis.

In der abschließenden **Umsetzungsphase** besteht das Risiko, dass Maßnahmen fehlerhaft durchgeführt werden, da häufig eine fachliche Begleitung fehlt. Wenn erste Erfolge ausbleiben oder Rückschläge auftreten, könnte das langfristige Durchhaltevermögen darunter leiden.

Diese Ergebnisse machen deutlich, dass entlang der gesamten Reise zahlreiche Unsicherheiten, Informationsdefizite und strukturelle Barrieren bestehen. Diese sollten gezielt adressiert werden, um den Prozess des Waldumbaus niederschwelliger, verständlicher und wirksamer zu gestalten.

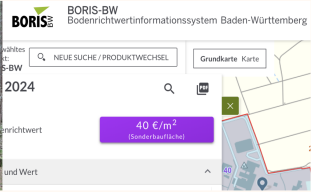
5.2.4 Zielgruppenanalyse

Anhand der zuvor geführten Experteninterviews wurde eine vorläufige Persona entwickelt. Die Erstellung der Persona ist auf die Vorgehensweise von „UX-Strategie“ von Levy (2022) zurückzuführen.

Um Stereotypen zu vermeiden, wurde eine Collage aus Bildern erstellt. Dabei wurden ausschließlich Merkmale berücksichtigt, die als potenziell entscheidend für das Verständnis der Nutzerbedürfnisse angenommen wurden. Dies schließt auch die Art und

Weise ein, wie die Zielgruppe derzeit mit bestehenden Problemen umgeht. In Kategorien, zu denen nur wenige Informationen aus den Experteninterviews vorlagen, wurden Merkmale durch persönliche Annahmen ergänzt (siehe Abb. 11). Um die Persona zu validieren, wurden qualitative Interviews mit der Zielgruppe durchgeführt. Die Untersuchungspersonen sind vier private Waldbesitzer, die im Rahmen eines etwa 45-minütigen Leitfadeninterviews über ihre Erfahrungen und Überzeugungen zum Thema Waldumbau berichten sollten. Ziel war es, ihre persönliche Perspektive zu erfassen und die Beweggründe für ihr Handeln besser zu verstehen. Diese Erkenntnisse sind besonders wertvoll, da sie direkt in die benutzerfreundliche Gestaltung des Produkts einfließen.

Waldbesitzer in Baden-Württemberg (Provisorisch)

Beschreibung	Verhalten
Mittleres Alter 40 bis 50	Er geht regelmässig in den Wald und ist naturbezogen
Nutzt sein Waldstück für Holzwirtschaft	Er ist aktiv in der Dorfgemeinde tätig
Wohnt in einem Dorf in Baden-Württemberg	Für sein Waldstück hat er einen Motorsägenkurs absolviert
Keine forstliche Ausbildung	Lästige Arbeiten versucht er zu meiden, dennoch ist er um sein Waldstück bemüht
Bedürfnisse und Ziele	Im Internet hat er schon Geo-Systeme genutzt, um Informationen zu seinem Waldstück zu finden, ansonsten nutzt er keine digitalen Tools
Er möchte nicht jedes Mal nachfragen, wenn er bei Behörden und Anträgen etwas nicht versteht	
Sein Waldstück soll seinen Zweck der Holzbringung erfüllen	
Das Waldstück soll später an seine Kinder vererbt werden und bis dahin noch nutzbar sein	
Alle Waldarbeiten sollen ohne Komplikationen ablaufen	

Abb. 11: Provisorische Persona nach Levy (2021)

Eigene Darstellung, siehe Bildquellenverzeichnis der Arbeit

Die Gespräche wurden als strukturierte Leitfadeninterviews vorbereitet. Im Gegensatz zu den Experteninterviews wurde der Fragenkatalog nicht individuell auf die Gesprächspartner angepasst, sondern blieb bei allen vier Interviews identisch. So konnten Vergleichswerte gewonnen und besser beobachtet werden, wie die Befragten Zusammenhänge erfassen und verarbeiten.

Eine häufige Herausforderung bei Interviews mit Zielgruppen besteht in der Unsicherheit der Teilnehmenden. Dies zeigte sich auch bei den Anfragen zum Thema Erstaufforstung. Die Personen fühlen sich in einer Interviewsituation verunsichert und befürchten, nicht

die „richtigen“ Antworten geben zu können. Um dieser Hürde entgegenzuwirken, wurden die Interviewleitfäden im Vorfeld an die Teilnehmenden übermittelt. Dadurch konnten sie sich bei Bedarf vorbereiten und mit mehr Sicherheit in das Gespräch gehen.

Eine weitere Herausforderung in der Vorbereitung betraf die Gesprächsführung: Sollte der Gesprächsverlauf strikt dem Leitfaden folgen oder Raum für Abschweifungen lassen? Bei offenen Interviews besteht das Risiko, dass Antworten vage, widersprüchlich oder eine Mischung aus Wissen und Halbwissen darstellen. Gleichzeitig ist ein Vorteil offener Gesprächsführung, dass die Antworten weniger durch die Interviewstruktur beeinflusst werden. Sie ermöglichen eine klare Unterscheidung zwischen spontan geäußerten Inhalten und solchen, die durch gezielte Nachfragen angestoßen wurden. Aus diesem Grund wurde ein natürlicher Gesprächsverlauf zugelassen, bei dem jedoch bei Abschweifungen gezielt zum thematischen Schwerpunkt zurückgeführt wurde.

Die Interviews thematisieren zunächst den Hintergrund des eigenen Waldstücks sowie gegebenenfalls vorhandene Erfahrungen mit dem Waldumbau und persönliche Meinungen dazu. Anschließend wurde nach bisherigen Erfahrungen mit Antragsprozessen und der Bekanntheit mit digitalen Medien im forstlichen Kontext gefragt. Der Fragenkatalog ist empirisch aufgebaut und im Anhang 5.6 einsehbar.

Das alle vier Waldbesitzer recht unterschiedliche Hintergründe in Bezug auf ihre Waldstücke haben, zeigt sich besonders in ihrer Haltung gegenüber dem Thema Waldumbau.

Teilnehmer 1 verfügt über umfassende Erfahrung und setzt sich intensiv mit dem Zustand seines Waldes auseinander. Er hat Schulungen zur Aufforstung von Behörden besucht und bereits konkrete Maßnahmen ergriffen, um seinen Wald zu schützen. Seine Einstellung zum Waldumbau ist durchweg positiv. Er erwirtschaftet mit seinem Fichtenbestand Holz nach Eigenbedarf (siehe Abb. 12) (vgl. Anhang 4.1).



Abb. 12: Fichtenbestand von Teilnehmer 1
Quelle: Foto von Teilnehmer 1 (2025),
mit Genehmigung

Teilnehmer 2 hingegen ist sich zwar des schlechten Zustands seines Waldes bewusst, möchte ihn jedoch nur so lange bewirtschaften, wie er davon profitiert. Für ihn stellt der Wald in erster Linie eine Ressource dar, die er ausschöpft. Kleinere Maßnahmen wie die Neupflanzung einzelner Bäume wurden umgesetzt, weitergehende Motivation besteht für ihn jedoch nicht (vgl. Anhang 4.2).

Teilnehmer 3 sieht sich selbst nicht als Zielgruppe für den Waldumbau. Seine Fläche, die zum Großteil freigeräumt ist, nutzt er als Freizeitgrundstück. Obwohl seine Fläche laut gesetzlicher Definition als Wald gilt, erkennt er diesen Status nicht an. Von waldbaulichen Maßnahmen möchte er nichts wissen. Er versteht allerdings die grundlegenden Argumente für einen Waldumbau (vgl. Anhang 4.3).



Abb. 14: Randstück von Teilnehmer 4
Quelle: Foto von Teilnehmer 4 (2025), mit Genehmigung

Teilnehmer 4 unterscheidet sich durch seine idealistische Haltung deutlich von den anderen. Für ihn steht der Naturschutz an oberster Stelle. Sein Waldstück war ursprünglich landwirtschaftlich genutzt, wurde von ihm jedoch

im Rahmen einer Erstaufforstung in einen Wald umgewandelt. Waldbauliche Maßnahmen hält er nur in geringem Umfang für sinnvoll. Er bewirtschaftet seinen Wald derzeit noch, möchte ihn langfristig jedoch dem Prozessschutz überlassen (siehe Abb. 13 und 14) (vgl. Anhang 4.4).



Abb. 13: Abgeholzte Fläche von Teilnehmer 4
Quelle: Foto von Teilnehmer 4 (2025), mit Genehmigung

Alle vier Teilnehmenden bewirtschaften Kleinwaldflächen mit einer Größe von unter 20 Hektar. Die Waldstücke befinden sich in Baden-Württemberg oder in direkter Nähe zur Landesgrenze. Drei der vier Waldflächen befinden sich in einem schlechten Zustand, was überwiegend auf instabile Fichtenbestände zurückzuführen ist. Die Teilnehmer 1 bis 3 weisen die charakteristischen Merkmale des „wirtschaftlich interessierten Waldbesitzers“ auf. Lediglich Teilnehmer 4 ordnet sich eher dem „ideell interessierten Waldbesitzer“ zu (vgl. Abschnitt 4.3).

Auffällig ist, dass die Teilnehmenden ihre Kompetenz in der Waldpflege als hoch einschätzen. Drei von vier Personen bewerten den Zustand ihres Waldes schlecht und zeigen sich trotz dieses Zustands weiterhin von ihrer Fachkenntnis überzeugt. Beim als gesund beschriebenen Waldstück ist zu berücksichtigen, dass es sich überwiegend um eine Freifläche handelt. Die Teilnehmenden verfügen über unterschiedliche Hintergründe; nicht alle haben an einer Schulung teilgenommen, und keiner von ihnen besitzt eine forstliche Ausbildung.

Zur Einordnung ihrer Wahrnehmung und zur Prüfung möglicher Selbstüberschätzung wurden Kompetenzgrade anhand der gegebenen Antworten und bisherigen Erfahrungen definiert und miteinander verglichen. Mithilfe dieser Parameter werden die Ressourcen der Waldbesitzer gemessen und gewichtet, wie in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Parameter zur Erfassung der Kompetenzen der Waldbesitzer, T= Teilnehmer

Parameter	Gewicht	T1	T2	T3	T4
Technische Ausrüstung	1	✓	✓	✓	☒
Theoretisches Wissen	2	✓	✓	✓	✓
Praxiserfahrung	2	✓	✓	✓	✓
Intensive Pflege	1	✓	☒	☒	☒
Schulung	2	✓	✓	✓	☒
Erfolgreiche Maßnahmen	2	✓	☒	☒	☒
Gesunder Wald	2	☒	☒	✓	☒
Punktzahl		9	7	9	4

Sind bestimmte Parameter erfüllt, besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine bessere Kompetenz des Waldbesitzers. Die Einschätzung, ob bestimmte Merkmale vorliegen, erfolgt unter Einbeziehung der interviewbasierten Aussagen und ihrer Interpretation. Anhand der erreichten Punktzahl kann mit der Skala jedem Waldbesitzer ein entsprechender Kompetenzgrad zugewiesen werden (siehe Tab. 3).

Kompetenzgrad	Skala	Ergebnis
Niedrig	0-4	T4 (4 Punkte)
Mittel	5-8	T2 (7 Punkte)
Hoch	9-12	T1, T3 (jeweils 9 Punkte)

Tab. 3: Skala der Kompetenzgrade

Lediglich die Teilnehmenden 1 und 2 weisen gemäß dieser Einschätzung einen hohen Kompetenzgrad auf.

Teilnehmer 2 ordnet sich dem mittleren Kompetenzgrad zu, während Teilnehmer 4 sich interessanterweise im niedrigeren Bereich eingliedert. Diese Analyse basiert ausschließlich auf der Interpretation der Erzählungen der Teilnehmer und kann daher in der Praxis nicht weiter überprüft werden. Da die Zielgruppe hauptsächlich aus männlichen Waldbesitzenden besteht, erscheint die Hypothese plausibel, dass sie häufiger zur Selbstüberschätzung neigen, was die Ergebnisse der Kompetenzanalyse suggerieren.

Die Studie „*Gender Differences in Motivated Reasoning*“ von Michael Thaler (2021) liefert hierzu relevante Erkenntnisse. Thaler zeigt, dass sowohl Männer als auch Frauen generell anfällig für motiviertes Denken sind. Allerdings finden es ausschließlich Männer besonders attraktiv, zu glauben, dass sie andere übertreffen. Diese geschlechtsspezifischen Unterschiede verlaufen laut Thaler in ähnlicher Weise wie die Mechanismen der Selbstüberschätzung. Daraus lässt sich schließen, dass die Zielgruppe zur Überschätzung der eigenen Fähigkeiten neigen könnte. Da eine solche Haltung jedoch die Bereitschaft behindern kann, den eigenen Wald aktiv und zielgerichtet umzubauen, sollte bei der Produktentwicklung besonders darauf geachtet werden, dass Waldbesitzende mit objektiven Fakten konfrontiert werden. Ziel ist es, ihre Motivation von der Selbstüberschätzung und dem Glauben, den eigenen Wald allein mit individuellen Maßnahmen ausreichend helfen zu können, umzulenken. Der Fokus liegt auf die Entwicklung einer intrinsischen Motivation, den Waldbau möglichst wirksam und nachhaltig umzusetzen. Tabelle 4 zeigt die überarbeiteten Merkmale der Persona.

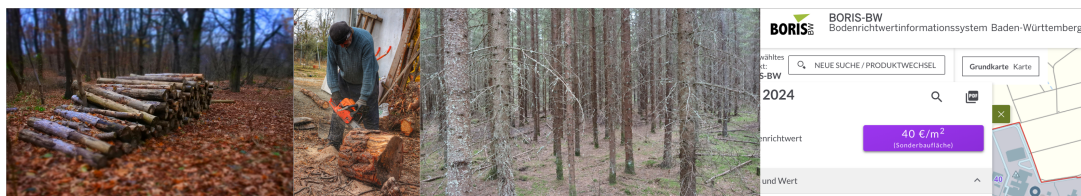
Tab. 4: Überarbeitete Merkmale der provisorischen Persona

Altes Merkmal	Neues Merkmal	Schlussfolgerung
Alterspanne 40 bis 50 Jahre	Alterspanne 50 bis 60 Jahre	<i>Die Altersspanne ist älter</i>
Das Waldstück wird für Holzwirtschaft genutzt	Das Waldstück wird unter anderem für Holzwirtschaft genutzt	<i>Holzwirtschaft ist nicht die ausschließliche Nutzung</i>
-	Er schätzt sich in seinem Wissen als sehr kompetent ein	<i>Neue Erkenntnis</i>
Er ist aktiv in der Dorfgemeinde tätig	<i>entfernt</i>	<i>Für das Produkt nicht entscheidend. Es herrscht unabhängig davon Kontakt mit anderen Waldbesitzern</i>
Sein Waldstück soll seinen Zweck der Holzbringung erfüllen	Sein Waldstück soll seinen Zweck der Holzbringung erfüllen, er erfreut sich aber auch an der Natur selbst	<i>Die Annahme, dass der Waldbesitzer nur die wirtschaftliche Nutzung</i>

		<i>priorisiert, ist nicht so stark wie angenommen</i>
Alle Waldarbeiten sollen ohne Komplikationen ablaufen	Alle Waldarbeiten sollen einfach abzuhalten sein	<i>Einen geringen Arbeitsaufwand mit größter Effektivität zu haben, wurde am häufigsten genannt</i>

Für die Validierung der vorläufigen Persona wurden auf Basis dieser Ergebnisse anschließend die neuen Merkmale in die validierte Persona aufgenommen (siehe Abb. 15).

Waldbesitzender in Baden-Württemberg



Beschreibung

Mittleres Alter **50 bis 60**

Nutzt sein Waldstück **unter anderem** für Holzwirtschaft

Wohnt in einem Dorf in Baden-Württemberg

Keine forstliche Ausbildung

Bedürfnisse und Ziele

Er möchte nicht jedes Mal nachfragen, wenn er bei Behörden und Anträgen etwas nicht versteht

Sein Waldstück soll seinen Zweck der Holzbringung erfüllen, **er erfreut sich aber auch an der Natur selbst**

Das Waldstück soll später an seine Kinder vererbt werden und bis dahin noch nutzbar sein

Alle Waldarbeiten **sollen einfach abzuhalten sein**

Verhalten

Er schätzt sich als sehr kompetent ein, was seinen eigenen Wald betrifft

Er geht regelmässig in den Wald und ist naturbezogen

~~Er ist aktiv in der Dorfgemeinde tätig~~

Für sein Waldstück hat er einen Motorsägenkurs absolviert

Lästige Arbeiten versucht er zu meiden, dennoch ist er um sein Waldstück bemüht

Im Internet hat er schon Geo-Systeme genutzt, um Informationen zu seinem Waldstück zu finden, ansonsten nutzt er keine digitalen Tools

Abb. 15: Validierte Persona

Eigene Darstellung auf Grundlage der Zielgruppeninterviews, siehe Bildquellenverzeichnis der Arbeit

Die Untersuchung der Nutzerbedürfnisse der Waldbesitzer wird später in Abschnitt 6.2.2 diskutiert.

5.2.5 Konkurrenzanalyse bestehender Produkte

Die in den Interviews genannten Technologien wurden im Rahmen einer Konkurrenzanalyse auf ihre Funktionen und ihre Besonderheiten untersucht. Ziel dieser Analyse war es, die Chancen und Risiken zu bewerten.

Die Produkte und Services, die untersucht wurden, beinhalten Teilaspekte des Waldumbaus. Es existierte zum damaligen Zeitpunkt keine Dienstleistung, die gezielt den Waldumbau adressiert.

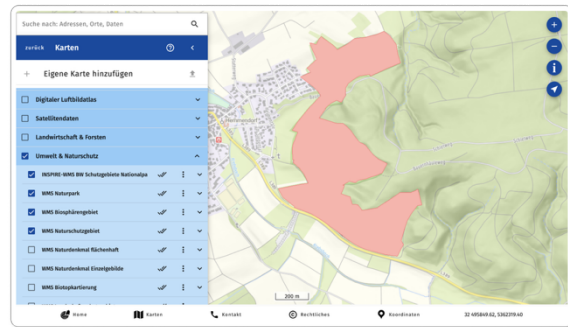


Abb. 16: Geoportal Baden-Württemberg
Quelle: nach LGL Baden-Württemberg (2025)

Das **Geoportal Baden-Württemberg** ist öffentlich zugänglich und vereint Funktionen zur Kartenvisualisierung und Geodatenanalyse (siehe Abb. 16). Es ermöglicht die Darstellung amtlicher Geodaten auf verschiedenen Maßstabsebenen sowie thematische Abfragen, etwa zu Flächennutzung, Bebauung oder Geländemodellen. Eine klassische Routenplanung ist nicht enthalten, jedoch erlaubt das Portal die präzise Lokalisierung und Bewertung von Flächen, was es besonders für Planung und Standortanalysen nutzbar macht. Die Oberfläche lässt sich nur bedingt intuitiv steuern, da die Verschachtelungen der einzelnen Funktionen irritieren. Die Kartenebenen, um bestimmte Informationen zu suchen, müssen vorher bekannt sein, da sie ohne Vorwissen nicht ersichtlich sind.



Abb. 17: Benutzeroberfläche WaldExpert-App
Quelle: Screenshot der WaldExpert-App,
eigene Aufnahme (2025)

Die **WaldExpert-App** richtet sich an (Klein-)Privatwaldbesitzende und unterstützt sie bei der Informationsbeschaffung rund um ihre Waldflächen (siehe Abb. 17). Zu den zentralen Funktionen zählen Angaben zum eigenen Wald, etwa zu Waldanteil, Holzvorrat, CO₂-Speicherung, Schutzgebieten und Waldfunktionen. Ergänzt wird das Angebot durch das „WaldWiki“, das grundlegende Informationen sowie Hinweise zur Beratung durch die Landesforstverwaltung bietet. Besondere Funktionen sind die Kartenansichten, Rettungstreffpunkte oder Inhalte zur Klimafolgenforschung. Ein weiterer Mehrwert liegt in der direkten Verknüpfung der Flurstücke mit den

zuständigen Forstbehörden, was den Kontakt zur Revierleitung vereinfacht. Die Benutzeroberfläche wirkt modern und freundlich. Die Umsetzung der Usability-Prinzipien, wie Sichtbarkeit der Möglichkeiten innerhalb der Anwendung oder ein gutes Nutzungsgefühl,

sind ausbaufähig (Schliep, o.J.). Visualisierungen sind teilweise schwer erkennbar und die Navigationsstruktur entspricht häufig nicht den Erwartungen.

Ergänzend zur WaldExpert-App ist das **Waldportal** in Entwicklung. Das Waldportal richtet sich an Waldbesitzende und forstlich Interessierte und dient als zentrale Informations- und Serviceseite der Landesforstverwaltung. Im Fokus stehen umfassende Inhalte zu Themen wie Waldumbau, Förderung, Klimaanpassung und Waldbewirtschaftung. Nutzerinnen und Nutzer finden dort praxisorientierte Informationen, Zugang zu Förderprogrammen sowie weiterführende Links zu Behörden, Beratungsstellen und digitalen Anwendungen wie der WaldExpert-App. Interaktive Funktionen sind nicht weiter bekannt; der Schwerpunkt liegt auf der Bereitstellung strukturierter Fachinformationen und Orientierung innerhalb der forstlichen Verwaltungsstrukturen. Inwiefern die Inhalte des Waldportals sich auf Waldumbau beziehen, und wie sich die Nutzerfreundlichkeit äußert, kann zum Zeitpunkt der Analyse nicht beurteilt werden.

Insgesamt besitzen alle Konkurrenten Funktionen, die für eine Analyse des Waldstücks nützlich sind. Das Geoportal bietet umfangreiche Daten, ist jedoch in seiner Benutzerfreundlichkeit begrenzt. Die WaldExpert-App bietet die bessere Alternative. Die Zielgruppe richtet sich allerdings überwiegend an „Wirtschaftlich interessierte Waldbesitzer“ (vgl. Abschnitt 4.3), die bestimmte Detailinformationen suchen.

5.3 Ergebnisse der Potenzialanalyse

1. Problemdefinition

Die Aktivierung der Waldbesitzenden ist entscheidend, um massive Baumverluste, Artensterben, erhöhte Brandgefahr und wirtschaftliche Schäden zu verhindern. Dennoch behindern Halbwissen, generationsbedingtes Desinteresse und bürokratische Hürden den aktiven Waldumbau.

Die zentrale Herausforderung bei der Entscheidung für waldbauliche Maßnahmen besteht in verschiedenen Unsicherheiten, insbesondere hinsichtlich der Finanzierung sowie des individuellen Nutzens.

2. Herausforderung der Wertinnovation

Der Begriff „Wert“ ist kontextabhängig und unterliegt einem Wandel in seiner Bedeutung. Levy (2021, zitiert in Drucker, 1993) veranschaulicht dies mit folgendem Beispiel: Ein Mädchen kauft als Teenager Schuhe aufgrund ihres modischen Erscheinungsbildes. Später als Mutter, entscheidet sie sich hingegen für Schuhe, weil sie komfortabel und preisgünstig sind. Der wahrgenommene Wert verändert sich mit den Lebensumständen.

Ein vergleichbarer Wandel lässt sich im Kontext des Waldumbaus beobachten. Wertinnovation bedeutet hier nicht nur den unmittelbaren Nutzen einer technologischen Neuerung, sondern umfasst auch langfristige, nachhaltige Effekte. Zu Beginn kann der Wert in der finanziellen Effizienz liegen, etwa wenn ein Waldbesitzer mithilfe einer Lösung den Waldumbau mit geringerem Budget realisieren kann. Im weiteren Verlauf treten andere

Aspekte in den Vordergrund. Der Wald zeigt sich stabiler, die Holznutzung bleibt erhalten, und der Nutzen wird zunehmend als Beitrag zur ökologischen und wirtschaftlichen Nachhaltigkeit wahrgenommen.

Der ursprünglich als effizient bewertete Nutzen kann auch rückblickend umgedeutet werden. Die Maßnahme erweist sich im Nachhinein nicht nur als kostensparend, sondern auch als nachhaltig und zukunftsfähig.

Ein allgemeingültiges Schema für Wertinnovation im Waldumbau existiert nicht. Die zentrale Herausforderung liegt darin, wandelnde Nutzerwerte zu erkennen und bei der Gestaltung zu berücksichtigen. Diese Werte werden häufig erst im Verlauf der Nutzung sichtbar. Da die Waldbesitzenden nur einen begrenzten Abschnitt des Lebenszyklus ihres Waldes unmittelbar erleben, muss die Gestaltung des Nutzens so erfolgen, dass auch langfristige, zunächst nicht erkennbare Werte als relevant und attraktiv wahrgenommen werden können.

3. Denkbare Anwendungsfälle

Im Kontext eines UX-Ansatzes, der mit digitalen Technologien verknüpft ist, liegt das Potenzial insbesondere in der frühzeitigen Unterstützung bei der Vorbereitung und Umsetzung von Waldumbaumaßnahmen. Restliche Zweifel, die Waldbesitzende noch haben können, werden so beseitigt.

Auch eine technologisch fortschrittliche digitale Lösung kann ihre Wirkung verfehlen, wenn sie erst im letzten Schritt der Umsetzung zum Einsatz kommt und nicht bereits in der Phase der Entscheidungsfindung ansetzt. In solchen Fällen wird die Partizipation der Waldbesitzenden nicht automatisch gefördert. Eine wirksame digitale Unterstützung muss deshalb frühzeitig ansetzen, um bestehende Hemmnisse abzubauen und die Motivation zur Mitwirkung zu stärken.

Mögliche Anwendungsfelder digitaler Technologien lassen sich vor allem in zwei Bereichen identifizieren: zum einen bei der Unterstützung der Umgestaltung von Kleinprivatwäldern in vielfältige Mischwälder durch die Zielgruppe, die den Aufwand möglichst gering halten möchte. Diese Möglichkeit kann generationsübergreifend betrachtet werden. Zum anderen bei der intensiven Planung und Umsetzung komplexer Waldumbaumaßnahmen, die eine umfassendere digitale Begleitung erfordern.

4. Technologische Chancen

Durch die Kooperation von Forstbehörden ergibt sich ein erhebliches Potenzial, Waldbesitzende über eine digitale Plattform gezielter und effizienter zu erreichen. Dieses Potenzial wird zusätzlich dadurch gestützt, dass derzeit keine vergleichbaren digitalen Werkzeuge auf dem Markt existieren. Bestehende Anwendungen konzentrieren sich vorwiegend auf die Verwaltung einzelner Waldstücke und bieten keine ganzheitliche Unterstützung im Kontext von Waldumbaumaßnahmen. Das Waldportal kann in dieser Betrachtung noch nicht berücksichtigt werden, da es bislang nicht marktreif ist und somit keine praktische Relevanz entfaltet.

Obwohl bereits eine Vielzahl relevanter Daten über bestehende Geoinformationssysteme verfügbar ist, wird dieses Potenzial bislang nicht ausgeschöpft. Eine systematische Bündelung und Integration dieser Daten zur Optimierung gesamter Entscheidungs- und Umsetzungsprozesse findet begrenzt statt. Stattdessen werden vorhandene Informationen lediglich für vereinzelte Handlungen genutzt, wobei spezifisch der Bereich des Waldumbaus derzeit kaum adressiert wird.

5. Hypothesen

Diese Hypothesen sollen im weiteren Verlauf untersucht werden:

- **H₁:** *Die Umsetzung von waldbaulichen Maßnahmen wirkt attraktiver, wenn die Bewertung und die langfristige Sicherstellung des ökologischen, sozialen und klimatischen Nutzens von Waldumbau unterstützt werden.*
- **H₂:** *Es gibt eine höhere Beteiligung an Waldumbau, wenn Eigentümer von privaten Waldflächen besser über die Vorteile und deren Nutzen dieser aufgeklärt werden.*
- **H₃:** *Durch Integration von Datenmanagement, Überwachungsmethoden und Risikomanagement sowie die Nutzung innovativer Technologien kann Waldumbau für Eigentümer von privaten Waldflächen attraktiver gestaltet werden.*

Die erforschten Potenziale sind zusammenfassend im Anhang 8.2 Abb. 17 in Form einer „Question Zero“-Matrix. Sie fasst alle wichtigen W-Fragen nochmal zusammen.

6 Nutzerzentrierte Anforderungsanalyse zur Förderung der Partizipation im Waldumbau

6.1 Definition und Zielsetzung

Mit den Erkenntnissen der Potenzialanalyse müssen die Anforderungen an das Produkt konkretisiert werden. Die Perspektive der Nutzenden wird in diesem Kapitel intensiv behandelt. Dabei sind besonders die Bedürfnisse und Erwartungen zu betrachten. Die Phasen „**Beobachten**“ und „**Standpunkt definieren**“ des Design-Thinking-Prozesses überschneiden sich in dieser Untersuchung.

Das Ergebnis sind konkretisierte Anforderungen an das Produkt aus technischer und gestalterischer Betrachtung.

6.2 Methoden zur Analyse

Es werden die Methoden dargestellt, deren Ergebnisse im weiteren Prozessverlauf signifikant sind.

6.2.1 Stakeholder Map

Wie alle zuvor erwähnten Personen und Gruppen zum Produkt stehen, wird in der folgenden Abbildung 18 in Form einer Stakeholder Map dargestellt. Ziel ist es, die wichtigsten Beteiligten zu identifizieren und ihr Verhältnis zueinander zu untersuchen. Sie wurden im Analyseverfahren berücksichtigt, da sie entweder direkten Einfluss auf das Produkt nehmen können oder von Veränderungen unmittelbar betroffen sind.

Das Produkt bildet das Zentrum der Stakeholder Map. Je stärker der Einfluss eines Stakeholders auf das Produkt ist, desto näher ist er am Zentrum positioniert. Im innersten Radius befinden sich die Kernnutzenden, die in diesem Fall die unmittelbare Zielgruppe darstellen. Sie beeinflussen nicht nur das Produkt aktiv, sondern sind auch diejenigen, die Veränderungen zuerst spüren, wenn es nicht verfügbar ist.

Der mittlere Radius umfasst Stakeholder, die in direktem Bezug zum Produkt stehen. Besonders hervorzuheben sind hier die verschiedenen Forstbehörden. Aufgrund der gemeinsamen Zielsetzungen im Bereich des Waldumbaus ist das Interesse an einer Zusammenarbeit hoch. Sie sind die wichtigsten Stakeholder nach der Kerngruppe. Die oberste Forstbehörde entscheidet über gesetzliche Rahmenbedingungen, die im Produkt berücksichtigt werden müssen. Zudem könnte sie bei einer Kooperation Finanzierungsmittel bereitstellen. Die untere Forstbehörde zeichnet sich durch ihre regionale Verankerung aus und verfügt daher als erste Stakeholdergruppe über umfassendes Wissen zu den spezifischen Gegebenheiten vor Ort. Eine enge Zusammenarbeit könnte wesentlich dazu beitragen, waldbauliche Ziele effizienter zu erreichen. Weitere Beteiligte wie

das Jagdmanagement hat Einfluss auf Wildverbiss und beeinflusst den Start oder die Wahl der Maßnahme.

Die im äußersten Radius dargestellten indirekten Stakeholder nehmen überwiegend eine beobachtende Rolle ein. Anwohner und Medien können durch ihre Meinungsbildung über das Produkt indirekten Einfluss ausüben. Forschungseinrichtungen liefern relevantes Wissen, setzen dieses jedoch meist nicht unmittelbar selbst um.

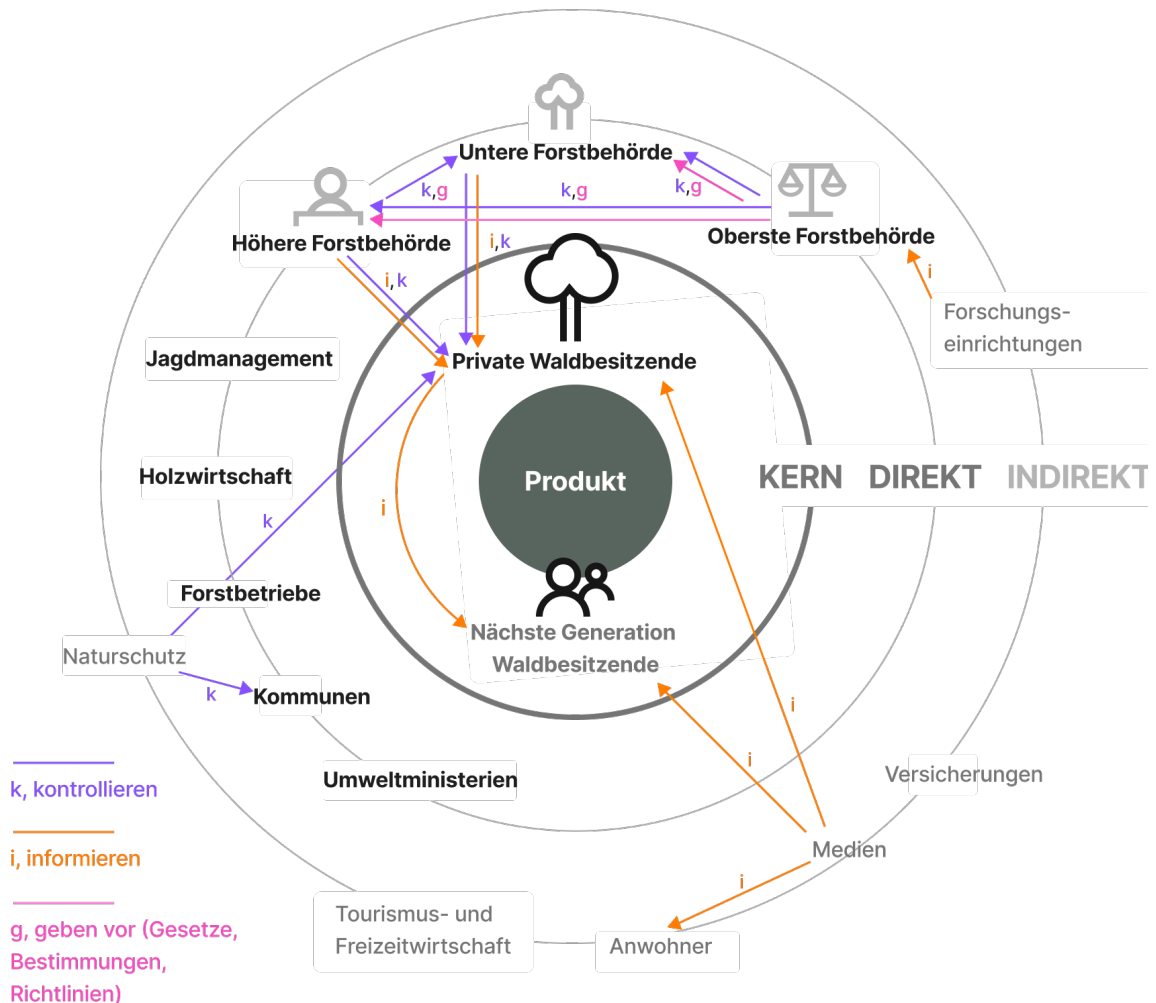


Abb. 18: Stakeholder im Waldumbau

Eigene Darstellung auf Grundlage der Interviewantworten und Literaturrecherche

6.2.2 Nutzerbedürfnisanalyse durch Interviews mit Waldbesitzenden

Die in Abschnitt 5.2.4 untersuchten Antworten der Waldbesitzenden geben zusätzliche, wertvolle Einblicke in ihre Bedürfnisse. Diese sollen im weiteren Verlauf vertieft und präzisiert werden.

Für die Auswertung der Interviews wurden die Antworten in einem Affinity Diagram strukturiert. Gemeinsame Informationen sind in Kategorien gesammelt und unter dem Anhang 12 vollständig einsehbar.

Die Waldbesitzenden sehen sich mit strukturellen, finanziellen und organisatorischen Hürden konfrontiert. Sie berichten, dass zu kleine Flurstücke, fehlende technische Ausstattung und hohe körperliche Belastung die Waldpflege erschweren. Die Grundhaltung gegenüber Waldumbau, wie in Abb.19 dargestellt, adressiert überwiegend die Hürden. Aus Sicht der Waldbesitzenden wohnen viele Eigentümer nicht mehr vor Ort oder sehen langfristig keinen Nutzen. Die Motivation ist gering, wenn kein direkter wirtschaftlicher Ertrag erwartet wird. Förderprogramme gelten als schwer zugänglich, die Umsetzung als langwierig. Fachliche Überforderung, unklare Zuständigkeiten und bürokratische Hürden

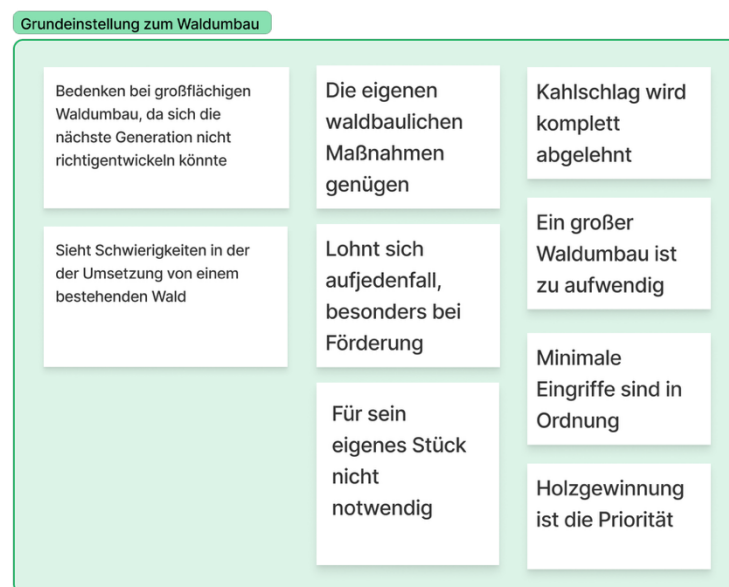


Abb. 19: Aussagen über die Grundeinstellung der Waldbesitzer zum Waldumbau (Affinity Diagram)
Eigene Darstellung auf Grundlage der Interviewantworten

hemmen die Beteiligung. Großflächige Maßnahmen stoßen mehrheitlich auf Skepsis.

Es besteht eine klare Präferenz für minimale Eingriffe, Mischwald oder Prozessschutz. Digitale Hilfsmittel wie Kartenportale oder Webshops sind allen bekannt. Das vorhandene Wissen ist heterogen und stark erfahrungsbasiert (vgl. Anhang 4).

Abgeleitete Nutzerbedürfnisse für den Waldumbau

- Niedrigschwelliger Zugang zu Wissen und Beratung
- Reduktion des organisatorischen und finanziellen Aufwands
- Einfache, modulare Maßnahmen mit lokalem Fokus
- Digitale Unterstützung für Planung und Entscheidung
- Berücksichtigung von Lebensrealitäten wie Zeitmangel und räumlicher Distanz
- Individualisierbare Lösungen mit klar erkennbaren Vorteilen
- Transparente Förderbedingungen und vereinfachte Antragstellung

- Technisch leicht umsetzbare Pflegekonzepte in kleinen Einheiten
- Stärkere Einbindung natürlicher Prozesse und langfristiger Entwicklung

Barrieren der Partizipation

- Fachliche Anforderungen und bürokratische Vorgaben wirken auf viele Waldbesitzende überfordernd
- Fördermaßnahmen sind häufig mit komplexen Voraussetzungen verbunden
- In der Regel ist ein eigener finanzieller Aufwand erforderlich, was abschreckend wirken kann
- Der individuelle Nutzen der Maßnahmen wird von vielen infrage gestellt
- Die Umsetzung und Antragsstellung gelten als langwierig und mühsam

Die intrinsische Motivation der Waldbesitzenden muss gezielt gestärkt oder aufgebaut werden, da sie als stabile Grundlage gilt, um auch bei Rückschlägen oder Verzögerungen im Umsetzungsprozess handlungsfähig zu bleiben.

6.2.3 Use Cases

Im folgenden Abschnitt werden die Anwendungsfälle des Produkts erläutert. Ein sogenannter Use Case beschreibt die Interaktion einer nutzenden Person mit einem System aus der Sicht des Anwenders. Dabei gibt es immer einen Auslöser, der die Person dazu veranlasst, mit dem System zu interagieren. In diesem Kontext ist die nutzende Person der Waldbesitzende, und das System ist das Produkt.

Die Use-Cases bzw. Anwendungsfälle des Produkts lassen sich drei zusammenhängenden Phasen zuordnen. Die Phasen sind benannt nach den Handlungsfeldern **Bewusstwerden**, **Informieren** und **Beraten**. Ein Durchlauf dieser Phasen soll die intrinsische Motivation der Waldbesitzenden zu festigen.

Die Handlungsfelder können sich überschneiden oder ineinander übergehen und je nach Anwendungsfall variieren. Sie wurden zuvor in der Ist-User Journey in Abschnitt 5.3.2 erstmals kategorisiert.

1. Use Case: Bewusstwerden

Der Auslöser ist die Wahrnehmung des Waldzustands oder allgemeines Interesse am Waldumbau. Die nutzende Person analysiert durch das Produkt den Ist-Zustand des Waldes. Prognosen können nicht nur rational, sondern auch emotional überzeugen und zum Handeln motivieren (siehe Abb. 20).



Abb. 20: Use Case "Bewusstwerden" und seine Komponenten
Eigene Darstellung

2. Use Case: Informieren

Der Auslöser ist die zuvor stattgefundene Phase des Bewusstwerdens. Aufklärung und theoretische Hintergründe dienen als Entscheidungshilfe (siehe Abb. 21).

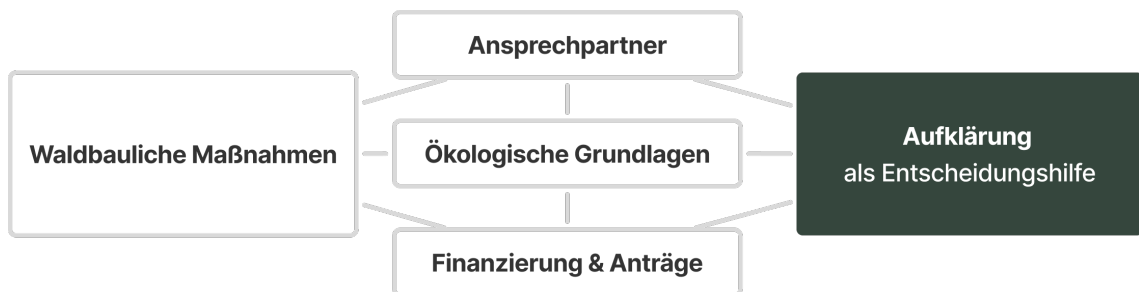


Abb. 21: Use Case "Informieren" und seine Komponenten
Eigene Darstellung

3. Use Case: Beraten

Spätestens in der Beratungsphase soll ein konkreter Bezug zum eigenen Waldstück bestehen, um die Unterstützung gezielt anpassen zu können. Die Auslöser sind ausreichende Informationen und ein Bewusstsein über die Situation (siehe Abb. 22).



Abb. 22: Use Case "Beraten" und seine Komponenten
Eigene Darstellung

Die Selbstbestimmungstheorie (Self-Determination Theory, SDT) nach Deci und Ryan (1993) geht davon aus, dass drei psychologische Grundbedürfnisse erfüllt sein müssen, um intrinsische Motivation zu fördern: *Autonomie*, *soziale Eingebundenheit* und *Kompetenz*.

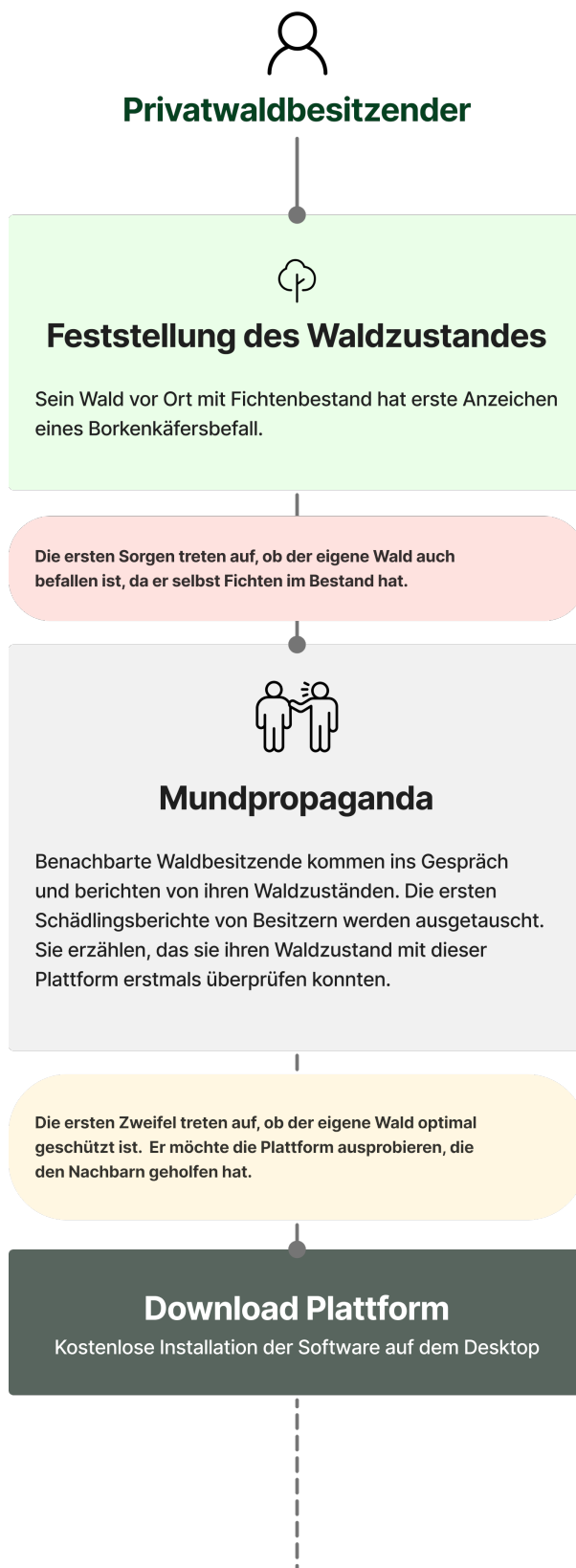
Das Bedürfnis der *Autonomie* wird in den Phasen des **Bewusstwerdens** und **Informierens** gedeckt. Trotz konkreter Handlungsempfehlungen bleibt es dem Waldbesitzenden selbst überlassen, wann und wie er handelt. Ebenfalls wird er nicht bevormundet, sondern in seinem eigenen Tun durch die Wissensvermittlung gestärkt.

Die *soziale Eingebundenheit* findet primär in der Phase des **Beratens** statt. In diesem Abschnitt sind Ansprechpartner und Fachpersonen besonders eng in den Prozess eingebunden. Diese Vernetzung soll nicht nur übergreifend das Kompetenzgefühl stärken, sondern auch emotionale Unterstützung bieten. Dieses Grundbedürfnis kann auch schon in der Phase des **Informierens** greifen, da eine Vernetzung schon frühzeitig stattfinden kann.

Das Bedürfnis nach *Kompetenz* zeigt sich in allen Phasen: **Bewusstwerden**, **Informieren** und **Beraten**. In diesen Phasen wird der Waldbesitzende durch die Vermittlung von Fachwissen in seinem Kompetenzgefühl gestärkt. Er erhält Unterstützung sowie ein Gefühl von Sicherheit, das ihm hilft, fundierte Entscheidungen zu treffen.

Alle drei Grundbedürfnisse können zuverlässig von Beginn an erfüllt werden. Mit dem Durchlauf der einzelnen Handlungsfelder wird jedoch das Sicherheitsgefühl gestärkt. Ziel des Verfahrens ist es, Zweifel am Produkt und Wirkung von Waldumbau zu reduzieren. Auch wenn der Waldbesitzende schon Vorwissen mitbringt, kann dieses im Prozess weiter vertieft, unvollständiges Wissen ergänzt und falsche Informationen richtiggestellt werden.

6.2.4 User Journey des Soll-Zustands



In diese User Journey (vgl. Abschnitt 5.2.3) wurde das Produkt integriert. Um die Effektivität im Prozess zu optimieren, wurde es an den Stellen berücksichtigt, die eine digitale Schnittstelle bieten. Diese User Journey bildet den Soll-Zustand. Wann das Produkt eingreift, ist an den dunkelgrünen Flächen erkennbar.

Phase: Bewusstwerden

(siehe Abb. 23)

Die Feststellung des Waldzustands bleibt gleich. Hierbei handelt es sich nur um eine Einschätzung eigener Beobachtungen. Es ist nicht davon auszugehen, dass der Waldbesitzer zu diesem Zeitpunkt schon in Kontakt mit dem Produkt ist. Die darauffolgenden Konversationen mit benachbarten Waldbesitzern beinhalten weiterhin die eigenen Erfahrungsberichte. Diesmal wird das Produkt erwähnt. Mundpropaganda darf nicht unterschätzt werden, wenn es um die Verbreitung von Informationen geht. Demnach beeinflussen positive Erfahrungswerte den ersten Eindruck und wecken Neugier. Die Sorgen um die Gesundheit des eigenen Waldstücks bleibt gleich. Da der Waldbesitzer direkt eine Empfehlung von Gleichgesinnten erhalten hat, wird das Produkt in Erwägung gezogen und heruntergeladen.

Abb. 23: User Journey Soll-Zustand 1. Phase
Eigene Darstellung

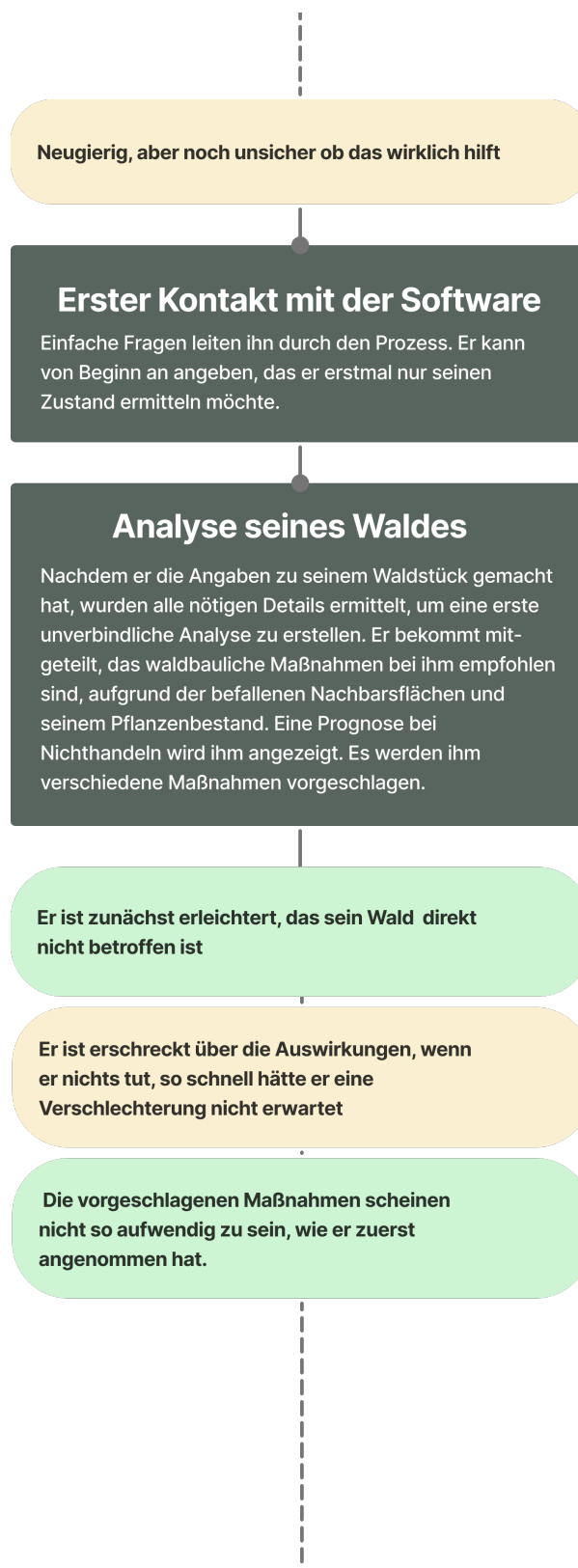


Abb. 24: User Journey Soll-Zustand 2. Phase
Eigene Darstellung

Phase: Bewusstwerden und Informieren (siehe Abb. 24)

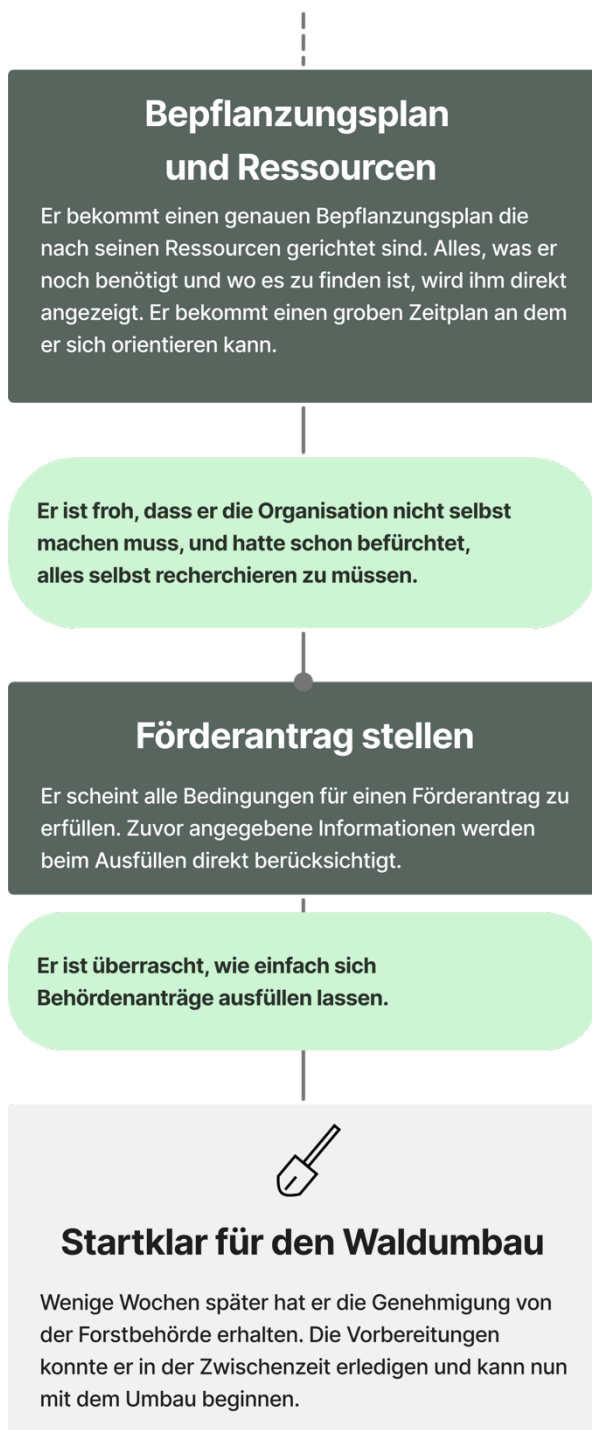
Aufgrund der generationsbedingten Skepsis gegenüber digitalen Produkten zeigen sich beim Waldbesitzenden Unsicherheiten.

Der erste Kontakt mit der Software soll den Waldbesitzenden unkompliziert, aber personalisiert durch eine Einführung leiten. Sein Anliegen wird bei einer Abfrage direkt berücksichtigt, was ihm ein Sicherheitsgefühl vermittelt. Seine Zweifel werden stückweise abgebaut. Er verlässt den Prozess nicht, da seine Angaben ausreichend sind, um eine erste Analyse und Prognose zu erhalten.

Die Ergebnisse lösen einen Aha-Moment aus, der zum Handeln motiviert. Da er direkt Handlungsempfehlungen erhält, die vom Aufwand her nicht zu hoch erscheinen, entschließt er sich, den Prozess fortzuführen.

Phase: Beraten (siehe Abb. 24 und 25)

Die Beratung mündet in Handlungsempfehlungen für den Waldbesitzenden. Aufgrund seiner vorherigen Angaben sowie zusätzlicher Informationen zu seinen technischen und finanziellen Ressourcen erhält er einen Bepflanzungs- und Zeitplan. Organisation ist für ihn eine lästige Angelegenheit, deshalb ist er froh über den fertigen Plan. Da seine Waldfläche offenbar die Voraussetzungen für einen Förderantrag erfüllt, wird ihm eine vorausgefüllte Vorlage mit seinen Daten empfohlen. Einfache Erklärungen erleichtern ihm das Vervollständigen.



Phase: Umsetzen

Die aktive Durchführung des Waldumbaus erfolgt unter Eigenregie. Eine aktive Betreuung mit Hilfe des Produkts kann in Zukunft ergänzt werden und würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten.

Abb. 25 User Journey Soll-Zustand 3. Phase
Eigene Darstellung

6.3 Ergebnisse der Anforderungsanalyse

6.3.1 Gestalterische Anforderungen

Damit Waldbesitzende aktiv in den Waldumbau eingebunden werden, sind motivierende und verständliche Gestaltungslösungen erforderlich. Visuelle und inhaltliche Elemente sollen insbesondere in den Phasen des Bewusstwerdens, Informierens und Beratens gezielt wirken. Um den Einstieg zu erleichtern und die Beteiligung langfristig zu sichern, ist eine Ansprache entscheidend, die sowohl emotional aktivierend als auch rational nachvollziehbar ist.

Visualisierungen dienen dabei als zentrales Mittel zur Verständnissicherung. Komplexe waldbauliche Inhalte und Entscheidungsprozesse sollen in vereinfachter Form vermittelt werden, ohne dabei die fachliche Korrektheit zu verlieren. Die Darstellung soll konkret, nachvollziehbar und handlungsorientiert erfolgen, beispielsweise durch die Verwendung realistischer Medienformate wie Fotos oder Videoausschnitte. Besonders hilfreich sind Darstellungen, die Zusammenhänge von Ursache und Wirkung verdeutlichen.

Die Gestaltung muss sich zudem an der digitalen Erfahrungswelt der Zielgruppe orientieren. Viele Waldbesitzende gehören einer Generation an, die sich digitalen Anwendungen gegenüber eher zurückhaltend zeigt. Daraus ergibt sich die Anforderung, die Benutzeroberfläche klar, logisch strukturiert und intuitiv bedienbar zu gestalten. Aufbau, Navigation und Informationsverteilung sollten dem linearen, aufgabenorientierten Denken entgegenkommen. Unter diesen Aspekten könnte die dritte Hypothese (vgl. Abschnitt 1.5) berücksichtigt werden.

Ein weiterer gestalterischer Anspruch ergibt sich aus der Integration forstlicher Akteure. Der Kontakt zu Forstbehörden sollte nicht nur inhaltlich, sondern auch visuell in den Prozess eingebunden sein, um ihre Rolle als vertrauenswürdige Ansprechpersonen zu stärken. Die Gestaltung kann hier dazu beitragen, bestehende Beratungsangebote sichtbar zu machen und persönliche Hemmschwellen im Kontakt mit Institutionen zu reduzieren.

6.3.2 Technische Anforderungen

Für die erfolgreiche Umsetzung des Produkts ist die Einrichtung sinnvoller Schnittstellen zu bestehenden digitalen Medien essenziell. Diese Schnittstellen müssen realistisch und praxisnah gestaltet sein, um insbesondere die Integration der Forstbehörden zu ermöglichen und deren Einbindung zu erleichtern.

Ein zentrales Kriterium ist die Verfügbarkeit des Produkts im Wald vor Ort. Der Zugang zur Anwendung muss einfach, barrierefrei und unabhängig von einer dauerhaften Internetverbindung möglich sein. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, sollten Offline-Funktionen bereitgestellt werden, die auch unter eingeschränkten Netzbedingungen zuverlässig funktionieren.

Die Medienwahl sollte sich an den bestehenden Nutzungsgewohnheiten der Zielgruppe orientieren. Da sie bereits mit bestimmten digitalen Medien vertraut sind, sollte das

Produkt auf diesen aufbauen, um Hemmschwellen zu vermeiden. Die Nutzbarkeit auf mobilen Endgeräten sowie auf Computern muss gewährleistet sein, um eine möglichst breite Zugänglichkeit zu schaffen.

Darüber hinaus sollten bereits frei verfügbare Datensätze, wie beispielsweise Geoinformationssysteme (GIS) für Flächeninformationen, aktiv in die Anwendung eingebunden werden. Diese Daten bieten einen hohen Informationswert und können die Relevanz und Genauigkeit der Inhalte maßgeblich verbessern.

7 Ideation und Kreativprozess

Im Anschluss an die Analysephase gilt es, die gewonnenen Erkenntnisse gezielt auszuwerten und zu interpretieren. Auf dieser Grundlage wird ein Konzept entwickelt, das die identifizierten Problemstellungen adressiert und praktikable Lösungsansätze bietet. Ziel ist es, eine fundierte und nachvollziehbare Grundlage für das weitere Vorgehen zu schaffen. Dieses Kapitel ist mit der Phase „**Ideation**“ im Design Thinking gleichzusetzen.

7.1 Funktionen Priorisierung

Zur Priorisierung der vorgesehenen Funktionen wurde die MoSCoW-Methode angewendet. Alle angedachten Funktionen werden innerhalb der Matrix in vier Kategorien sortiert, um den Fokus auf kritische Aufgaben zu lenken und die Entscheidungsfindung zu erleichtern. Die in Abb. 26 dargestellten Funktionen sind im Kontext dieser Arbeit für die Entwicklung des Prototyps von besonderer Relevanz, da sie einen direkten Beitrag zur Beantwortung der Forschungsfrage leisten müssen.

MUST HAVE (muss)

Förderungsanträge stellen, Status einsehen Voraussetzungen prüfen	Standortanalyse ermitteln und ob ein Waldumbau Sinn macht
Prognosen bei Handeln/Nichthandeln	Waldumbau planen und Maßnahmen empfehlen, basierend auf den verfügbaren Daten
Entscheidungshilfen bei waldbaulichen Maßnahmen, basierend auf dem aktuellsten Forschungsstand und den verfügbaren Mitteln des Waldbesitzenden	Bepflanzungsplan generieren u. empfehlen, sowie zeitliche Planung
App und Desktop Vor Ort im Wald nutzen und Zuhause im Detail	Vernetzung/ Kommunikation mit Behörden und Ansprechpartner vor Ort

SHOULD HAVE (sollte)

Echtzeit-Zustand des Waldes managen direkte Anpassungen bei Veränderungen	Technische Ausrüstung vermitteln und vernetzen
--	---

COULD HAVE (könnte)

Aktuelle Neuigkeiten
Waldupdates die informieren
sowohl regional als auch
auf Bundesebene

WOULD NOT (nicht notwendig)

Aktive Betreuung
Handlungsempfehlungen bei der
aktiven Umsetzung

Abb. 26: MoSCoW-Priorisierung der Funktionen
Eigene Darstellung

Die Funktionen, die von Waldbesitzenden wiederholt als Herausforderungen genannt wurden, sind in der Kategorie „Must Have“ eingeordnet. Dazu zählen unter anderem Funktionen wie „Prognose“, „Standortanalyse“ und „Waldumbau“, die aus den vorherigen Erkenntnissen abgeleitet wurden. Sie verfolgen vorrangig das Ziel, ein stärkeres Bewusstsein für forstwirtschaftliche Entscheidungen zu schaffen. „Bepflanzungspläne“

und „Entscheidungshilfen“ erfüllen eine beratende Funktion und werden ergänzt durch Elemente zur „Vernetzung und Kommunikation“ mit Fachpersonen.

Die „Should Have“-Funktionen stehen in direktem Zusammenhang mit den „Must Have“-Funktionen, können jedoch alleinstehend das Ziel nicht erfüllen.

Die Funktion „Could Have“, wie etwa die Bereitstellung aktueller Neuigkeiten, ist nicht ausschlaggebend für die Zielerreichung, adressiert jedoch ergänzende Bedürfnisse der potenziellen Nutzenden.

Funktionen, die unter „Would Not Have“ fallen, werden im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt, da sie für die Beantwortung der Forschungsfrage als weniger relevant eingeschätzt werden. Dazu zählt die vierte Phase der User Journey „Umsetzen“ (vgl. Abschnitt 6.2.4).

7.2 Eingesetztes Medienspektrum

Welche Mediengeräte infrage kommen, ist von der Zielgruppe abhängig. Die überwiegenden „Digital Immigrants“ sind grundsätzlich offen gegenüber neuen Technologien, solange der Zugang leicht ist und nicht zu sehr von ihrer Realitätswelt abweicht. Die Zugangsmedien sollen bekannt und bewährt sein, um eine Neuanschaffung zu vermeiden. Neuere Technologien können in den Funktionen eingebaut sein, um so den fortschrittlichen oder innovativen Faktor beizubehalten. Die Anforderung einer Offline-Funktion (vgl. 6.3.2) widerspricht der Wahl von Mediengeräten, die nur mit aktiver Internetverbindung funktionieren, wie VR-Systeme oder cloudbasierte Geräte.

Als Hardware wurde ein einfacher Computer und ergänzend das Smartphone gewählt. Diese Geräte sind in der Altersklasse von 50 bis 60 Jahren in der Regel vorhanden und werden aktiv genutzt (VuMA, 2021; ARD, & ZDF, 2024).

Die Software ist webbasiert, kann aber durch das Smartphone wichtige Offline-Funktionen einbeziehen. Da die priorisierten „Must-have“-Funktionen (vgl. Abschnitt 7.1) nicht im Gesamtumfang im Wald zur Verfügung stehen müssen, können die essenziellen Offline-Funktionen gezielt in einer App gebündelt werden.

Die Software bezieht im Hintergrund, im Backend, ihre Datensätze von verfügbaren Datensätzen von zum Beispiel GIS-Systemen. Diese Daten werden benötigt, um Funktionen wie Prognosen oder Informationen zum Waldstück herzustellen. Algorithmen mit künstlicher Intelligenz können diese Daten anschließend interpretieren und Handlungsempfehlungen für die Person, die das System nutzt, generieren. Das System kann dann,

je nach Anfrage, mit den Behörden Daten austauschen, wenn zum Beispiel Förderanträge übermittelt werden. Die Zusammenhänge sind in Abb. 27 visualisiert.

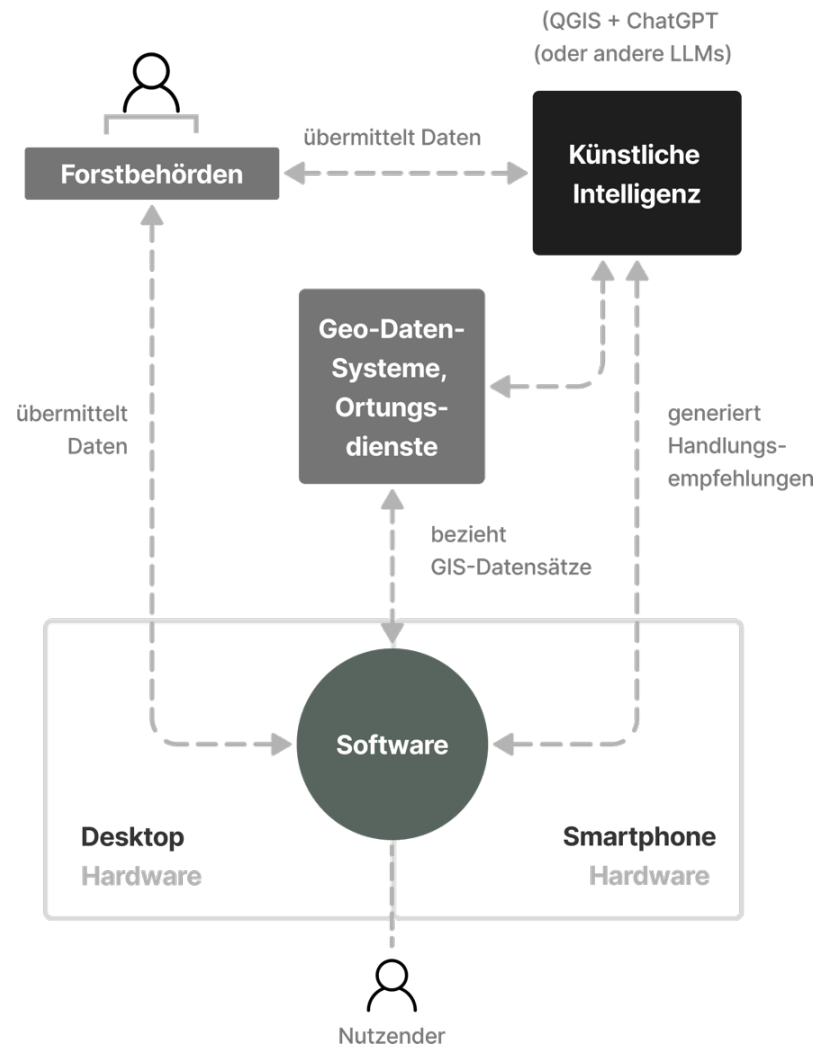


Abb. 27: Technologische Architektur des Medienspektrum
Eigene Darstellung.

7.3 Erste Scribbles und Wireframes

Zur Entwicklung erster Gestaltungsideen wurde ein klassischer Gestaltungsprozess gewählt: Erste Skizzen („Scribbles“) wurden analog von Hand auf Papier angefertigt, um grundlegende Strukturen und Funktionslogiken festzuhalten (siehe Abb. 28). Anschließend erfolgte die digitale Ausarbeitung in Figma. In mehreren Zwischenschritten wurden aus den Low Fidelity Wireframes schrittweise detailliertere High Fidelity Wireframes entwickelt, um visuelle und funktionale Aspekte des Prototyps präziser zu gestalten (siehe Abb. 29).

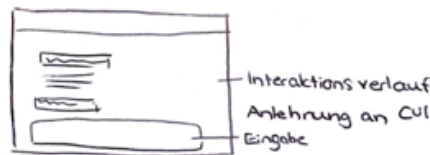


Abb. 28: Scribble der Einführung
Eigene Darstellung

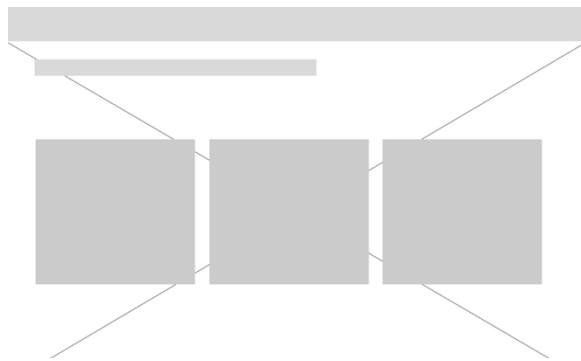


Abb. 29: Low Fidelity UI der Einführung
Eigene Darstellung

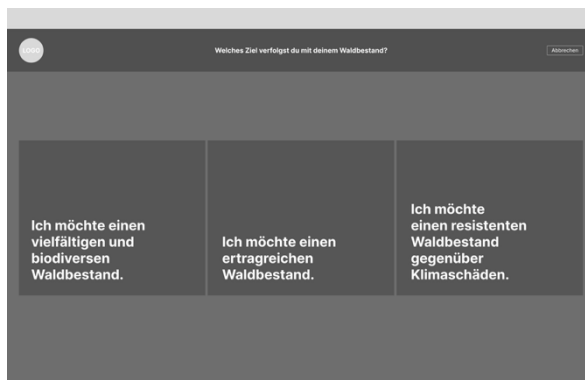


Abb. 30: Mid Fidelity UI der Einführung
Eigene Darstellung

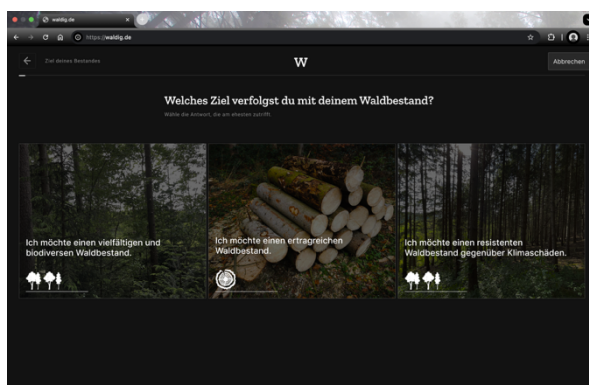


Abb. 31: High Fidelity UI der Einführung
(erste Version)
Eigene Darstellung

Innerhalb des Kreativprozesses war die Darstellung der Prognosen und Handlungsmaßnahmen herausfordernd. Wie die Nutzerführung die Inhalte verständlich kommuniziert und interessant hält, war zu diesem Zeitpunkt noch unklar. Die verschiedenen Entwürfe kategorisieren sich in den „Must Have“-Funktionen (vgl. 7.1).

Ein zusammenhängender Benutzerfluss (User Flow) wurde mit den favorisierten Skizzen kombiniert und weiterentwickelt. Die Prototypenfunktion von Figma fungierte im Prozess als Entscheidungshilfe. Entwürfe, die nicht gut funktionierten, wurden aussortiert.

Mit jedem neuen Entwurf wurden mehr Details hinzugefügt, wie in Abb. 30.

Für die Gestaltung wurde eine Kombination aus seriösen Inhalten mit einem modernen Erscheinungsbild angestrebt. Sie sollten die Ernsthaftigkeit der Inhalte nicht mindern, aber interessant und realitätsnah wirken. Kleine Visualisierungen dienen der Veranschaulichung zentraler Inhalte.

Die ersten High Fidelity Wireframes, wie in Abb. 31 zu sehen, sind von in ihrem Erscheinungsbild stark auf die Fotos konzentriert. Eine neutrale Farbgebung sollte nicht im Kontrast zu den Fotos stehen. Die Kontraste hatten in dieser Version eine gute Lesbarkeit, aber wirkten im Gesamtbild noch zu dunkel.

Weitere Versionen der unterschiedlichen Wireframes können im Anhang 9 eingesehen werden.

8 Konzeption

Nach einer ausführlichen Recherche, tiefgehender Analyse und ersten Ideen wird die Konzeption nun detailliert ausformuliert. Design Thinking ist ein iterativer Prozess, deshalb ist diese Phase primär von „**Ideation**“ geprägt und geht später in „**Prototyp**“ über.

8.1 Wie Waldumbau mit einfachen Mitteln gelingen kann

Ein erfolgreicher Waldumbau kann auch mit einfachen Mitteln gelingen, wenn er sich konsequent an naturnahen Prinzipien orientiert. Einfache Mittel lassen sich dadurch definieren, dass waldbauliche Maßnahmen mit möglichst geringem Aufwand und leicht zugänglichen Ressourcen umgesetzt werden.

Das Schlüsselkonzept ist die naturnahe Waldbewirtschaftung.

Im Mittelpunkt steht die Umwandlung bestehender Bestände in naturnahe Wälder, wobei natürliche Prozesse bewusst gefördert und genutzt werden. Indem Waldbesitzende möglichst wenig in die natürliche Walddynamik eingreifen, können Pflegemaßnahmen auf ein Minimum reduziert werden. Dies trägt nicht nur zur Förderung von Stabilität und ökologischer Resilienz bei, sondern senkt zugleich die Kosten für Pflege und Umbau erheblich. Häufig wird der Waldumbau mit dem Vorurteil großer Aufwände assoziiert. Zwar sind diese nicht zu unterschätzen, dennoch zeigt sich, dass gerade die naturnahen Methoden gleichzeitig auch die effizientesten sein können. Ein zentrales Element dabei ist der Fokus auf die Zukunftsbäume. Diese ausgewählten Einzelbäume sollen besonders hochwertige Stämme ausbilden und formen die Grundlage einer gezielten Bestandsentwicklung.

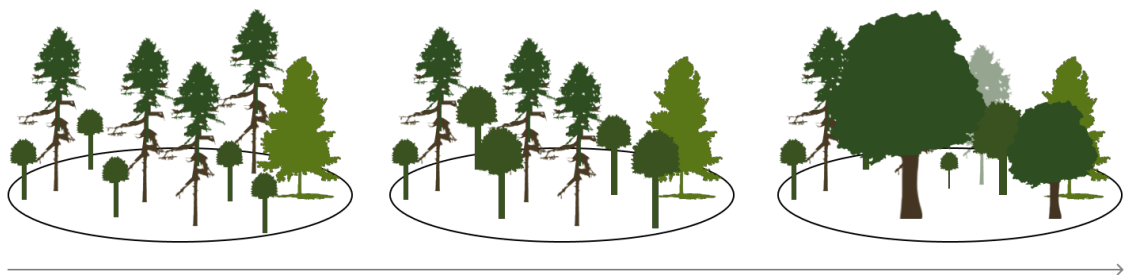


Abb. 32: Entwicklung eines Verjüngungsklumpens: Standorttaugliche Arten etablieren sich
Eigene Darstellung auf Grundlage von Henning (2021)

Ein weiteres wirksames Konzept ist die Qualifizierung und Dimensionierung, die sogenannte QD-Strategie. Diese Methode sieht vor, dass die Waldbesitzenden gezielt nur kleinräumige Bereiche, sogenannte Klumpen, eingreifen. Die umliegenden Flächen bleiben der natürlichen Entwicklung unbeeinflusst überlassen (siehe Abb. 32). Dadurch wird der arbeitsintensive Aufwand auf wenige, klar definierte Punkte beschränkt. Zur Reduzierung der Pflegekosten wird beispielsweise die Laubholzpflanze nur in kleinen Klumpen durchgeführt, die einen Durchmesser von etwa fünf bis sieben Metern aufweisen (Henning, 2021).

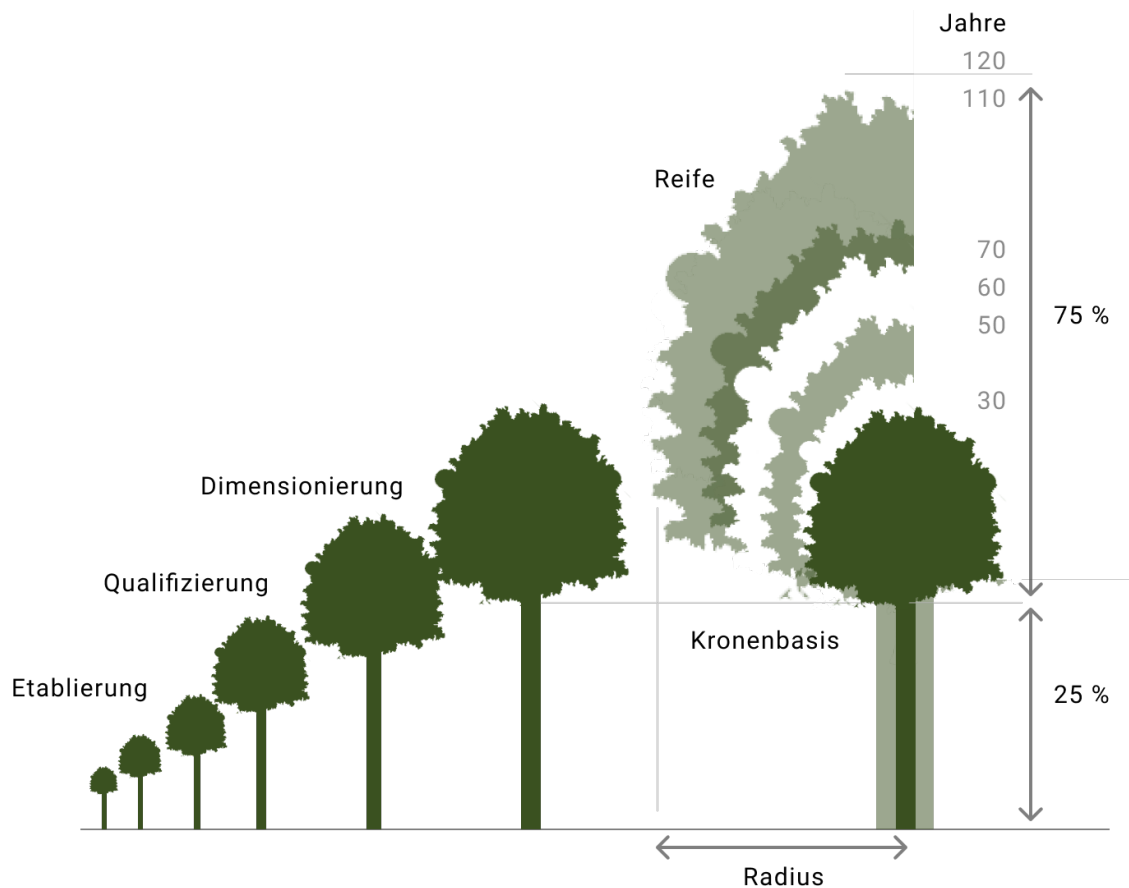


Abb. 33: Visualisierung der QD-Strategie, um wertvolle Stämme zu produzieren
Eigene Darstellung auf Grundlage von Roschy (2018)

Ziel ist es, wertvolles Stammholz zu produzieren, in dem sich die Z-Bäume im Bestand etablieren. Die Z-Bäume werden in der Qualifizierungsphase gezielt ausgewählt und gefördert. Diese stehen oft in den Klumpen.

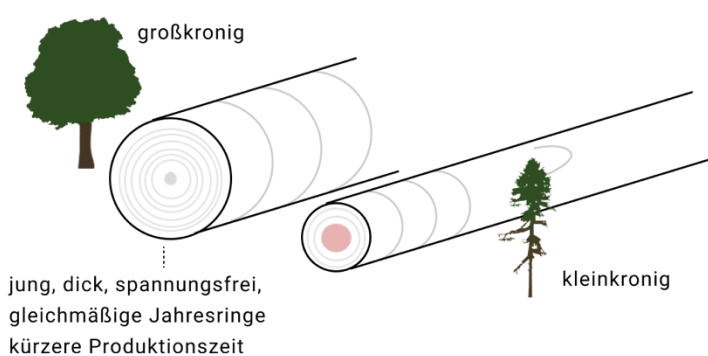


Abb. 34: Wertholzproduktion im Vergleich
Eigene Darstellung auf Grundlage von Roschy (2028)

In der Dimensionierungsphase werden diese Bäume durch Eingriffe freigestellt, um ihr Wachstum zu fördern. Weitere Maßnahmen erfolgen nur in dem Radiusbereich des Z-Baums. Durch den Mindestabstand von zwölf Metern zwischen den Klumpen wird der Pflegeaufwand stark reduziert. Nach diesem Minimalprinzip wird nur dort gepflegt, wo der Nutzen am höchsten ist. Abbildung 33 zeigt die Wuchsphasen des etablierten Z-Baums und wie er im Abstand zum nächsten steht. In der Zielsetzung wird im Vorfeld die gewünschte Stammlänge festgelegt von ungefähr 25 Prozent der

maximalen Baumhöhe. Ab einem Minstdurchmesser von 40 Zentimetern erhält man die Holzklasse A, die ausgezeichnete Qualität des Stammholzes (siehe Abb. 34).

Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Erkenntnis, dass Waldumbau nicht flächendeckend und gleichzeitig erfolgt. Vielmehr werden standortgerechte Baumarten zunächst nur in Teilflächen eingebracht und gepflegt, während nicht geeignete Arten wie etwa die Fichte sukzessiv entfernt werden. Durch die allmähliche Vergrößerung der bearbeiteten Teilflächen und die stetige Ausweitung ihrer Anzahl lässt sich der Waldumbau langfristig auf die gesamte Fläche übertragen. Dieses schrittweise Vorgehen ist nicht nur ressourcenschonend, sondern ermöglicht auch eine kontinuierliche Anpassung an die standörtlichen Gegebenheiten sowie an wirtschaftliche und personelle Rahmenbedingungen. Welche Maßnahmen erforderlich sind, ist individuell zu betrachten. Mögliche Handlungen für die Waldbesitzenden bietet Tabelle 5.

Tab. 5: Beispiele für waldbauliche Maßnahmen nach Henning (2021)

Maßnahme	Begründung
Begründung von Mischwäldern sowie der Umbau von Reinbeständen	<i>Durch die Vielfalt an Baumarten und Ungleichaltrigkeit sind Mischwälder flexibler</i>
Reduzierung der Fichte sowie Beimischung von Mischbaumarten in Monokulturen	<i>Die vermehrten Windwürfe sowie die besseren Bedingungen für Schadinsekten machen selbst in Höhenlagen eine Bewirtschaftung von Monokulturen unmöglich</i>
Naturverjüngung	<i>Bäume, die durch Naturverjüngung aufkommen, sind an die standörtlichen Bedingungen besser angepasst</i>
Verjüngung vermehrt unter dem Schirm des Altbestandes	<i>Da die Verjüngung auf Kahlflächen stärker unter Trockenstress leiden wird, soll die Verjüngung (künstlich oder natürlich) durch den Schatten des Altbestands vor Austrocknung geschützt werden</i>
Einsatz von trockenresistenten fremdländischen Baumarten wie der Douglasie	<i>Als zuwachskräftige Mischbaumart stellt die Douglasie eine Alternative zur Fichte dar, da diese Trockenheit besser verträgt. Sie sollte aber nicht im Reinbestand angebaut werden.</i>
Kahlschläge vermeiden	<i>Die Bäume sollten lieber permanent gepflegt werden, was zwar zeitintensiver ist, aber weniger kostet als eine Aufforstung und Durchforstung</i>

Es ist erforderlich, die theoretische Grundlage eines naturnahen Waldumbaus zu verstehen, um die komplexen Zusammenhänge für die Zielgruppe aufzubereiten.

8.2 Informationsarchitektur

Die Struktur innerhalb der Anwendung zu definieren, ist ein wichtiger Bestandteil bei der Gestaltung eines digitalen Produkts. Die Informationsarchitektur ist in Form eines Baumdiagramms visualisiert und stellt die Navigationswege dar.

Farblich hervorgehobene Felder stehen für eigenständige Seiten der Benutzeroberfläche, während konturierte Felder Inhalte der übergeordneten Seite visualisieren (siehe Abb. 35). Lila markierte Elemente kennzeichnen dabei Funktionen, die auf KI-gestützten Analysen und generierten Inhalten beruhen.

Um die Einführung zu personalisieren, müssen genügend Daten zum Waldstück vorhanden sein. Diese können sich nicht nur auf Fernerkundungsdaten beschränken. Damit ein Bezug zum Waldstück entsteht, sind Eingaben relevanter Informationen der nutzenden Person obligatorisch. Das ist für die Flurstücksuche unerlässlich. Daher ist das Durchlaufen einer initialen Analyse im Falle von bestehendem Waldbesitz obligatorisch. Die Erstanalyse erfüllt dabei eine doppelte Funktion: Sie stellt eine essenzielle Kernfunktion im Sinne der „Must Have“-Kriterien dar, wird jedoch von den Nutzenden als natürlicher Bestandteil der Einführung wahrgenommen. Gleichzeitig lernen die Nutzenden durch diesen Prozess sowohl zentrale Inhalte als auch die grundsätzliche Navigationslogik der Anwendung kennen. Das darauf aufbauende Dashboard bildet die zentrale Schaltfläche zur weiteren Interaktion. Alle untergeordneten Seiten sind nach den Ergebnissen der Erstanalyse in ihren Inhalten separiert. Diese aufgelisteten Inhalte werden als Teil der Funktionen in Abschnitt 9.5 näher erläutert.

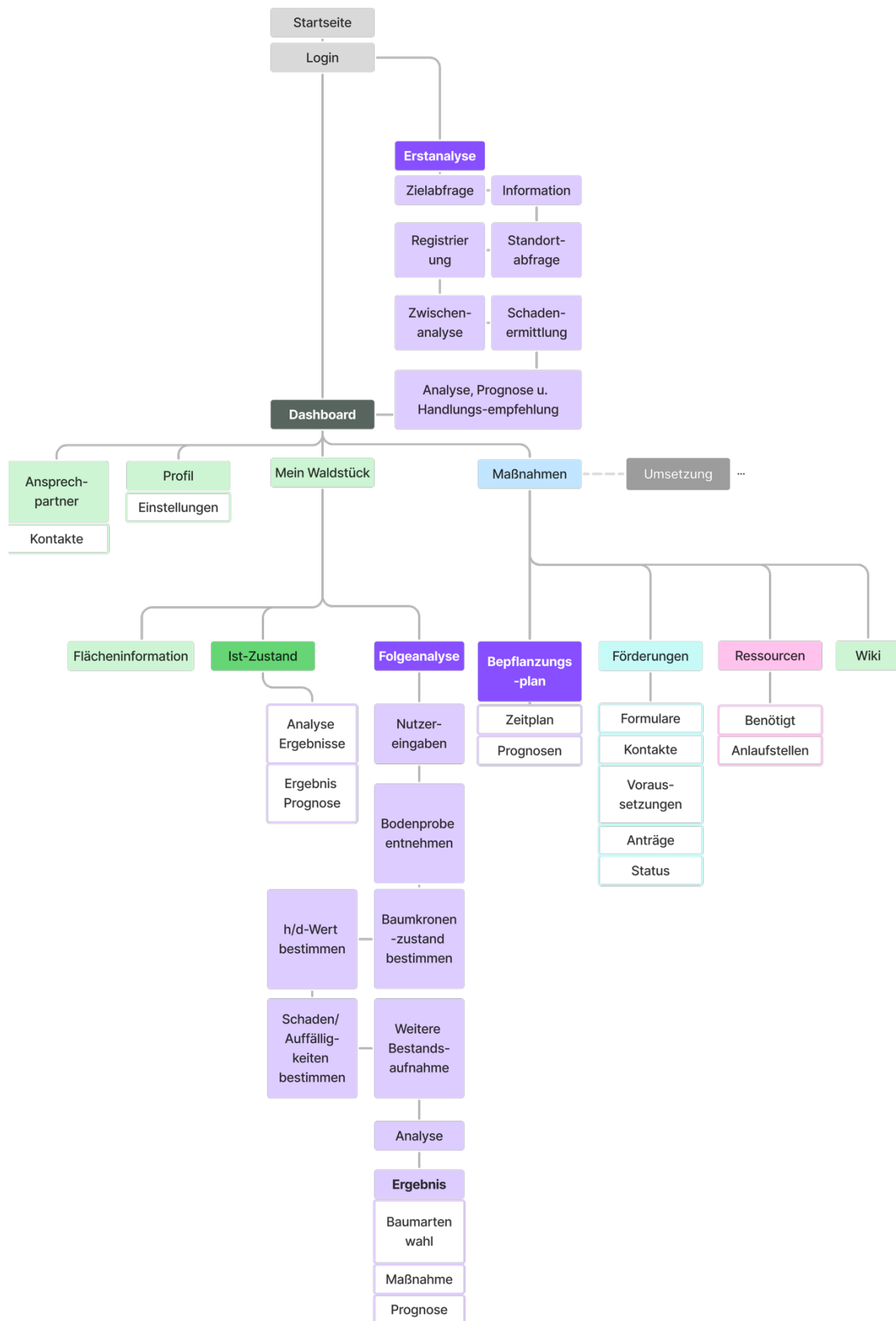


Abb. 35: Informationsarchitektur der Anwendung
Eigene Darstellung

8.3 Einsatz von Künstlicher Intelligenz

Eines der gestalterischen Herausforderungen war die Wertinnovation (vgl. Abschnitt 5.3). Die Erkennung von wandelnden Nutzerwerten im Prozess des Waldumbaus kann durch den Einsatz eines KI-Algorithmus unterstützt werden.

Die KI-gestützten Analysen und Prognosen stellen dabei einen zentralen Bestandteil der Wertinnovation dar. Diese umfasst zum einen den Einsatz moderner Technologien wie künstlicher Intelligenz und ermöglicht zum anderen die Berücksichtigung individueller Werte der Nutzenden.

Es existieren verschiedene Datensätze, die online frei zugänglich sind. Darunter zählen Geoinformationssysteme (GIS), wie das Geoportal BW, oder Bodenrichtwerte von BO-RIS. Die gesammelten Daten werden in der Regel als Karte dargestellt und können, je nach Spezialisierung, von der nutzenden Person frei abgerufen werden. Wie in der Konkurrenzanalyse beschrieben (vgl. Abschnitt 5.2.5) mangelt viele Systeme nicht benutzerfreundlich, beinhalten aber wertvolle Informationen. Dazu zählen Flächengrößen, Nutzungstypen, Bodenrichtwerte oder Seehöhen. Diese Daten können Auskunft über den Standort in Form einer Fernanalyse geben. Das bedeutet, dass ein Waldbesitzer, der die Flurstücks- und Gemarkungsnummer sowie die zugehörige Gemeinde seines Waldstücks kennt, auf Basis dieser Angaben wertvolle Daten aus den entsprechenden Diensten abrufen kann (siehe Abb. 36).

Dadurch dass unterschiedliche Dienste aufgerufen werden, und nicht ersichtlich ist, welcher Dienst welche Daten zur Verfügung stellt, kann dieser Prozess automatisiert werden. Das ist nicht nur effizient, sondern bietet auch die Möglichkeit, die Daten zu interpretieren. Mit einer entsprechenden Eingabeaufforderung kann das KI-Modell ein passendes Ergebnis erzeugen (vgl. Anhang 11.4).

Eine Interpretation umfasst eine Analyse des Waldzustands, Prognosen der Weiterentwicklung und entsprechende Handlungsempfehlungen. Ergänzende Nutzereingaben können diese Ergebnisse präzisieren. Es ist zu betonen, dass ein KI-Algorithmus keine menschliche Fachexpertise ersetzen soll. Die Experten und Expertinnen sollen im Prozess involviert sein. Sei es durch örtliche Auskunft für bessere Ergebnisse oder Inspizierung der generierten Maßnahmen. Der Kontakt zu Behörden, oder der Revierleitung, ist demnach gewünscht, aber nicht essenziell. Die Fernanalyse bietet primär die Möglichkeit, da Bewusstsein für die Relevanz der eigenen Waldgesundheit zu formen. Der Behördenkontakt ist nicht zu vermeiden, da ein waldbauliches Gutachten für ein Förderantrag geprüft werden muss. Es soll eine kooperatives, und kein konkurrierendes Verhältnis entstehen. Wissen aus der Praxis ist gleichbedeutend zu bewerten, wie die Daten aus den GIS-Systemen.

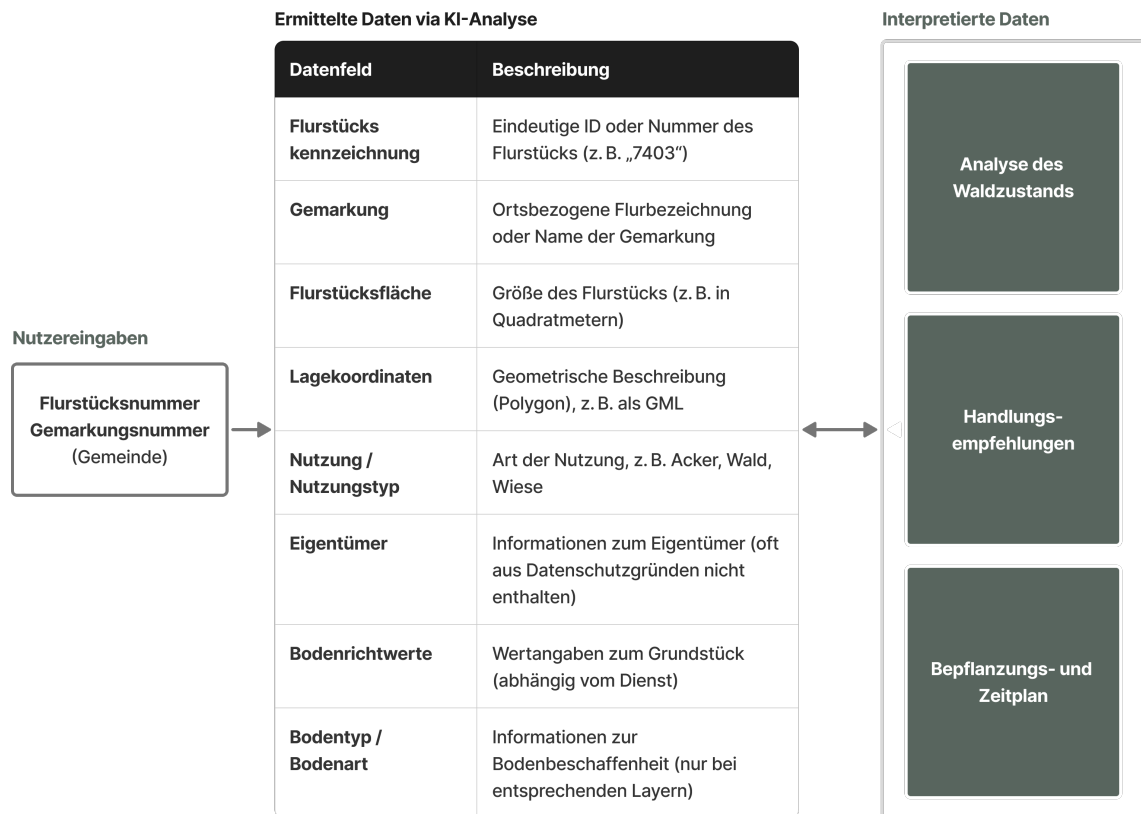


Abb. 36: KI-Modell zur Interpretierung der Daten
Eigene Darstellung

Das KI-Modell, das im Rahmen dieser Arbeit angewendet wurde, war die kostenlose **OpenAI GPT-4o-Version**. Eine wichtige Funktion dieses Large Language Models (LLM) ist die Fähigkeit zur Textgenerierung. Das ist für diese Forschungsarbeit unerlässlich, da sie die Daten in Texten präzisieren kann. Die Generierung von Bildern oder Visualisierungen wird in dieser Arbeit vorerst nicht miteinbezogen. Die Informationen, die in diesem Forschungsrahmen verarbeitet wurden, sind in Tab. 6 dargestellt.

Tab. 6: Informationsquellen zur KI-gestützten Analyse

System	Information
Geoportal BW	Flurstücknummer, Seehöhe, Lage, Baumkronenzustand, Bestandsalter
UDO-Viewer (LUBW)	Hanglage, Seehöhe, Hydrogeologische Einheit
BORIS	Nutzungsart, Bodenrichtwerterkennung,
FVA	Größe, Holzvolumen, Holzvolumen im Flurstück, Co ₂ -Speicher im Flurstück
Wetterdienst	Klimadaten

8.4 Anwendungsfall: Ein zufälliges Flurstück aus dem Schwarzwald

Um die Effektivität des KI-Modells zu untersuchen, wurde ein reales Flurstück als Anwendungsfall gewählt. Ziel dieser Vorgehensweise war es, zu untersuchen wie gut die verfügbaren Datensätze sich tatsächlich interpretieren lassen. Ein fiktives Beispiel hätte vermutlich ideale Ergebnisse erzielt, die Forschung sollte jedoch so realitätsnah wie möglich bleiben.



Abb. 37: Ausgewähltes Flurstück

Quelle: Geoportal BW

Das Flurstück wurde zufällig im Kartenviewer des Geoportal BW in einem kritischen Waldgebiet herausgesucht (siehe Abb. 37). Der oder die Eigentümende ist nicht bekannt. In der Hoffnung, ein geeignetes Untersuchungsobjekt gefunden zu haben, erfolgte die erste Fernanalyse.

Zunächst wurden alle frei zugänglichen Informationen zu diesem Flurstück ermittelt. Da die Flurstücknummer bei der Auswahl ersichtlich war, konnten die genannten Systeme aus Tabelle 6 (siehe Abschnitt 8.3) die dazugehörigen Informationen liefern. Der aktuelle Forschungsstand für einen naturnahen Waldumbau bildete die Basis für die Analyse. Die Fachinformationen, die im Anhang 10 abgebildet sind, wurden vorab der KI übermittelt, um zuverlässige sowie fundierte Ergebnisse zu liefern. Die Fernanalyse erfolgte, ohne das Waldstück vor Ort begutachtet zu haben. Die Ergebnisse schienen überraschend zuverlässig zu sein. Es handelt sich um eine forstwirtschaftlich genutzte Fläche im Grenzübergang des Schwarzwalds und der Schwäbischen Alb. Die Dichte der Baumkronen aus den Luftbildern lieferten Hinweise auf eine aktive Vegetation. Die unterschiedlichen Farbkontraste vermuten einen Mischbestand. Die gleichmäßige Struktur der Satellitenaufnahme könne jedoch auf einen künstlich aufgebauten Fichtenbestand hinweisen. Das KI-Modell stufte die Stabilität des Bestandes als stark gefährdet ein, da die Fichten, wenn vorhanden, nicht standortgerecht gepflanzt sind. Warnungen vor Windsturz, sowie die sinkende Wirtschaftlichkeit wurden betont. Mit dem Hintergrundwissen, dass viele Waldstücke im Schwarzwald von Borkenkäfern befallen sind, wurden Prognosen gestellt und Handlungsmaßnahmen empfohlen. Das gesamte Ergebnis der Fernanalyse kann im Anhang 11.5 nachgelesen werden.

Um dieses Ergebnis zu überprüfen, erfolgte eine Inspektion des Bestandes vor Ort. Tatsächlich erwies sich die Fehlerquote als gering. Es handelte sich um einen Fichtenbestand, der trotz mangelnder Vitalität, ein dichtes Baumkronendach aufwies. Die als vital eingestufte Vegetation war die einzige Fehlinterpretation. Das Stück erweiterte sich im hinteren Teil um einen kleineren Mischbestand. Holzarbeiten und die Markierung von Bäumen, der sogenannten Auszeige, deuteten auf Aktivität im Waldstück hin. Der Bestand wirkte, selbst als Laie, instabil. Die Standortbedingungen eigneten sich optimal für eine tiefergehende Folgeanalyse (siehe Abb. 38).



Abb. 38: Impressionen des Waldstücks

Links: Fichtenbestand; Mitte: Mischbestand; Rechts: Baumkronendach

Eigene Aufnahmen



Abb. 39: Messung des h/d-Werts

Eigene Aufnahme

Um die Standortanalyse zu vervollständigen, ist es unerlässlich im Waldstück vor Ort kleinere Untersuchungen zu tätigen. Daten zum Höhe-Durchmesser-Verhältnis der Bäume (h/d-Wert), Lichtverhältnisse sowie eine erweiterte Bestandsaufnahme fehlten. Diese Informationen wurden stichprobenartig gesammelt (siehe Abb. 39). Anschließend wurden die fehlenden Daten im Informationspool ergänzt, um ein präziseres Ergebnis zu erzielen. Die Fotos und Informationen dieser Untersuchung werden im Prototyp als Material angewendet. Der Maßnahmenplan und die Prognosen sind generiert und beruhen auf der beschriebenen Vorgehensweise. Keine der Maßnahmen oder Inhalte wurden fachlich korrigiert oder inspiziert. Es gibt keinen Hinweis auf personenbezogene Daten, das Flurstück dient rein zu Darstellungszwecken.

Alle ermittelten Daten sind im Anhang unter 11.1 einsehbar. Weitere Fotos finden sich unter Anhang 11.2.

8.5 Funktionen

Welche Funktionen in der Anwendung zu finden sein sollen, wurde aus der Informationsarchitektur (vgl. Abschnitt 8.2) abgeleitet.

WALDIG ist der Name der webbasierten Anwendung. Die Namensgebung kann wörtlich verstanden werden und verweist direkt auf die Bewaldung, ohne eine direkte Zielsetzung zu adressieren. Vorurteile sollen durch den Namen nicht provoziert werden, deshalb wurde auf konkrete waldbauliche Begriffe verzichtet. Gleichzeitig ist im Namen das Element „DIG“ als dezente Anspielung auf die digitale Anwendung eingebettet.

8.5.1 Den Ist-Zustand bestimmen: Die Erstanalyse

Eine Standortanalyse des Waldstücks ist unerlässlich, um festzustellen, ob und welche waldbaulichen Maßnahmen erforderlich sind. Die Erstanalyse ist für neue Besuchende obligatorisch, da sie als inhaltliche Einführung fungiert und sie die Nutzerführung kennenlernen. Mit kurzweiligen Theorieeinheiten soll die nutzende Person für Waldgesundheit sensibilisiert werden. Hier sind Visualisierungen angedacht, die komplexe Zusammenhänge im Waldumbau erläutern. Die Theorieeinheiten wechseln mit Abfragen zum eigenen Waldstück ab. Je weiter die Nutzenden im Prozess fortschreiten, und je mehr Angaben sie zu ihrem Waldstück hinterlassen, desto spezifischer werden die Inhalte. Grund dafür ist der Bezug, der zum jeweiligen Waldstück geschaffen wird. Wenn ein Waldbesitzer angibt, Fichten zu verfügen und einen hohen Holzertrag anzustreben, folgen Informationen welche Bedeutung Fichten in der Holzwirtschaft tragen. Gleichzeitig werden die Daten, die dabei von der nutzenden Person hinterlegt wird, interpretiert. In diesem Beispiel würden Informationen folgen, wie zukunftsfähig eine Fichtenbewirtschaftung und ob sein Standort dafür geeignet ist.

Ziel dieser Erstanalyse ist es, bereits in der Einführungsphase das Bewusstsein für den Zustand des eigenen Waldes zu stärken. Die Entscheidung, sich weiter mit dem Produkt auseinanderzusetzen, soll dabei idealerweise auf intrinsischer Motivation beruhen, indem die Relevanz des Waldumbaus in den Vordergrund rückt. Die Benutzerfreundlichkeit soll dieses Ziel unterstützen. Das Ergebnis dieser Analyse ist eine Einschätzung der Gesundheit des eigenen Waldstücks. Die Informationen werden mit Fernerkundungsdaten und Angaben der Nutzenden per KI-Analyse ermittelt und interpretiert.

Um die spezifischen Gegebenheiten eines Waldstücks angemessen berücksichtigen zu können, ist die Erhebung grundlegender Informationen von der nutzenden Person erforderlich. Zunächst steht die Einschätzung des aktuellen Bestands im Fokus. Dabei ist relevant, welche Baumarten im Bestand vorherrschen, welche nur vereinzelt auftreten und welche möglicherweise ganz fehlen. Für die erste Analyse genügt eine grobe Einschätzung, eine detaillierte Bestimmung ist zu diesem Zeitpunkt nicht notwendig. Darüber hinaus liefern Informationen zur Entstehungsgeschichte des Waldes sowie zu dessen Alter wertvolle Hinweise auf mögliche Entwicklungen in der Zukunft. Ergänzend sind Angaben zu Schadereignissen, wie Sturm oder Schädlingsbefall, und zu bereits erkennbaren Veränderungen innerhalb des Bestandes hilfreich, um bestehende Tendenzen

einordnen zu können. Ebenso bedeutsam sind die individuellen Zielvorstellungen der Waldbesitzenden. In vielen Fällen besteht das angestrebte Ziel darin, einen stabilen und gesunden Bestand aufzubauen, der langfristig ökologisch sinnvoll ist und gleichzeitig die Grundlage für die Produktion von qualitativ hochwertigem Stammholz bildet.

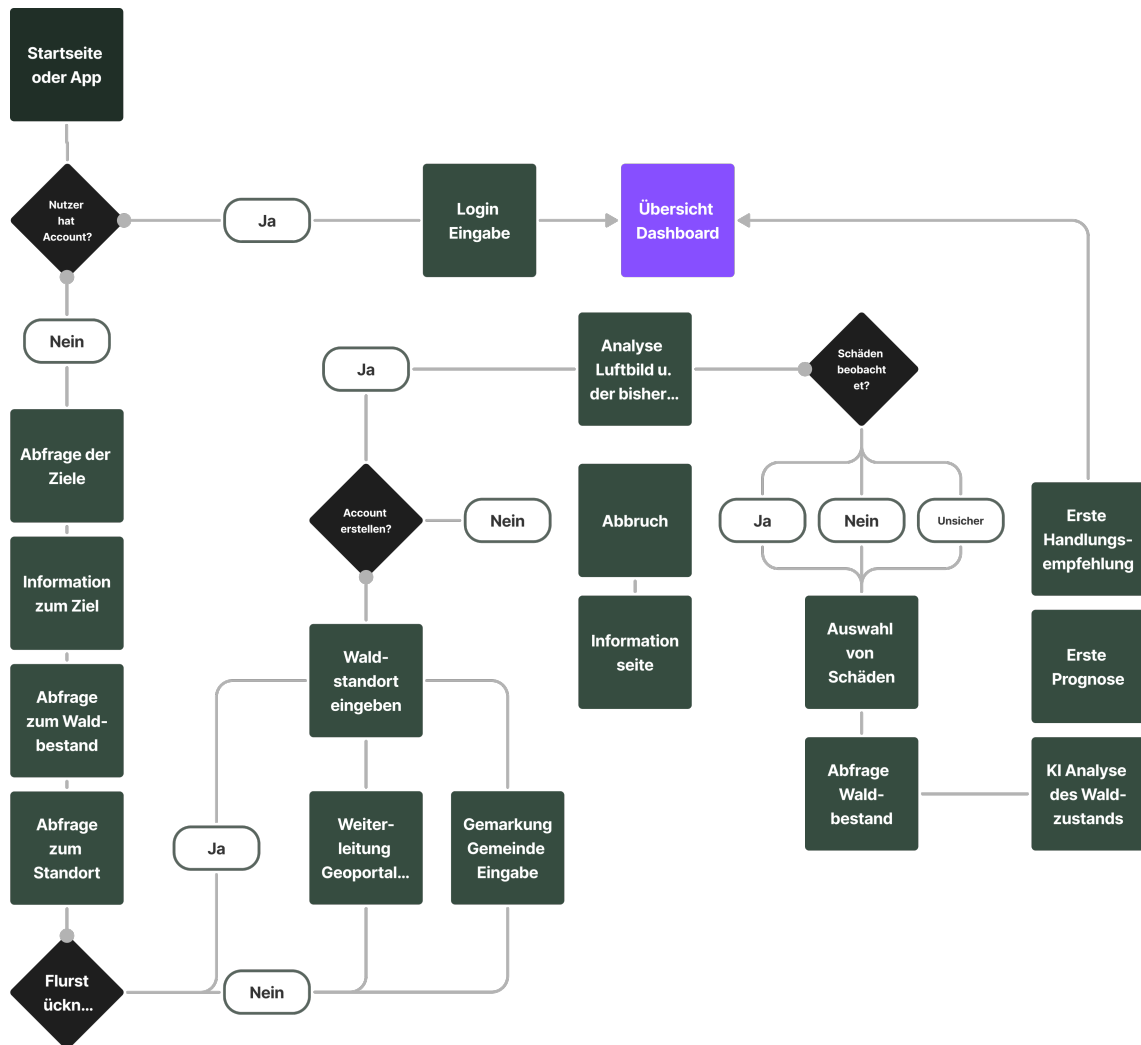


Abb. 40: Userflow der Erstanalyse
Eigene Darstellung

Eine umfassende Bestandsanalyse kann ohne digitale Hilfsmittel einen hohen zeitlichen Aufwand erfordern und mehrere Stunden in Anspruch nehmen. Die Erstanalyse verfolgt daher das Ziel, erste Einschätzungen zu ermöglichen, ohne die Nutzenden mit einer Vielzahl komplexer Eingaben zu überfordern (siehe Abb. 40). Der notwendige Mehraufwand erfolgt erst in einer nachgelagerten Folgeanalyse. Damit soll verhindert werden, dass der Analyseprozess aufgrund fehlender Daten oder zu hoher Hürden frühzeitig abgebrochen wird. Alle öffentlich zugänglichen Informationen werden in der Erstanalyse erfasst und ermöglichen so einen ersten Überblick über den Zustand des Waldes bereits „von zu Hause aus“.

Allgemeine Standortdaten



Abb. 41: Geländeinfo im UDO-Viewer
Höhe, Neigung (°), Neigung %, Ausrichtung (°)
Quelle: UDO-Viewer der LUBW

Um diese Daten zu erfassen, ist erforderlich, das Flurstück ausfindig zu machen. Der Standort kann mit Hilfe der Flurstücknummer, der Gemeinde und der Gemarkung bestimmt werden. Diese Informationen sollten den Waldbesitzenden in der Regel bekannt sein, da sie im Falle von Eigentum, ein Grundbucheintrag zu ihrem Stück besitzen sollten. Wenn nur zwei von den drei Informationen bekannt sind, kann in den meisten Fällen eine automatische Ermittlung auf Basis der anderen zwei erfolgen. Zu den allgemeinen Standortdaten zählen unter anderem die

Größe der Fläche, die Seehöhe und die Hanglage. Mit dem Geoportal BW kann die Seehöhe in einer bestimmten Ebene angezeigt werden.

Die Region, in der sich das Waldstück befindet, lässt sich durch die Verortung ableiten. Mithilfe des UDO-Viewers der LUBW lassen sich sowohl die Hangneigung in Prozent als auch in Grad ermitteln (siehe Abb. 41). Zusätzlich kann die hydrogeologische Einheit bestimmt werden (vgl. Anhang 11.3). Dabei handelt es sich um einen geologischen Bereich in Form eines Gesteinskörpers, der Hinweise auf das Verhalten von Grundwasser geben kann, beispielsweise auf die Versickerungsfähigkeit des Bodens. Die Plattform BORIS liefert darüber hinaus Informationen zu Bodenrichtwerten und zur Flächennutzungsart. Relevante Klimadaten wie der durchschnittliche Niederschlag im Sommer und Winter können durch die Eingabe des Standorts über den Klimadienst abgerufen werden (siehe Tab. 7).

Tab. 7: Erhebung der Standortdaten

Daten	Erhebung
Gemeinde/Gemarkung/ Flurstücknummer, Ziel des Bestands	Nutzereingabe
Größe, Seehöhe, hydrogeologische Einheit, Hanglage, Nutzungsart, Klima	Fernerkundungsdienste UDO-Viewer, BORIS, Geoportal BW, FVA

Baumartenanteil

Um zu bewerten, wie standorttauglich der aktuelle Bestand ist, ist es erforderlich, die Zusammensetzung der Arten zu begutachten. Da vermutlich den meisten Waldbesitzenden nicht alle Pflanzen zum Zeitpunkt der Erstanalyse bekannt sind, werden nur die dominierenden Arten abgefragt. Die meisten instabilen Waldstücke sind auf

standortfalsche Fichtenbestände zurückzuführen. Aus diesem Grund wird nach dieser Information gezielt gefragt. Die Fragestellung ist konkret, lässt aber Schätzungen der Waldbesitzenden zu. Durch Wörter wie „ungefähr“ oder „wahrscheinlich“ soll die Unsicherheit über die eigenen Angaben gemindert werden. Es ist besser, eine unsichere Aussage zu treffen, als keine. Eine unsichere Aussage kann interpretiert werden. Eine Korrektur ist im Nachtrag dauerhaft möglich.

Eine Monokultur oder ein Mischbestand lässt sich grundsätzlich anhand von Satellitenbildern erkennen, die Aussagekraft dieser Methode ist jedoch begrenzt. Für eine höhere Verlässlichkeit wird daher eine ergänzende Nutzereingabe erforderlich.

Anschließend zur Artenzusammensetzung ist auch das grobe Mischverhältnis von Bedeutung, wie zum Beispiel 2/3 Fichte, 1/3 Lärche und einzelne Bergahornbäume. Die Abfrage erfolgt in drei Stufen:

Baumarten und Pflanzen mit

- **über 30 Prozent** gelten als ein mittlerer bis hoher Bestand.
- **weniger als 30 Prozent** gelten als kleiner bis mittlerer Bestand.
- **weniger als 10 Prozent** gelten als kleiner Bestand.

Der Bestand begrenzt sich nicht auf die Baumarten. Ein Waldökosystem beinhaltet mehrere Schichten in unterschiedlichen Höhen. Diese „Stockwerke des Waldes“ (Waldwissen.net, o.J.) können von Nutzenden ergänzt werden. Informationen zum Vegetationszustand können erste Hinweise auf die Lichtverhältnisse vor Ort geben (vgl. Anhang 10 in Tab. 9)

Die typische, natürliche Artenzusammensetzung des Waldgebiets, der sogenannten Waldgesellschaft, lässt sich per Fernanalyse bestimmen. Jedoch müssen die genauen Angaben, was tatsächlich vor Ort wächst, von den Waldbesitzenden gemacht oder in der Folgeanalyse (vgl. Abschnitt 8.5.2) ergänzt werden.

Das grobe Mischverhältnis kann Auskunft darüber geben, ob sich Arten verdrängen und wie sie miteinander harmonisieren. Oft sind die persönlichen Ziele des Bestands nicht kompatibel mit der Artenzusammensetzung.

Bestandsgeschichte

Informationen über die Herkunft und das Alter des Bestands können hilfreich sein, sind jedoch nicht zwingend erforderlich. Das Bestandsalter bezieht sich auf die Baumarten in ihrer Gesamtheit und nicht auf individuelle Einzelpflanzen. Sofern entsprechende Daten vorliegen, kann die Nutzereingabe Aufschluss darüber geben, wie stammzahlreich der Bestand ist und in welchem Maße Konkurrenz zwischen den Bäumen besteht. Die Bestandsgeschichte zählt zu den Schätzabfragen, da ihre Angabe nicht zentral für die weitere Analyse ist.

Lichtverhältnisse

Im Rahmen der ersten Analyse ist es ausreichend, eine grobe Einschätzung der Lichtverhältnisse vorzunehmen. Dabei soll beobachtet werden, wie viel Licht tatsächlich den

Waldboden erreicht. Rückschlüsse lassen sich unter anderem aus dem Vorkommen und der Verteilung bodennaher Pflanzen ziehen. Diese Beobachtung ist insbesondere im Hinblick auf die natürliche Verjüngung, die selbständige Erneuerung des Waldes durch Samen, relevant. Zu hohe Lichtverfügbarkeit kann dazu führen, dass vermehrt Gräser und Kräuter wachsen, wodurch die Entwicklung der nächsten Baumgeneration erschwert wird. Die Einschätzung erfolgt durch die nutzende Person, beispielsweise anhand von Fotoabfragen oder durch das Hochladen eigener Aufnahmen. Wenn keine Einschätzung erfolgt, kann die Bestimmung vor Ort in der Folgeanalyse stattfinden.

Stabilität

Um die Stabilität des Bestandes einzuschätzen, können die Waldbesitzenden Angaben zu bisherigen Schadereignissen tätigen. Die finale Interpretation erfolgt am Ende aller Nutzereingaben, um die Stabilität zuverlässig zu bewerten.

Baumkronenzustand

Tab. 8: Erhebung der Bestandsdaten

Daten	Erhebung	Die Einschätzung des Kronenzustands ist eine grundlegende Beurteilung der Konkurrenzverhältnisse innerhalb des Bestandes. Auf diese Weise kann erkannt werden, ob Herausschlagen von Bäumen (Durchforstung) erforderlich ist, welche Baumarten unterdrückt werden, und welche vorherrschend sind. Erste Hinweise lassen sich visuell erfassen, darüber hinaus kann eine ergänzende Betrachtung mithilfe von GIS-Systemen erfolgen. Das Geoportal BW bietet hierzu verschiedenen Ebenen, die überlagert werden können, um weiterführende Informationen zur Struktur und Dichte des Bestandes zu gewinnen. Alle Einstellungen für die Datenerhebungen sind im Anhang unter 11.7 zu finden.
Artenzusammensetzung mit grobem Mischverhältnis, Schichtbestände, Lichtverhältnisse, Bestandsalter, Schadereignisse	Nutzereingabe	
Baumkronenzustand, Natürliche Waldgesellschaft,	Fernerkundungsdienste Geoportal BW	

werden, und welche vorherrschend sind. Erste Hinweise lassen sich visuell erfassen, darüber hinaus kann eine ergänzende Betrachtung mithilfe von GIS-Systemen erfolgen. Das Geoportal BW bietet hierzu verschiedenen Ebenen, die überlagert werden können, um weiterführende Informationen zur Struktur und Dichte des Bestandes zu gewinnen. Alle Einstellungen für die Datenerhebungen sind im Anhang unter 11.7 zu finden.

Die Zusammenführung der Fernerkundungsdaten mit den Angaben der nutzenden Person ergibt eine umfassende Standortanalyse, die den Ist-Zustand des Waldstücks visualisiert (siehe Tab. 8).

8.5.2 Den Ist-Zustand bestimmen: Die Folgeanalyse

Nach Abschließen der Einführung in Form der Erstanalyse werden die Waldbesitzenden auf das Dashboard geleitet. In der Unterseite der Analyseergebnisse haben sie die Möglichkeit, die Folgeanalyse zu vervollständigen. Das Ziel der Folgeanalyse ist es, fehlende Daten zum Waldstück zu ergänzen. Das ist erforderlich, um die Maßnahmenpläne so genau wie möglich auf die Standortbedingungen zuzuschneiden. Die beizufügenden

Datensätze sind nur vor Ort im Wald zu sammeln. Das können zum einen komplett neue Informationen sein oder die Prüfung der Schätzungen, die in der Erstanalyse angegeben wurden. Diese zusätzliche Untersuchung soll das Risiko einer Fehlinterpretation der Erstanalyse verringern. Die Methoden wurden vereinfacht und können ohne forstliche Begleitung angewendet werden.

Für diese Funktion ist ein Offline-Modus voraussetzend. Diese technische Anforderung kann ein Smartphone erfüllen. Angedacht ist eine App, die nur auf die Funktionen der Folgeanalyse beschränkt ist. Die benötigten Inhalte können heruntergeladen und vor Ort als Hilfestellung genutzt werden. Alternativ sind druckbare Anweisungen am Computer eine weitere Option, wenn das mobile Endgerät die technischen Anforderungen nicht erfüllen kann. Die Daten können von den Waldbesitzenden analog vor Ort gesammelt und zuhause nachgetragen werden (siehe Abb. 42).

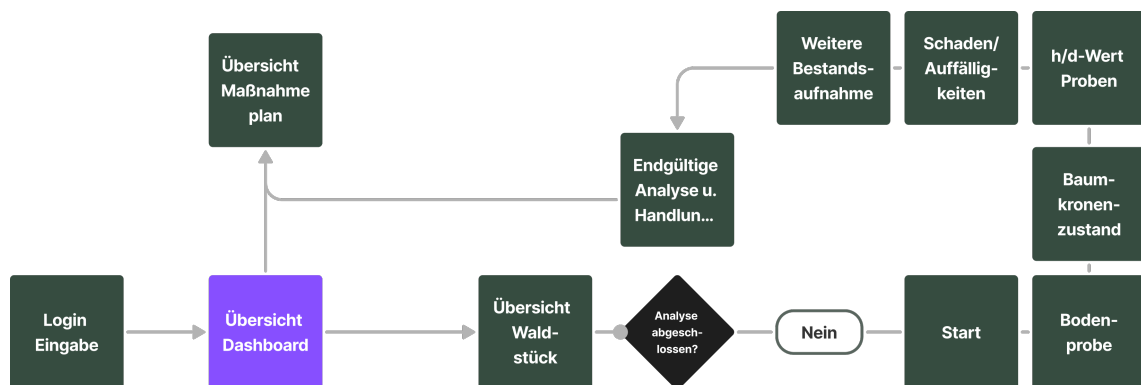


Abb. 42: Userflow der Folgeanalyse
Eigene Darstellung

Lichtverhältnisse

Im Rahmen der Erstanalyse wurden geschätzte Angaben zu den Lichtverhältnissen gemacht. Die Einschätzung, wie viel Licht tatsächlich auf den Boden fällt, kann aus der Ferne schwierig sein. Da es auch die Auswahlmöglichkeit gibt, sich in der Angabe nicht sicher zu sein, können Fotos oder Aufnahmen der Kamera die Annahmen bestätigen. Diese Daten sind für die Naturverjüngung von hoher Bedeutung, da zu viel Lichteinfall Gräser und Kräuter statt die nächste Baumgeneration fördert (vgl. Anhang 10 in Tab. 10).

Baumkronenzustand

Die erweiterte Analyse des Baumkronenzustands kann wichtige Erkenntnisse nach sich ziehen. Ob eine Durchforstung nötig ist, könnte dementsprechend eine Schlussfolgerung sein. Die Auskunft ist entscheidend, da so die Konkurrenzverhältnisse der Bäume bestimmt werden können. Die Waldbesitzenden sollen dokumentieren, welche Baumarten unterdrückt werden oder vorherrschend sind.

Stabilität: h/d-Wert

Das Verhältnis von Baumhöhe (h) zu Brusthöhendurchmesser (d), der sogenannte h/d-Wert, ist in der Forstwirtschaft ein wichtiges Maß zur Beurteilung der Standfestigkeit eines Baumes. Es gibt Aufschluss darüber, wie anfällig ein Baum gegenüber äußeren Einwirkungen wie Wind oder Schnee ist. Ein hoher h/d-Wert bedeutet, dass ein Baum im Verhältnis zu seinem Stammdurchmesser sehr hochgewachsen ist, was das Risiko für Windwurf und Schneebruch erhöht. Ziel forstlicher Maßnahmen wie der Durchforstung ist es daher häufig, den h/d-Wert zu senken, um die Stabilität des Bestandes zu verbessern. Für die Bestimmung des h/d-Werts werden in der Praxis Messinstrumente wie ein Maßband für den Durchmesser und ein Höhenmessgerät benötigt. Da die technischen Ressourcen von den Waldbesitzenden oft beschränkt sind, ist im Rahmen der Anwendung lediglich das Maßband erforderlich.

Die Ermittlung des Werts ist eine mathematische Rechnung. Zuerst wird der Umfang des Baums mit dem Maßband gemessen. Anschließend muss die Höhe ermittelt werden. Es existieren Smartphone-Anwendungen, die erlauben, Entfernungen in variablen Maßeinheiten zu ermitteln, wie beispielsweise die App „Maßband“ von Apple. Hohe Distanzen sind mit diesen Anwendungen nur beschränkt messbar. Demnach wurde ein Ansatz konzipiert, der einen Meter zuverlässig im Kameramodus abmessen lässt. Sobald dieser Meter per Drücken und Loslassen definiert wurde, kann dieser neben dem Baum „gestapelt“ werden. So wird die Höhe des Baums innerhalb der Bildschirrkamera einschätzbar. Da die aufgerundete Meteranzahl ausreicht, um eine zuverlässige Einschätzung des h/d-Werts zu erhalten, ist eine präzisere Ausmessung nicht nötig. So erhalten die Waldbesitzenden den Umfang des Stamms, sowie die ungefähre Höhe des Baums. Die Daten können gesammelt und anschließend in der Anwendung auf dem Smartphone oder im Browser daheim eingetragen werden. Die Anzahl der Stichproben hängt von der Größe des Bestands ab. Ein Vorteil der App ist die automatische Zählung der eingetragenen Bäume. Die errechneten Werte können anschließend für den Maßnahmenplan berücksichtigt werden.

Bodenart

Die Bodenart kann mit einer einfachen Fingerprobe ermittelt werden. Normalerweise werden Bodenproben im Labor analysiert. Die sind in der Regel mit Kosten verbunden. Die Qualität eines Bodens lässt sich auch anhand bestimmter Pflanzen erkennen. (vgl. Anhang 10 in Tab. 11). Im Rahmen der Anwendung ist es ausreichend, sie im Bestandskatalog zu erfassen.

Für die Fingerprobe wird „der erdfeuchte Mineralboden zwischen zwei Fingern genommen und geformt“ (nach Henning, 2021). Anhand der Formbarkeit lässt sich bereits erkennen, ob es sich um einen sandigen oder bindigen, tonreichen Boden handelt. Das Ergebnis der Probe kann anschließend in der App oder im Browser dokumentiert und interpretiert werden.

Alle neuen Erkenntnisse aus der Folgeanalyse aktualisieren den Maßnahmenplan. Für eine präzisere Untersuchung wird eine forstliche Fachkraft empfohlen und bei Bedarf hinzugezogen.

8.5.3 Die Prognose des Waldbestands bei Nichthandeln

Die Prognose des Waldstücks ist Teil des Ergebnisses der Erstanalyse. Auf Grundlage aller verfügbaren Daten werden Zusammenhänge erkannt, analysiert und interpretiert. Ziel ist es, differenzierte Aussagen darüber zu treffen, wie sich der Waldbestand im Falle unterlassener Maßnahmen entwickeln könnte. Dabei werden verschiedene Entwicklungsszenarien berücksichtigt, um ein möglichst umfassendes Bild potenzieller Waldzustände zu erhalten. Die Verdeutlichung des aktuellen Ist-Zustandes dient in diesem Zusammenhang dazu, einem unkritischen Umgang mit möglichen Risiko- und Katastrophenszenarien vorzubeugen und das Bewusstsein für notwendige waldbauliche oder forstpolitische Maßnahmen zu schärfen.

Die Interpretationen werden in vereinfachte Visualisierungen übersetzt. Eine Anordnung in einem Zeitstrahl soll die Inhalte greifbarer machen und in ein realistisches Zeitfenster setzen. Ein dringlicher Handlungsbedarf wird auf diese Weise betont, sofern er durch die Ergebnisse gestützt wird.

8.5.4 Die Zielgesellschaft

Langfristige Stabilität kann durch die gezielte Pflanzung standortgerechter Arten im Sinne der potenziell natürlichen Waldgesellschaft erreicht werden. Ist ein umfassender Bestandsumbau erforderlich, werden Baumarten identifiziert, die unter Berücksichtigung aktueller und zukünftiger Standortbedingungen als zukunftsfähig gelten. In der Regel handelt es sich dabei um Baumarten, die natürlicherweise an diesem Standort vorkämen, wenn der bestehende, nicht standortgerechte Bestand nicht vorhanden wäre. Diese Arten sind ökologisch optimal an die lokalen Bedingungen angepasst. Ein Mischbestand, der Arten enthält, die mit den Standortverhältnissen nicht zurechtkommen, ist ebenso kritisch zu bewerten wie eine künstlich angelegte Monokultur.

Die Zielgesellschaft ist ein Ergebnis der Erstanalyse und kann sich bei abweichenden Daten in der Folgeanalyse aktualisieren. Die Darstellung der ausgewählten Baumarten wird in einem Mischverhältnis angegeben. Forstliche Termini werden punktuell eingesetzt, um die Inhalte fachlich korrekt, aber nicht überladen wirken zu lassen.

8.5.5 Die Handlungsempfehlungen und der Maßnahmenplan

Die auf Grundlage der Analyse abgeleiteten Handlungsempfehlungen sind in einem Maßnahmenplan zusammengefasst und zeitlich strukturiert dargestellt. In der Einführungsphase liegt der Fokus auf der Entwicklung eines Bewusstseins für die Bedeutung der Waldgesundheit. Die Abfrage verfügbarer Ressourcen erfolgt erst, nachdem die Nutzerin oder der Nutzer zum Dashboard weitergeleitet wurde (siehe Abb. 43). Auf der

Unterseite „Maßnahmenplan“ sind die Handlungsempfehlungen kompakt zusammengefasst. Dort können Waldbesitzende ihre eigenen Ressourcen im Detail ergänzen. Dazu zählen unter anderem die vorhandene Ausrüstung, der finanzielle Spielraum sowie zeitliche Kapazitäten. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Unterstützung durch eine forstliche Fachkraft in Anspruch zu nehmen. Der Maßnahmenplan ist jedoch so konzipiert, dass er auch in Eigenregie umsetzbar ist, um zusätzliche Kosten zu vermeiden. Wenn finanzielle Mittel zur Verfügung stehen, ist die Einbindung fachlicher Expertise jedoch ausdrücklich empfehlenswert. Dieses Vorgehen wird nicht kritisch bewertet, im Gegenteil, es spricht für ein aktives Engagement der Waldbesitzenden.

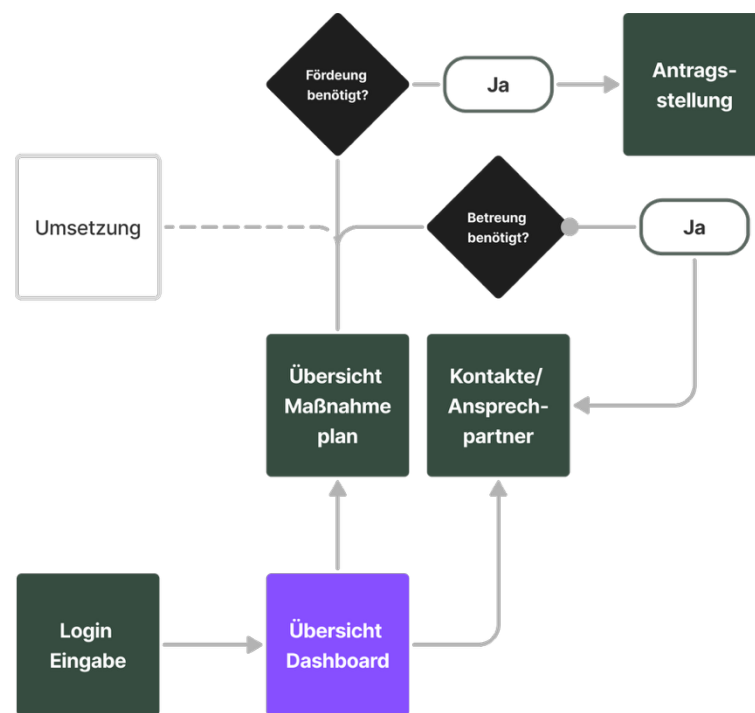


Abb. 43: Userflow des Maßnahmenplans
Eigene Darstellung

Waldbauliche Maßnahmen sind vielfältig und variieren hinsichtlich ihres erforderlichen Aufwands sowie der angestrebten forstlichen Zielsetzungen. Welche Maßnahmen greifen, ist abhängig von der natürlichen Waldgesellschaft, dem Fichtenanteil und dem Bestandsrisiko. Unter Berücksichtigung der vorherigen Analyse können genaue Handlungsempfehlungen herausgegeben werden.

Unter welchen Kriterien Maßnahmen sinnvoll sind, kann im Anhang 10 unter Tab. 14 eingesehen werden.

8.5.6 Die Antragsstellung einer Förderung

Der Förderantrag soll digital eingereicht werden können, wobei den Antragstellenden auch die Möglichkeit gegeben wird, den Bearbeitungsstatus jederzeit online einzusehen. Die Struktur und Funktionalität des Antragsverfahrens sollen dem aktuellen Stand technischer und administrativer Standards entsprechen. Dabei ist vorgesehen, dass alle

erforderlichen Angaben weitgehend automatisiert vorausgefüllt werden, sodass Nutzerinnen und Nutzer den Antrag lediglich um individuelle Informationen ergänzen müssen.

Die verfügbaren Förderangebote sollen übersichtlich dargestellt und in Bezug auf die individuelle Ausgangssituation der Waldbesitzenden bewertet werden können. Dabei ist es Ziel, die fachliche Komplexität zu reduzieren und durch unterstützende Begriffsdefinitionen das Verständnis der Inhalte zu erleichtern.

8.5.7 Der Bepflanzungsplan

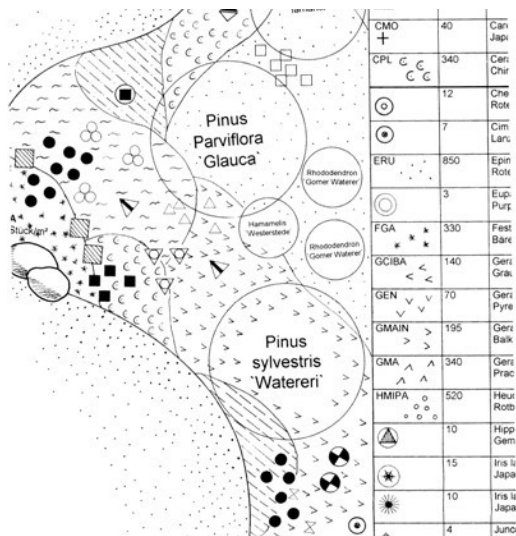


Abb. 44: Beispiel eines herkömmlichen Bepflanzungsplans

Quelle: Insinger (o.J.)

Die Bepflanzungsempfehlungen orientieren sich an etablierten Bepflanzungsplänen und sind integraler Bestandteil des Maßnahmenplans (siehe Abb. 44). Dieser enthält eine vollständige Darstellung der Analysegrundlagen, der daraus abgeleiteten Ergebnisse sowie aller erforderlichen Ressourcen. Dazu zählen auch Finanzierungspläne mit entsprechenden zeitlichen Prognosen, die nachvollziehbar erläutert oder hergeleitet werden. Ergänzend werden gegebenenfalls relevante Ansprechpartner benannt, um eine effektive Umsetzung der Maßnahmen zu unterstützen. Die Inhalte sind über das Dashboard abrufbar, während im Maßnahmenplan eine detaillierte Ausführung erfolgt.

9 Prototyp und Nutzertest

Die priorisierten Ideen und definierten Funktionen mussten nun in einen Prototyp übersetzt werden. Zuvor angefertigte Wireframes (vgl. Abschnitt 8.3) wurden so lange iteriert, bis sie für einen Nutzertest ausgereift waren. Eine Ausarbeitung mit vollem Funktionsumfang ist im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgesehen und für die Evaluierung nicht entscheidend.

Die Phasen „**Prototyp**“ und „**Testen**“ im Design Thinking Prozess modellieren den Lösungsansatz um ihn anschließend in einem Nutzertest zu überprüfen.

9.1 Wireframes

Die Version dieser Wireframes hat mehrere Iterationsschleifen durchlaufen und wurde gezielt für den Nutzertest vorbereitet. Der Prototyp wurde in Figma angefertigt und animiert.

9.1.1 Einführung und Erstanalyse

Die Startseite wird mit einem kurzen Textabschnitt eingeführt. Durch eine bewusst motivierende Wortwahl soll zum Handeln angeregt werden, ohne dabei aufdringlich zu wirken. Bedeckte Grüntöne sollen freundlich und seriös wirken, ohne den thematischen Bezug zum Wald zu verschleiern. Der „Call-to-Action“-Button ist gezielt platziert, um Neugier zu erzeugen (siehe Abb. 45). Die Verwendung der informellen Du-Form dient der Vertrauensbildung und dem Abbau distanzierender Verwaltungssprache. Weiß ist die primäre Interaktionsfarbe, da die Kontraste hoch genug sind, um gute Sichtbarkeit zu erzielen. Die Schriftgrößen und Abstände der Elemente sind an erprobten Standards orientiert (Kennedy, 2024).

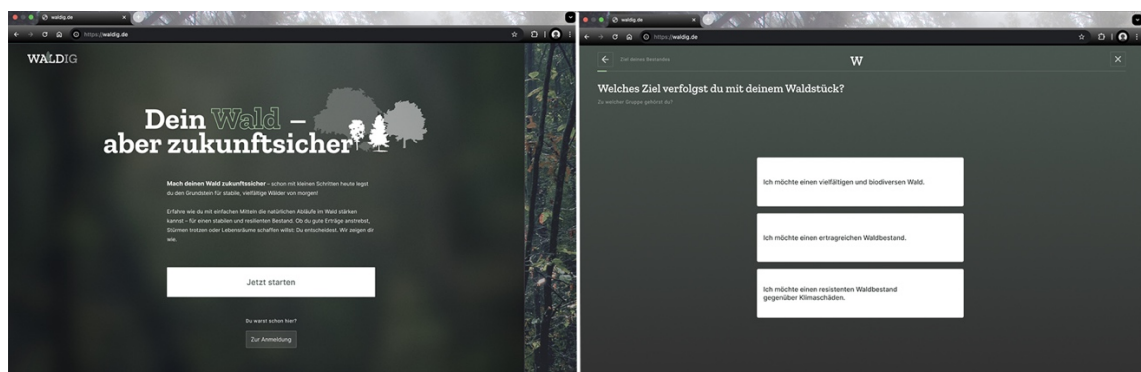


Abb. 45: Startseite und Fragestellungen des Prototyps
Eigene Darstellung

Da die Personalisierung ein konzeptioneller Hauptbestandteil ist, wird die nutzende Person direkt mit Fragen konfrontiert, die Auskunft über seine Ziele und seinen Waldbestand geben sollen. Je nachdem, welche Eingaben er tätigt, ändert sich die Informationsstruktur (vgl. Anhang 13). Ein Waldbesitzer, der eher auf viel Holzertrag bedacht ist, wird

eher einen Bezug zur Fichtenwirtschaft haben als ein Waldbesitzer, der sein Stück zum Erhalt der Natur pflegt. Da die Person bestimmte Interessen mitbringt, soll sie durch inhaltliche Anpassungen im Prozess gehalten und idealerweise durch passende Inhalte (un)bewusst aktiviert werden. Eine Aufklärung der Zusammenhänge und der Bezug zum eigenen Waldstück sollen diese Strategie unterstützen. Eine obere Navigationsleiste bietet die Option zum Abbruch oder Zurückspringen einer Seite. Ein dezenter Fortschrittsbalken fungiert als Zeitleiste und optische Trennung der dargestellten Inhalte.

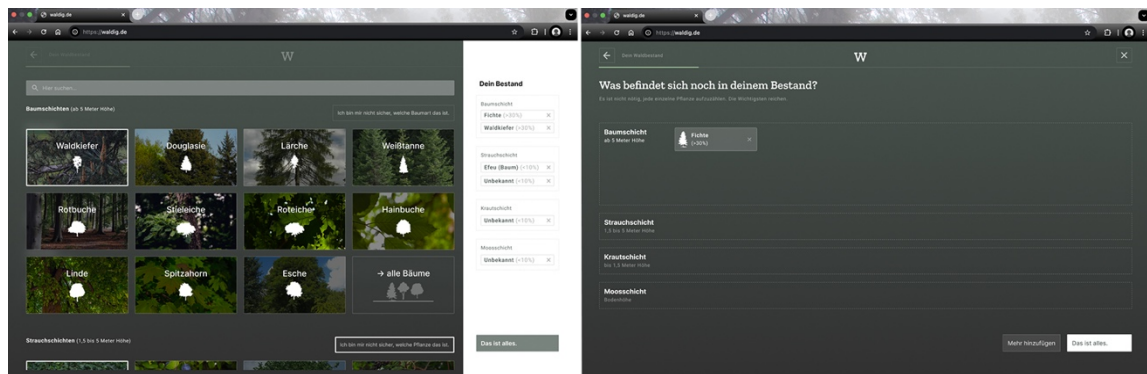


Abb. 46: Bestandsauswahl und Standorteingabe des Prototyps
Eigene Darstellung

Die Eingaben zum Waldbestand sowie sein Standort sollen Hinweise auf die Stabilität des Waldes geben. Fotos von Pflanzen minimieren das Risiko von Falscheingaben, wenn Wissenslücken der nutzenden Person bestehen. Selbst wenn sie bei Bestandsfragen keine Auskunft geben können, besteht immer die Eingabeoption „Ich bin mir nicht sicher“. Ziel ist es, die Unsicherheit zu verringern, den Erwartungen nicht gerecht zu werden oder unzureichende Antworten zu geben. Sie haben die Funktion einer Orientierungshilfe, verringern Unsicherheiten und können unter Umständen einen lehrreichen Input bieten (siehe Abb. 46).

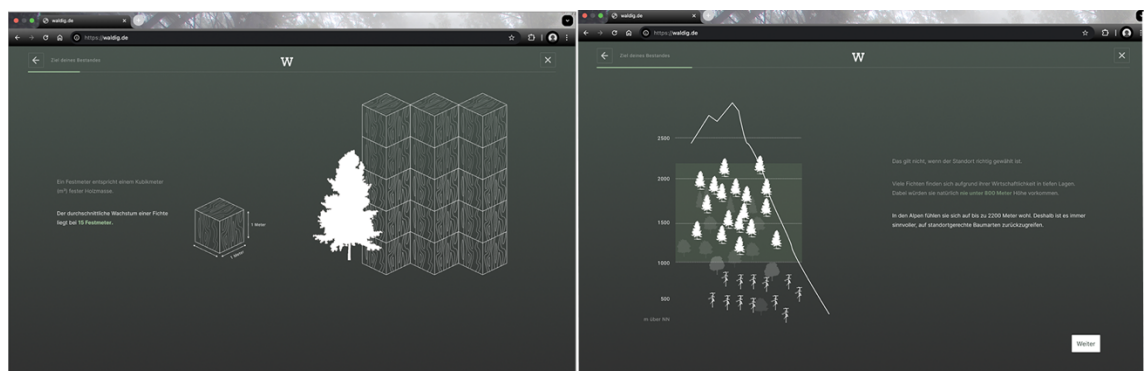


Abb. 47: Visualisierungen in den Theorieeinheiten des Prototyps
Eigene Darstellung

Die Theorieeinheiten, die mit jeder Nutzereingabe spezifischer werden, sind mit animierten Visualisierungen untermalt (siehe Abb. 47). Jede Theorieeinheit ist zu Beginn geführt und blendet Texte und Animationen nacheinander ein. Nach Aufbau der gesamten

Inhalte kann durch einen „Weiter“-Button manuell weiter navigiert werden. Illustrative Animationen sind dynamisch aufgebaut, um interessant zu wirken. Die Analyse des Waldstücks soll sich zur Prognose hin aufbauen, um den gewünschten „Aha“-Moment zu erzeugen. Dieses Storytelling soll emotional verpackt sein, aber rational überzeugen, um die intrinsische Motivation zu fördern, unabhängig vom Ziel der Waldbesitzenden.

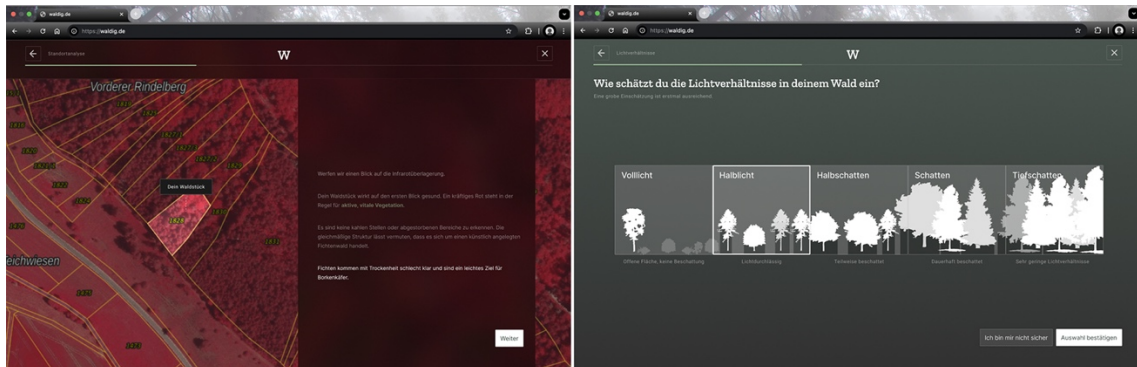


Abb. 48: Infrarot Überlagerung und Lichtverhältnisse des Bestands
Eigene Darstellung

Die Kartenebenen des Geoportals BW sind in den Prototypen eingebettet. Das spätere Ergebnis soll für die Nutzenden nachvollziehbar sein, und durch die Transparenz der Datenerhebung können Verständnislücken geschlossen werden. Das bietet zum einen visuelle Abwechslung, zum anderen soll das Vertrauen in die Zuverlässigkeit der Informationen gestärkt werden (siehe Abb. 48).

9.1.2 Prognose

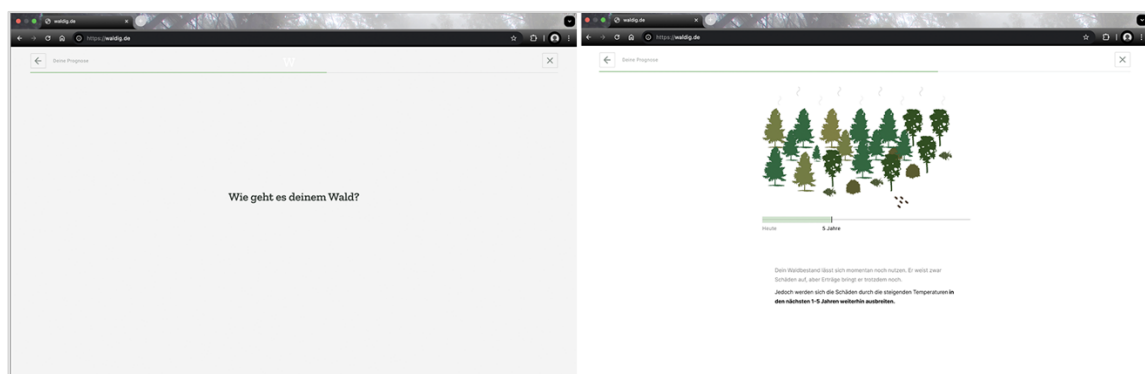


Abb. 49: Beginn der Prognose des Prototyps
Eigene Darstellung

Die Prognose bildet den ersten Teil des Ergebnisses. Der Abschnitt wird durch einen Wechsel in weiße Farbtöne eingeleitet, um die inhaltliche Ausrichtung auf die Zukunft symbolisch zu unterstützen (siehe Abb. 49).

Die Animation visualisiert die Artenzusammensetzung des Hauptbestandes der nutzenden Person, die zuvor im Bestand von ihr mit über 30 Prozent Anteil ausgewählt wurde.



Abb. 50: Baumsilhouetten
Eigene Darstellung

Es handelt sich um Silhouetten des jeweiligen Baums, um die Arten nicht zu verfremden (siehe Abb. 50). Die Namen der Arten werden hier nicht dargestellt, da es primär um das Verständnis der zusammenhängenden Ereignisse geht. Unterschiedliche Grünstufen geben Hinweise auf die voraussichtliche Vitalität der Bäume in Abhängigkeit von den vorherrschenden Standortbedingungen.

Die Prognose erfolgt in Fünfjahresschritten, um das Ausmaß realitätsnah abzubilden. Im anschließenden Direktvergleich können die Zustände potenziell verstärkte Wirkung zeigen (siehe Abb. 51).

Abhängig von der jeweiligen Zielsetzung der Animation werden nur die notwendigen Informationen dargestellt, um den inhaltlichen Fokus nicht zu verlieren. Dieses Prinzip zieht sich durch die gesamte Anwendung.

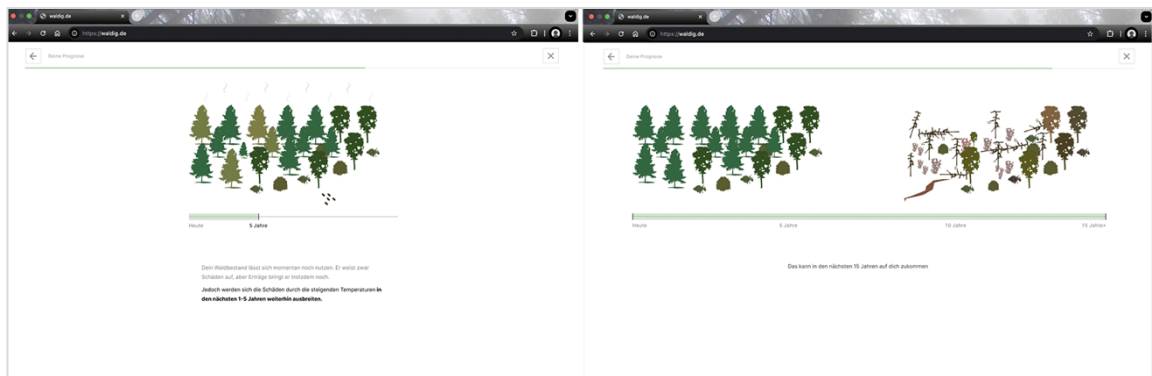


Abb. 51: Zeitstrahl zur Waldprognose im Prototyp
Eigene Darstellung

9.1.3 Handlungsempfehlungen und Maßnahmenplan

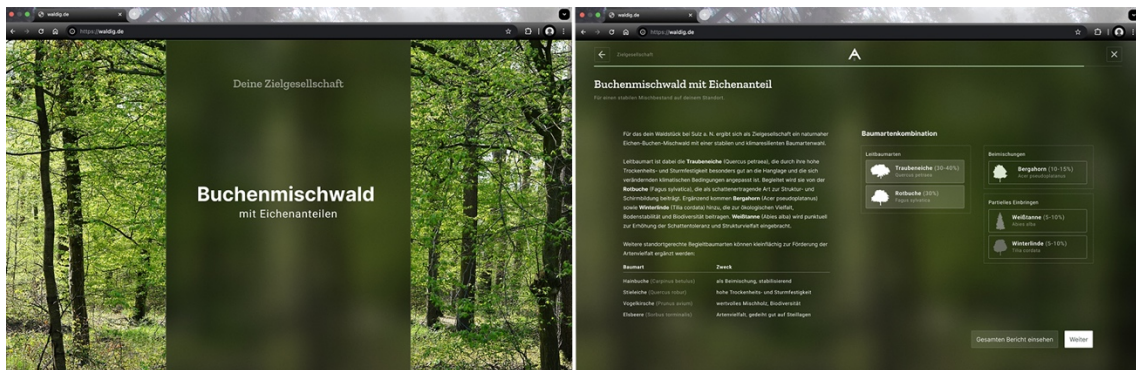


Abb. 52: Übergang zu den Handlungsempfehlungen im Prototyp
Eigene Darstellung, siehe Bildquellenverzeichnis des Prototyps

Auf Basis der Analyseergebnisse wird ein Einspieler zur optimalen Zielgesellschaft einblendet. Mit dieser Einführung endet das Storytelling und die Ergebnisse werden kompakt dargestellt. Es folgt eine ausführlichere Beschreibung der gewählten Baumarten und ihrer Zusammensetzung. Zum einen werden die standortspezifischen Vorteile der empfohlenen Baumarten erläutert, zum anderen werden alternative Optionen aufgezeigt, um Waldbesitzenden Entscheidungsspielraum zu ermöglichen (siehe Abb. 52). Der gesamte Bericht kann in Form einer PDF eingesehen und für die eigenen Unterlagen für eine Anpassung mit Forstbehörden heruntergeladen werden (vgl. Anhang 11.6). Dieser enthält die Standortanalyse, die Prognose und den Maßnahmenplan mit Zeit- und Verlaufsplanung.

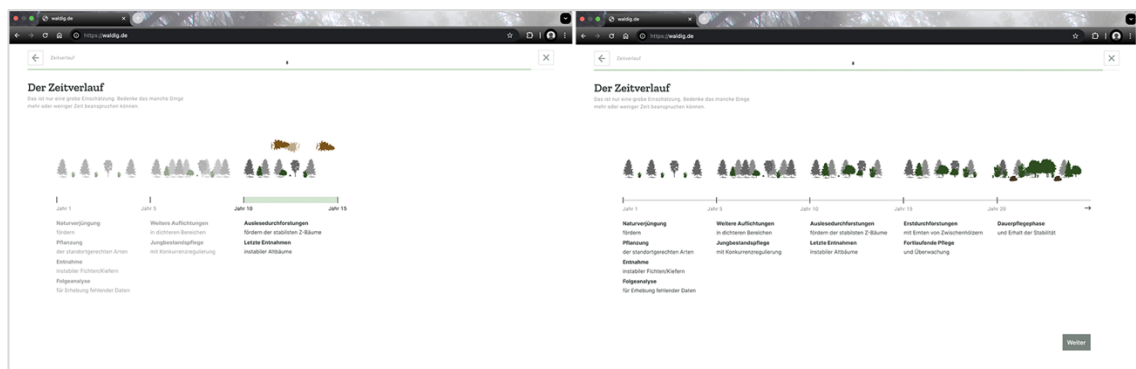


Abb. 53: Zeitverlauf der Maßnahmen im Prototyp
Eigene Darstellung

Ein Zeitstrahl visualisiert anschließend den empfohlenen Handlungsablauf der Maßnahmen in einem Zeitraum von bis zu 20 Jahren. In Fünferschritten werden die Maßnahmen aufgezählt und mit Animationen unterhoben. Der Farbwechsel symbolisiert hier wieder die Ausrichtung der Zukunft. Die Gesamtansicht am Ende soll betonen, wie sich Waldumbau langfristig lohnen kann und dass die Aufwände sich in langen Zeiträumen

abspielen. Die Maßnahmen erscheinen zunächst aufwendig, nehmen jedoch mit der Zeit ab, sobald sich der Bestand einer natürlichen Zielgesellschaft annähert (siehe Abb. 53).

9.2 Funktionalitäten und Einschränkungen des Prototyps

Der entwickelte High-Fidelity-Prototyp wurde als zielgerichtetes Interaktionsmodell konzipiert, das spezifische Funktionalitäten und bewusste technische Einschränkungen aufweist. Zur Simulation der zentralen Interaktionen wurden statische KI-Inhalte eingebunden, die vorab generiert wurden. Auf eine Live-Anbindung an KI-Dienste wurde gezielt verzichtet, um den Fokus auf die Nutzerführung zu richten und die technische Komplexität gering zu halten.

Als reiner Frontend-Dummy verfügt der Prototyp über keine Anbindung an Backend-Diensten. Es finden weder Datentransfers noch Weiterleitungen zu externen Systemen statt. Alle Interaktionen bleiben innerhalb der Figma-Umgebung isoliert, wodurch der Prototyp ausschließlich der Visualisierung der Benutzeroberfläche und dem Benutzerflusses dient.

Die Nutzerführung folgt einem linearen Szenario, das exemplarisch an einem Flurstück im Schwarzwald demonstriert wird. Dieser spezifische Anwendungsfall veranschaulicht den gesamten Analyseprozess, von der Dateneingabe bis zum Maßnahmenplan, innerhalb eines geschlossenen Benutzerflusses. Die Konzentration auf einen konkreten Kontext ermöglicht eine konsistente Abbildung der Bedienlogik, schränkt jedoch die Generalisierbarkeit auf andere Regionen oder Datenkonstellationen ein.

Diese gezielte Reduktion auf zentrale Funktionen ermöglichte eine kontrollierte Evaluierung der Nutzerführung, wobei die Benutzerfreundlichkeit gegenüber der technischen Skalierbarkeit priorisiert wurde.

9.3 Nutzertest: Einführung und Erstanalyse

Nach der Ausgestaltung des Prototyps konnte eine erste Untersuchung der Benutzerfreundlichkeit und der Logik des Systems stattfinden. Die Einführungsphase der Anwendung ist entscheidend, die Waldbesitzenden zu motivieren, im Prozess fortzufahren. Der Benutzerfluss der Einführung, inklusive der Erstanalyse, ist der Untersuchungsgegenstand dieser Nutzerstudie.

9.3.1 Vorgehensweise

Ziel der Evaluierung ist die Überprüfung der Nutzerführung innerhalb des digitalen Prototyps für die forstwirtschaftliche Erstanalyse. Untersucht wird, ob die inhaltliche Struktur nachvollziehbar ist und die Interaktion als intuitiv empfunden wird. Im Fokus steht die Frage, ob Nutzende Informationen korrekt zuordnen und eingeben können. Zwei zentrale Usability-Prinzipien bilden den theoretischen Rahmen: die **Sichtbarkeit des**

Systemstatus (transparente Rückmeldung) und die **Fehlervermeidung** durch klare Handlungsabläufe.

Das methodische Vorgehen basierte auf einer Triangulation verschiedener Datenerhebungsmethoden, um umfassende und differenzierte Einblicke in die Nutzungserfahrung zu gewinnen. Zum Einsatz kam ein **Screen Capturing**, um Interaktionsmuster sowie auftretende Probleme während der Bearbeitung konkreter Aufgaben zu dokumentieren. Die Testpersonen wurden gebeten, das **Think-Aloud-Verfahren** anzuwenden. Dabei äußerten die Teilnehmenden ihre Gedanken während der Nutzung, um kognitive Prozesse und Entscheidungswege sichtbar zu machen. Ergänzend wurde der standardisierter Fragebogen **UEQ-S** (User Experience Questionnaire Short) verwendet, um die Nutzungserfahrung quantitativ in sechs Dimensionen zu erfassen: Attraktivität, Verständlichkeit, Effizienz, Verlässlichkeit, Stimulation und Neuheitswert. Darüber hinaus wurden semi-strukturierte Interviews vor und nach dem Test durchgeführt, um qualitative Vertiefungen zu ermöglichen. Im **Pre-Test-Interview** lag der Fokus auf den Vorerfahrungen der Teilnehmenden, insbesondere hinsichtlich ihrer Kenntnisse und Berührungspunkte mit forstlichen Themen. Das anschließende **Post-Test-Interview** diente der Evaluation der tatsächlichen Nutzungserfahrung und ermöglichte eine gezielte Reflexion über die Bedienbarkeit, Verständlichkeit und Gestaltung des Prototyps (vgl. Anhang 14.1). Nonverbale Reaktionen der Teilnehmenden wurden durch Notizen dokumentiert.

Die Kombination aus **beobachtenden** (Screen Capturing), **quantitativen** (UEQ-S) und **qualitativen** (Interviews) Methoden ermöglicht eine mehrdimensionale Analyse. Die Fokussierung auf sieben Probanden und Probandinnen folgt dem Prinzip der theoretischen Sättigung bei homogener Zielgruppe. Die Pre/Post-Struktur identifiziert Wissenszuwächse und deckt Diskrepanzen zwischen Erwartung (Pre) und Erlebnis (Post) auf. Die geleitete Interaktion gewährleistet Vergleichbarkeit, limitiert jedoch die Übertragbarkeit auf freie Nutzungsszenarien.

Die Zielgruppe besteht vorrangig aus Waldbesitzenden. Da zum Zeitpunkt der Untersuchung keine realen Eigentümerinnen oder Eigentümer verfügbar waren, wurde die Rolle eines Waldbesitzers durch Probandinnen und Probanden simuliert ($n = 7$). Hilfsmaterialien, in Form von Fotos und Beschreibungen ihres Waldstücks, wurden zur Verfügung gestellt. Drei der sieben Testpersonen werden voraussichtlich ein Waldstück erben und ordnen sich demnach indirekt der Zielgruppe ein.

Das Szenario

Die Testperson besitzt eine kleine Waldfläche und erwirtschaftet nach Eigenbedarf Holz. Ihr fallen Schäden in ihrem Waldstück auf. Sie ist unentschlossen, wie sie mit diesen Beobachtungen umgehen soll. Ein benachbarter Waldbesitzer gibt einen Hinweis auf eine Online-Anwendung, die helfen könnte. Sie geht dieser Empfehlung zu Hause nach.

Aufgabe

Vervollständige die Einführung des Prototyps. Verwende, wenn nötig, die beiliegenden Hilfsmaterialien (vgl. Anhang 14.2).

Testablauf (Agenda)

Der 60-minütige Test folgte einem standardisierten Protokoll:

- Einführung in Konzept und Zielsetzung.
- Einverständniserklärung zur Datennutzung.
- Pre-Test-Interview
- Aufgabenbearbeitung mit Think-Aloud-Verfahren
- UEQ-S Ausfüllung
- Post-Test-Interview

Dieses Vorgehen sichert eine evidenzbasierte Bewertung der Forschungsfragen zur Nutzerführung und Informationsintegration im Prototypen.

9.3.2 Ergebnisse

In der qualitativen Analyse zeigte sich, dass alle Testpersonen in der Lage waren, die funktionalen und inhaltlichen Zusammenhänge zwischen Dateneingabe, Analyseergebnissen und Handlungsableitungen nachzuvollziehen. Die Benutzeroberfläche wurde als grundsätzlich funktional und übersichtlich empfunden, wenngleich einzelne Aspekte, insbesondere Animationstiming, Informationsdichte sowie Inkonsistenzen in der Navigationslogik, als verbesserungswürdig benannt wurden. Besonders hervorzuheben ist die beobachtete emotionale Involvierung: Die Testpersonen reagierten spontan auf die visuelle Darstellung des kritischen Waldzustands mit starken emotionalen Ausdrücken („meine Fichten werden alle sterben“) und zeigten ein tiefes Verständnis für die Relevanz der dargestellten Maßnahmen. Dies deutet auf eine hohe Aktivierungspotenz der Anwendung hin, welche ein zentrales Ziel der didaktischen und gestalterischen Konzeption darstellt (vgl. Anhang 14.4).

Die eingesetzten Theorieeinheiten wurden mehrheitlich als verständlich, relevant und anwendungsbezogen eingeschätzt. Die Verbindung zwischen abstrakter Information und konkretem Waldzustand konnte hergestellt werden. Kritisiert wurden vor allem uneindeutige Begriffe („Gemeinde“ oder „Gemarkung“), nicht intuitive Platzierungen von Buttons („Weiter“-Navigation), sowie visuelle Gestaltungen, die durch zu schwache Kontraste oder zu kleine Schriftgrößen für beispielsweise ältere Nutzergruppen problematisch sein könnten. Zudem wurde angemerkt, dass animierte Darstellungen oftmals zu schnell abliefen, was die gleichzeitige Rezeption von Textinhalten erschwerte.

Ein zentrales Element der Evaluation bildete die standardisierte Erhebung mittels des **UEQ-S** (vgl. Anhang 14.3). Dieser differenziert zwischen **pragmatischen** (nutzenorientierten) und **hedonischen** (erlebnisbezogenen, gestalterischen) Qualitäten. Im vorliegenden Fall wurden die folgenden Skalenwerte (auf einer Skala von –3 = sehr negativ bis +3 = sehr positiv) ermittelt:

- **Pragmatische Qualität: 1,25**
- **Hedonische Qualität: 1,88**

Die pragmatische Qualität lag im positiven Bereich, was auf eine insgesamt zufriedenstellende Nutzbarkeit der Anwendung hindeutet. Aspekte wie Verständlichkeit, Zielerreichbarkeit und Effizienz wurden positiv bewertet, wenn auch mit punktuellen Einschränkungen hinsichtlich Navigation und Informationsbereitstellung. Die etwas höhere hedonische Qualität spiegelt die ästhetische Gestaltung und emotionale Wirkung der Anwendung wider. Die Visualisierungen, Animationen und personenspezifischen Rückmeldungen zur Waldsituation wurden als eindrucksvoll und engagierend empfunden, was eine aktivierende Wirkung unterstützt und die Identifikation mit dem Szenario fördert. Die Differenz zwischen den beiden Skalen ist ein typisches Muster bei Anwendungen mit edukativem und emotionalem Fokus: Die Nutzererfahrung geht über reine Funktionalität hinaus und schafft ein narratives, ansprechendes Nutzungserlebnis. Gleichzeitig zeigen die gemessenen Werte Potenzial für Optimierung: Eine Verbesserung der pragmatischen Elemente (wie Navigation, Lesbarkeit, geführte Steuerung) könnte die Gesamtbewertung deutlich steigern.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Anwendung bereits im Prototypenstatus in der Lage ist, nicht-forstlich vorgebildete Personen zur aktiven Auseinandersetzung mit dem Zustand ihres (simulierten) Waldes zu motivieren und Handlungsbereitschaft für Waldumbaumaßnahmen zu fördern. Die zentrale Aussagekraft des Tests liegt in der Bestätigung, dass sowohl didaktische Struktur als auch visuelle Gestaltung die intendierte Wirkung entfalten.

Unterstützungsangebote zur Bewertung und Sicherung des Waldumbau-Nutzens führten im Nutzertest zu einer insgesamt positiven Einschätzung. Eine Analyse der langfristigen Sicherstellung war im Rahmen der Arbeit jedoch nicht möglich. Die höhere Attraktivität ökologischer, sozialer und klimabezogener Nutzenaspekte wurde von den Testpersonen ebenfalls positiv beurteilt. Eine Steigerung der Attraktivität des Waldumbaus durch die eingesetzten Technologien, wie in Hypothese drei beschrieben, kann als bestätigt gelten. Einschränkungen ergeben sich jedoch durch die geringe Stichprobe (Einzeltest) sowie die fehlende Realitätsnähe in Bezug auf tatsächliche Eigentümerschaft. Vor diesem Hintergrund lässt sich die zweite Hypothese, wonach eine bessere Aufklärung über den Nutzen des Waldumbaus die Beteiligung erhöht, als teilweise bestätigt einstufen. Für eine fundierte Bewertung der Wirksamkeit sind künftige Tests mit realen Waldbesitzenden und unter praxisnahen Bedingungen dringend erforderlich.

9.4 Iterationen

Auf Grundlage der Ergebnisse des Nutzertests (vgl. Abschnitt 10.3.2) wurden inhaltliche sowie gestalterische Elemente in der Einführung überarbeitet. Dazu zählen:

- Vereinheitlichung der Position und von Gestaltung von Bedienelementen, insbesondere der Interaktionsfelder
- Anpassung der Textgröße in den Einführungstexten
- Gleichmäßige Geschwindigkeit der Animationen für einen besseren Lesefluss mit Option einer Widergabe

- Informationen zu erklärungsbedürftigen Fachtermini, sowie eine vereinheitlichte Darstellung der lateinischen Begriffe

Die Korrekturen beziehen sich hauptsächlich auf den Einführungsteil der Erstanalyse, da die Ergebnisse der Nutzertests sich nur auf diesen Teil beziehen. Bei grundlegenden Veränderungen innerhalb der Gestaltungsrichtlinien, wurden diese für die restlichen Benutzeroberflächen, beispielsweise das Dashboard, übernommen. Die endgültigen Gestaltungsrichtlinien können im Anhang unter 9.7 eingesehen werden, sowie die letzte Version der Wireframes unter 9.6.

10 Resümee

Das Resümee fasst die zentralen Erkenntnisse der Arbeit zusammen und beantwortet die Forschungsfrage, validiert die Hypothesen, reflektiert kritisch den Forschungsprozess und gibt einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen.

Die Forschungsfrage **"Welche User-Experience-Ansätze können die Attraktivität von Waldumbaumaßnahmen für private Waldbesitzende erhöhen und deren aktive Beteiligung erleichtern?"** wird durch die Ergebnisse klar beantwortet: Ein digitaler Leitfaden mit personalisierter Visualisierung ist entscheidend. Der entwickelte Prototyp demonstriert, dass:

- **Intuitive Nutzerführung** (schrittweise Erst-/Folgeanalyse) die Komplexität des Waldumbaus reduziert (vgl. Abschnitt 9.3.2).
- **Kontextspezifische Prognosen** (z. B. "Waldentwicklung bei Nichthandeln") Entscheidungssängste mindern (vgl. Abschnitt 8.5.3).
- **KI-generierte Handlungsempfehlungen** die Umsetzungsbarriere senken (vgl. Abschnitt 8.5.5 und 8.5.6).
- Die Nutzertests (n=7) bestätigen, dass insbesondere die **Visualisierung von Waldzustand und Maßnahmenwirkungen** (z. B. Ökologische Zusammenhänge) die Handlungsbereitschaft steigert (vgl. Abschnitt 9.3.2).

Validierung der Hypothesen

Die Arbeit überprüfte drei Kernhypothesen:

- **H₁:** *Die Umsetzung von waldbaulichen Maßnahmen wirkt attraktiver, wenn die Bewertung und die langfristige Sicherstellung des ökologischen, sozialen und klimatischen Nutzens von Waldumbau unterstützt werden.*

Teilweise bestätigt.

Die Pre-/Post-Test-Interviews zeigen, dass der Prototyp dazu beitrug, ökologische Risiken erstmals bewusst zu machen (vgl. Abschnitt 9.3.2). Die Mehrheit der Testpersonen erkannte erst durch die Analyseanwendung die spezifischen Schwächen ihres Waldstücks. Eine fundierte Bewertung des langfristigen Nutzens von Waldumbau war im Rahmen dieses Tests jedoch nicht möglich, da hierzu Zeitreihen- oder Feldstudien erforderlich wären.

- **H₂:** *Es gibt eine höhere Beteiligung am Waldumbau, wenn Eigentümer von privaten Waldflächen besser über die Vorteile und das Nutzen dieser aufgeklärt werden.*

Indirekt bestätigt.

Obwohl keine reale Entscheidungssituation simuliert wurde, konnte eine hohe Problemwahrnehmung erzeugt werden. Die Testpersonen reagierten emotional und inhaltlich nachvollziehbar auf die individuellen Analyseergebnisse. Insbesondere der fiktive 15-Jahres-Plan wurde als motivierend und nachvollziehbar eingeordnet. Ob

daraus konkrete Handlungsbereitschaft entsteht, bleibt offen und sollte in weiterführenden Studien überprüft werden.

- **H₃:** *Durch Integration von Datenmanagement, Überwachungsmethoden und Risikomanagement, sowie die Nutzung innovativer Technologien kann Waldumbau für Eigentümer von privaten Waldflächen attraktiver gestaltet werden.*

Teilweise bestätigt.

Die personalisierte Einbindung des eigenen Waldstücks wurde als nützlich und überzeugend bewertet. Die Anwendung vermittelte ein Gefühl von Relevanz und Kontrolle über den Waldzustand. Da sich der Test jedoch auf eine Einführungssequenz beschränkte, bleibt unklar, inwieweit die vollständige Funktionalität, insbesondere im Bereich Monitoring und Maßnahmensteuerung, das Nutzungserlebnis und die wahrgenommene Attraktivität nachhaltig beeinflussen kann.

10.1 Reflexion

Die Untersuchung weist mehrere methodische Stärken auf. Besonders hervorzuheben ist der triangulierte Forschungsansatz, bestehend aus Screen-Capturing, standardisiertem UEQ-S-Fragebogen und qualitativen Interviews. Diese Kombination ermöglichte eine differenzierte und mehrdimensionale Erfassung der Nutzererfahrung und erlaubte es, konkrete Nutzungsprobleme präzise zu identifizieren. Die Ergebnisse zeigten nicht nur technische Schwächen (zum Beispiel zu schnellen Animationen), sondern auch Stärken der Anwendung hinsichtlich Verständlichkeit, Vertrauenszerzeugung und Aktivierungseffekt.

Ein weiterer Mehrwert dieser Arbeit liegt in ihrem inhaltlichen Fokus auf den Privatwald. Während bestehende digitale Forstlösungen überwiegend auf öffentliche oder institutionelle Forstverwaltungen abzielen (vgl. Abschnitt 4.2), adressiert diese Studie explizit die Bedürfnisse und Herausforderungen von privaten Waldbesitzenden. Damit wird eine bislang wenig erforschte Nutzergruppe in den Mittelpunkt gerückt und eine relevante Forschungslücke adressiert.

Gleichzeitig bestehen mehrere Limitationen, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Erstens ist die Generalisierbarkeit der Erkenntnisse begrenzt: Bei drei von sieben Teilnehmenden handelte es sich nicht um reale Waldbesitzende, sondern um Teilnehmende, die diese Rolle simulierten. Zwar wurde durch fiktive Unterlagen und Visualisierungen ein hohes Maß an Immersion erzielt, doch die emotionale Involviertheit unterscheidet sich vermutlich von der realen Entscheidungssituation.

Zweitens war der getestete Prototyp technisch eingeschränkt: Die Anwendung basierte auf einer isolierten Figma-Umgebung ohne aktive Backend-Anbindung oder Live-KI-Funktionalität. Dadurch konnten bestimmte Prozesse, wie die automatische Ableitung individueller Maßnahmenpläne, nicht in ihrer realen Funktionsweise getestet werden, was die Validität der Interaktionsbeobachtungen einschränkt. Ebenso konnte eine

tiefergehende Untersuchung des Dashboards und weitere Funktionen im Rahmen dieser Arbeit nicht mehr getestet werden.

Drittens war die Stichprobe mit $n=7$ Teilnehmenden begrenzt, auch wenn die qualitative Analyse eine thematische Sättigung nahelegt. Um die fachliche Korrektheit der Analyse- und Handlungsempfehlungen langfristig sicherzustellen, wäre zudem ein Vergleich mit der Bewertung durch forstliche Fachpersonen sinnvoll. Dies würde erlauben, die automatisiert generierten Pläne mit realen Einschätzungen abzugleichen und zu validieren.

Ein weiterer Aspekt betrifft mögliche inhaltliche Überschneidungen mit dem Waldportal (vgl. 5.2.5). Auch wenn keine funktionale Redundanz nachgewiesen wurde, stellt diese Beobachtung sowohl eine mögliche Herausforderung in der Positionierung als auch eine Chance für Integration oder Anschlussfähigkeit dar.

Insgesamt zeigt die Reflexion, dass die Arbeit eine fundierte methodische Basis und ein innovatives Nutzungsszenario verfolgt, gleichzeitig aber in ihrer Aussagekraft, durch die noch nicht voll funktionsfähige technische Umsetzung und die begrenzte Testgruppe limitiert ist. Weitere empirische Validierung und technische Weiterentwicklung, insbesondere mit der Zielgruppe, sind daher notwendig.

10.2 Ausblick

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse lassen sich konkrete Empfehlungen für die Weiterentwicklung des Prototyps sowohl aus praktischer als auch aus forschungsbezogener Perspektive ableiten.

▪ Integration von Echtzeit-KI-Services

Um eine dynamische und individuell anpassbare Beratung zu ermöglichen, sollte die Anwendung künftig auf KI-basierte Systeme zurückgreifen, die Handlungsempfehlungen in Echtzeit aktualisieren.

▪ Erweiterung der Datengrundlage

Eine stärkere Berücksichtigung standortspezifischer Umweltparameter, insbesondere regionaler Wetter-, Boden- und Höhenlagenprofile, würde die Präzision der Analyseergebnisse signifikant erhöhen und die Relevanz für die Nutzenden steigern.

▪ Anbindung an forstliche Förderstrukturen

Die Verknüpfung mit digitalen Förderdatenbanken bietet Potenzial, um Maßnahmen nahtlos in die Antragspraxis zu überführen. Eine Zusammenarbeit mit Forstbehörden ist dafür essenziell.

▪ Intensive Umsetzungsbegleitung

Aufbauend auf dem Modul zur Standortanalyse wäre die Realisierung des Anwendungsfall „Umsetzen“ (vgl. Abschnitt 6.2.4) sinnvoll, der die Waldbesitzenden gezielt durch Antragsstellung, Ausschreibung, Kontrolle und Dokumentation führt.

- **Nachhaltige Betreuung und Monitoring**

Die Implementierung eines Langzeit-Monitorings mit Erinnerungs- oder Pflegehinweisen fördert die kontinuierliche Auseinandersetzung mit dem eigenen Waldstück und sichert die Wirkung über den Erstkontakt hinaus.

- **Zielgruppenerweiterung**

Perspektivisch sollte das Angebot auf weitere Akteursgruppen im Forstbereich angepasst werden, beispielsweise Genossenschaften, kommunale Eigentümer oder forstliche Dienstleister.

Für die wissenschaftliche Weiterentwicklung weiterer Forschungsperspektiven ergeben sich folgende Desiderate:

- **Langzeitstudie zur Wirkung**

Um die tatsächliche Verhaltenswirksamkeit der Anwendung zu belegen, ist eine Erhebung der Umsetzungsquote von Empfehlungen nach der Nutzung erforderlich.

- **Vergleichende Gestaltung für unterschiedliche Waldtypen**

Die UX- und UI-Gestaltung sollte daraufhin untersucht werden, ob spezifische Anforderungen je nach Waldtyp (zum Beispiel. Laub-, Misch- oder Nadelwald) bestehen, etwa in Bezug auf Visualisierung oder Maßnahmendetaillierung.

- **Ethnografische Forschung im betrieblichen Alltag**

Eine feldbasierte Untersuchung könnte aufzeigen, wie sich die Anwendung in die täglichen Abläufe von Forstbetrieben einfügt, welche Akzeptanz es erfährt und welche Barrieren oder Brüche in der Nutzungspraxis bestehen.

10.3 Fazit

Trotz der verkürzten Bearbeitungszeit (vgl. Abschnitt 2) konnte die Untersuchung belegen, dass digitale, nutzerzentrierte Werkzeuge dazu geeignet sind, private Waldbesitzende für die Herausforderungen des klimastabilen Waldumbaus zu sensibilisieren und zu mobilisieren. Der entwickelte Prototyp demonstriert, wie durch die Kombination aus visueller Führung, interaktiver Dateneingabe und kontextualisierten Handlungsempfehlungen komplexe forstliche Inhalte verständlich und handlungsrelevant vermittelt werden können.

Zentrale Erfolgsfaktoren waren dabei die Reduktion von fachlicher Komplexität, die emotionale Aktivierung durch personalisierte Analyse und die verständliche Darstellung langfristiger Folgen. Die Arbeit schafft damit eine fundierte Grundlage für die Weiterentwicklung digitaler Forstlösungen und verdeutlicht, welches Potenzial der Digitalisierung für einen zukunftsfähigen, klimastabilen Privatwald innewohnt.

Literaturverzeichnis

- Bergmann, J. & Lebus, W.** (2011). *Aufforsten – womit und wie*. Kessel.
- Bieling, C.** (2002). *Naturnahe Waldbewirtschaftung durch private Eigentümer: Akzeptanz und Umsetzung naturnaher Bewirtschaftungsformen im Kleinprivatwald des Südschwarzwaldes*. Kessel.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M.** (1993). *Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation*. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238. Zugriff von https://www.pedocs.de/volltexte/2017/11173/pdf/ZfPaed_1993_2_Deci_Ryan_Die_Selbstbestimmungstheorie_der_Motivation.pdf
- Döllner et al.** (2023). *Forests in the Digital Age: Concepts and Technologies for Designing and Deploying Forest Digital Twins*. ACM. Zugriff von, <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3611314.3616067>
- Ehrlich-Sommer et al.** (2024). *Sensors for Digital Transformation in Smart Forestry*. Sensors. <https://doi.org/10.3390/s24030798>
- Endres, E.** (2006). *Das Spannungsverhältnis zwischen Forst- und Naturschutzrecht unter besonderer Berücksichtigung der Erstaufforstung*.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.** (2025). *Basisdaten Wald und Holz 2025*. https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2025/Mediathek/Brosch_Basisdaten_W_H_2025_web.pdf
- Fritz, P.** (2006). *Ökologischer Waldumbau in Deutschland*. Oekom.
- Fürst zu Castell-Castell, F. & Fürst zu Castell-Castell, O.** (2022). *Der Wald für unsere Enkel*. Westend pro natur.
- Forstpraxis.** (2015). *Forstkulturen – Praxistipps für Waldbesitzer*. Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- Henning, B.** (2024). *Waldumbau – Gesunden Mischwald bewirtschaften*. Ulmer.
- Klug, P.** (2017). *Baumbeurteilung und Baumkataster*. Arbus.
- Levy, J.** (2022). *UX-Strategie: Erfolgreiche Strategietechniken für die Entwicklung innovativer digitaler Produkte*. O'Reilly.
- Meister, G.** (2023). *Rettet unsere Wälder*. Westend pro natur.
- Pretzsch et al.** (2022). *Tracing drought effects from the tree to the stand growth in temperate and mediterranean forests: insights and consequences for forest ecology and management*. Springer.
- Röhring et al.** (2006). *Waldbau auf ökologischer Grundlage*. Ulmer.
- Staatsbetrieb Sachsenforst.** (2016). *Walderneuerung und Erstaufforstung*. Sachsenforst.
- Stiegler, J.** (2021). *Wenn Acker zu Wald wird*. BLW. Zugriff von https://www.waldwissen.net/assets/waldwirtschaft/waldbau/planung/lwf_erstaufforstung/Erstaufforstung-38-2021-026_027_BLW_km.pdf

- Thaler, M.** (2021). *Gender Differences in Motivated Reasoning*. Journal of Economic Behavior & Organization. Zugriff von <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2021.09.016>
- Von Teufel et al.** (2005). *Waldumbau für eine zukunftsorientierte Waldwirtschaft*. Springer.

Internetquellen

Abends et al. (2000). *Aktuelle Waldverbreitung Mitteleuropas* [PDF, Unterrichtsskript]. Zugriff am 20. Mai 2025, von https://www.forstreuter-berlin.de/homepage/pdf/l_waldo-eko_ss00_aktuelle_waldverbreitung.pdf

Adrian, F. (2020). *Kritische Analyse der Renaturierung*. Zugriff am 12. Dezember 2024, von <https://franzjosef-adrian.com/naturnahe-walder/fichtenkahlschlage-ander-kleinen-schmalenau/kritische-analyse-der-renaturierung/>

ARD, & ZDF. (17. September, 2024). *Anteil der Internetnutzer nach Altersgruppen in Deutschland in den Jahren 1997 bis 2024* [Graph]. In *Statista*. Zugriff am 22. Juni 2025, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36149/umfrage/anteil-der-internetnutzer-in-deutschland-nach-altersgruppen-seit-1997/>

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus. (2025, 19. Februar). *Bannwald; Erklärung*. Zugriff am 18. April 2025, von <https://www.bayernportal.de/dokumente/leistung/826869334421?localize=false>

Beat Forster et al. (2004, 08. Oktober). *Schlagräumung*. Zugriff am 18. Januar 2025, von <https://www.waldwissen.net/de/technik-und-planung/forsttechnik-und-holzernte/waldarbeit/merkblatt-schlagraeumung>

BMEL. (2014, 8. Oktober). *Verteilung des Waldes in Privatbesitz in Deutschland nach Größenklassen im Jahr 2012* [Graph]. Zugriff am 12. Januar 2025, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/438492/umfrage/verteilung-des-waldes-in-privatbesitz-in-deutschland-nach-groessenklassen/>

Bundesamt für Naturschutz. (o.J.). *Häufig gefragt: Brachflächen*. Zugriff am 15. Januar 2025, von <https://www.bfn.de/haeufig-gefragt-brachflaechen>

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (2021, 10. August). *Bundeswaldgesetz (BWaldG)*. Zugriff am 30. Juni 2025, von <https://www.gesetze-im-internet.de/bwaldg/BJNR010370975.html>

Drexler et al. (o.J.). *Naturverjüngung aus Sicht des Waldnaturschutzes – LWF-aktuell99*. Zugriff am 16. Januar 2025, von <https://www.lwf.bayern.de/waldbau-bergwald/waldbau/064611/index.php>

Europäische Kommission. (2020, 20. Juni). *Fragen und Antworten: EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 – Mehr Raum für die Natur in unserem Leben*. Zugriff am 16. Januar 2025, von https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/qanda_20_886

Franziska. (2023, 12. November). *Prozessschutz*. Zugriff am 16. Januar 2025, von <https://forsterklaert.de/prozessschutz>

Geselle, R. (2017, 28. November). *Digital Natives – Neue Kunden & neue Ansprüche an den Handwerker*. Zugriff am 22. Juni 2025, von <https://www.lokalleads.com/blog/digital-natives-neue-kunden-neue-ansprueche-den-handwerker>

Greenpeace. (2024). *Wie sinnvoll ist Bäume pflanzen fürs Klima?* Zugriff am 12. Dezember 2024, von <https://greenpeace.at/hintergrund/baeume-pflanzen-klima/>

Hermann, K. (o.J.). *Geoportal BW: Kurzanleitung zum Bestimmen vom DGM-Höhen in den Karten.* Zugriff am 07. Juni 2025, von <https://www.geoportal-bw.de/documents/d/guest/geoportal-bw-kurzanleitung-zum-bestimmen-vom-dgm-hohen-in-den-karten>

Henning, B. (o.J.). *Auszeige: So funktioniert sie richtig.* Zugriff am 17. Mai 2025, von <https://www.forestbook.info/auszeige-so-funktioniert-sie-richtig/>

Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. (2019). *Aufforstung.* Zugriff am 12. Dezember 2024 von https://lr.landwirtschaft-bw.de/,Lde/3650826_3651462_3610724_3614605_3614504_3614507

Information.medien.agrar e.V. (o.J.). *Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF).* Zugriff am 12. Januar 2025, von <https://www.ima-agrar.de/wissen/agrilexikon/landwirtschaftlich-genutzte-flaeche-lf>

Kennedy, E. (2024, 29. Mai). *Font sizes: the complete guide.* Zugriff am 13. Juni. 2025, von <https://www.learnui.design/blog/ultimate-guide-font-sizes-ui-design.html>

Land Baden-Württemberg. (2019, 21. Juni). *Landeswaldgesetz (LWaldG)* [in der Fassung vom 31. August 1995, zuletzt geändert am 21. Juni 2019]. Zugriff am 15. Januar 2025, von <https://www.landesrecht-bw.de/bsbw/document/jlr-WaldGBWV17P23>

Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg. (n. d.). *Kurzanleitung zum Bestimmen von DGM-Höhen in den Karten* [PDF]. Zugriff am 30. Juni 2025, von <https://www.geoportal-bw.de/documents/d/guest/geoportal-bw-kurzanleitung-zum-bestimmen-vom-dgm-hohen-in-den-karten>

Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Bayern. (o.J.). *Waldumbau – was ist das?* Zugriff am 06. Mai 2025, von <https://www.lwf.bayern.de/wissenstransfer/forstcast-net/239536/index.php>

Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. (o.J.). *Organisation der LFV.* Zugriff am 10. Mai 2025, von <https://www.landesforstverwaltung-bw.de/landesforstverwaltung/organisation-der-lfv>

Landesrecht Baden-Württemberg. (2021). *Verordnung zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung der Kulturlandschaft (Kulturlandschaftsschutzverordnung – KultG-SchVO).* Zugriff am 30. Juni 2025, von https://www.landesrecht-bw.de/bsbw/document/jlr-Lw_Kult-GBWV21P25

Letzebuerger Privatbesch. (2010). *Kleines Forst- und Waldlexikon.* Zugriff am 23. April 2025, von <https://www.privatbesch.lu/files/93755.pdf>

Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. (o. J.). *Definition Erstaufforstung.* Zugriff am 12. Januar 2025, von https://lr.landwirtschaft-bw.de/,Lde/3650826_3651462_3610724_3614605_3614504_3614507

Natursport.info. (2014, 8. Oktober). *Landwirtschaftliche Flächen*. Zugriff am 12. Januar 2025, von <https://www.natursport.info/natursportraeume/lebensraeume/offenland/landwirtschaftliche-flaechen/>

Pflanzenforschung.de. (o.J.). *Vorwald*. Zugriff am 12. Januar 2025, von <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/lexikon-a-z/vorwald>

Pflanzenforschung.de. (o.J.). *Kronenverlichtung*. Zugriff am 12. Januar 2025, von <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/lexikon-a-z/kronenverlichtung#:~:text=Die%20Kronenverlichtung%20beschreibt%20den%20sicht,eindeutig%20auf%20einzelne%20Einfl%C3%BCsse%20zur%C3%BCckf%C3%BChren.>

Roßberger, R. (2024, 23. Januar). *Borkenkäfer-Befall – Hoffnungsschimmer aus der Forschung*. Zugriff am 26. Juni 2025, von <https://www.br.de/nachrichten/bayern/borkenkaefer-befallen-baeume-hoffnungsschimmer-aus-der-forschung,U1p12cZ>

Roschy, P. (2018, 24. Mai). *Naturnahe Waldwirtschaft – QD-Strategie* [PowerPoint-Präsentation]. Zugriff am 21. Juni, von https://www.waldbau-sylviculture.ch/publica/2018_QD_PAR_d.pdf

Sauermost et al. (1999). *Durchforstung*. Zugriff am 17. Mai 2025, von <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/durchforstung/19735>

Sahlmann, F. (2021, 11. Juli). *Naturverjüngung*. Zugriff am 13. Januar 2025, von <https://forsterklaert.de/naturverjuengung>

Schliep, E. (o.J.). *Design-Prinzipien Reloaded: 13 wichtige Usability-Prinzipien*. Zugriff am 21. Juni 2025, von <https://blogs.zeiss.com/digital-innovation/de/design-prinzipien-reloaded/>

Schwitter. (o.J.). *Was sind Koniferen?* Zugriff am 12. April 2025, von <https://www.schwitter.ch/tipps/gestaltungsideen/was-sind-koniferen/>

Statistisches Bundesamt. (2022, 30. September). *Forststrukturerhebung 2022: 43 % des deutschen Waldes in Privatbesitz* [Pressemitteilung Nr. 415]. Zugriff am 16. Mai 2025, von https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/09/PD22_415_41161.html#:~:text=WIESBADEN%20%E2%80%93%20In%20Deutschland%20gibt%20es,000%20privaten%20Waldeigent%C3%BCmerinnen%20und%20Deigent%C3%BCmern.

Statistisches Bundesamt. (o.J.). *Landwirtschaftlich genutzte Fläche*. Zugriff am 12. Januar 2025, von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Glossar/LandwirtschaftlichGenutzteFlaeche.html#:~:text=Erl%C3%A4uterungen%3A%20Zur%20landwirtschaftlich%20genutzten%20Fl%C3%A4che,die%20zeitlich%20begrenzt%20brach%20liegen.>

Statistisches Bundesamt. (o.J.). *Dauergrünland*. Zugriff am 12. Januar 2025, von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Glossar/dauergruenland.html#:~:text=Zum%20Dauergr%C3%BCnland%20z%C3%A4hlen%20alle%20Fl%C3%A4chen,und%20Heugewinnung%20oder%20zum%20Abweiden.>

Stiftung Unternehmen Wald. (o.J.) *Was ist Naturverjüngung*. Zugriff am 12. Mai 2025, von <https://www.wald.de/forstwirtschaft/waldpflege/was-ist-naturverjuengung/>

Thüringenforst. (o.J.). *Wiederbewaldung nach Schadereignissen: Verwendung von Wildlingen*. Zugriff am 20. Januar 2025, von https://www.waldbesitzerportal.de/fileadmin/user_upload/Download/Merkblaetter/Waldbau_Info_Nr_4_Wildlinge.pdf

Umweltbundesamt. (09. Juli, 2021). *Aufforstung und Wiederaufforstung*. Zugriff am 12. Januar 2025, von <https://www.umweltbundesamt.de/aufforstung-wiederaufforstung#undefined>

von Willert, M. (o. J.). *Die Aufforstung verstehen und vermeiden*. Zugriff am 12. Januar 2025, von <https://www.waldhilfe.de/die-aufforstung-verstehen-und-vermeiden/>

VuMA (Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse). (2021, 17. November). *Anteil der Smartphone-Nutzer in Deutschland nach Altersgruppe im Jahr 2021* [Graph]. In *Statista*. Zugriff am 22. Juni 2025, von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/459963/umfrage/anteil-der-smartphone-nutzer-in-deutschland-nach-altersgruppe/>

Wahl, J. (2023, 5. August). *Natürliche Wiederbewaldung statt Aufforstung*. Zugriff am 12. Dezember 2024, von <https://www.tagesschau.de/wissen/klima/waldbelebung-aufforstung-100.html>

Waldbesitzer Portal Bayern. (2024, 07. August). *Durchführung von Pflanzungen*. Zugriff am 12. Januar 2025, von <https://www.waldbesitzer-portal.bayern.de/waldpflege/durchfuehrung-von-pflanzungen/index.html>

Waldhilfe. (o.J.). *Wildschäden im Wald*. Zugriff am 22. März 2025, von <https://www.waldhilfe.de/wildschaeden-im-wald/>

Waldwissen.net. (o. J.). *Stockwerke des Waldes*. Zugriff am 24. Juni 2025, von <https://www.wald.de/waldwissen/stockwerke-des-waldes/>

Wohlleben, P. (Moderator). (2024, 1. April). *Wald aktuell: Beteiligung an Aufforstungen* [Audio-Podcast-Episode]. In *Peter und der Wald*. GEO-Podcast. Zugriff von <https://open.spotify.com/episode/1nXjvmK1IFNse8WQUffTfl>

WWF. (2022, 17. Oktober). *Die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH)*. Zugriff am 15. Januar 2025, von <https://www.wwf.de/themen-projekte/artenschutz/politische-instrumente/die-fauna-flora-habitat-richtlinie-ffh>

Bildquellenverzeichnis der Arbeit

Gutachterausschüsse Baden-Württemberg. (2025). *BORIS-BW – Bodenrichtwertkarte* [Screenshot]. Zugriff von <https://www.gutachterausschuesse-bw.de/borisbw/?lang=de>

Insinger, A. (o.J.). *Bepflanzungsplan* [Screenshot]. Zugriff von http://www.plangruen-insinger.de/leistungen_gartenplanung.shtml

Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL). (2025). *Geoportal Baden-Württemberg* [Screenshot]. Zugriff von <https://www.geoportal-bw.de/>

Marcu, D. (o. J.). *Ein Wald mit vielen hohen Bäumen* [Foto]. Zugriff von https://unsplash.com/de/fotos/ein-wald-mit-vielen-hohen-baumen-zeo57K9_9AQ

Pixabay. (o. J.). *Gefällte Bäume (Feuerwald)* [Foto]. Zugriff von <https://www.pexels.com/de-de/foto/haufen-feuerwalder-282373/>

Pixabay. (o. J.). *Waldstück mit Nebel* [Foto]. <https://www.pexels.com/de-de/foto/30678455/>

WaldExpert. (2025). *WaldExpert-App* [Screenshot]. Zugriff am 15. Mai 2025, aus dem App Store. <https://waldexpert.waldportal-bw.de/de>

Bildquellenverzeichnis des Prototyps

Agrarheute. (o.J.). *Sturmschäden* [Foto Windsturz]. Zugriff von <https://www.agrar-heute.com/tag/sturmschaeden>

Baumpflegeportal. (o.J.). *Gefährlicher Baumpilz: Hallimasch* [Foto Weiße Myzellappen hinter der Rinde]. Zugriff von https://www.baumpflegeportal.de/baumkrankheiten/gefaehrlicher-baumpilz_hallimasch/#gallery-3

Baumschule Horstmann. (o.J.). *Schlehe/Schwarzdorn* [Foto]. Zugriff von <https://www.baumschule-horstmann.de/shop/exec/product/687/52/Schlehe-Schwarzdorn.html>

Baumschule Horstmann. (o.J.). *Gewöhnliche Esche / Gemeine Esche / Hohe Esche* [Foto]. Zugriff von <https://www.baumschule-horstmann.de/shop/exec/product/688/30/Gewoehnliche-Esche-Gemeine-Esche-Hohe-Esche.html>

Biodiv-im-wald. (07. Juni 2020). *Douglasie* [Foto]. Zugriff von <https://biodiv-im-wald.online/douglasie-der-riese-der-uns-helfen-konnte>

Bodendecker24. (o.J.). *Efeu, Hedera Helix im P9 Topf* [Foto]. Zugriff von <https://www.bodendecker24.de/Sorten/Hedera-Efeu/Efeu-Hedera-Helix-im-P9-Topf.html>

Dürhammer, O. (07. Januar 2022). *Moos: ein flauschig-grüner Waldbewohner* [Foto Wald-Frauenmooshaar]. Zugriff von <https://www.wochenblatt-dlv.de/dorf-familie/garten-gesundheit/moos-flauschig-gruener-waldbewohner-567847>

Dürhammer, O. (07. Januar 2022). *Moos: ein flauschig-grüner Waldbewohner* [Foto Gemeine Grünstängelmoos]. Zugriff von <https://www.wochenblatt-dlv.de/dorf-familie/garten-gesundheit/moos-flauschig-gruener-waldbewohner-567847>

Dürhammer, O. (07. Januar 2022). *Moos: ein flauschig-grüner Waldbewohner* [Foto Etagenmoos]. Zugriff von <https://www.wochenblatt-dlv.de/dorf-familie/garten-gesundheit/moos-flauschig-gruener-waldbewohner-567847>

Forster, J. (10. April 2024). *Charakteristische Arten der Wald-Krautschicht* [Foto Bingelkraut]. Zugriff von <https://www.waldzeit.ch/pflanzen/charakteristische-arten-der-wald-krautschicht/>

Forster, J. (10. April 2024). *Charakteristische Arten der Wald-Krautschicht* [Foto Springkraut]. Zugriff von <https://www.waldzeit.ch/pflanzen/charakteristische-arten-der-wald-krautschicht/>

Goldkamp, T. (24. August 1019). *Grundbuchauszug verstehen: Ein kleiner Ratgeber für Rechtsanwälte, Referendare und Mandanten* [Foto Grundbuchauszug]. Zugriff von <https://aktuell.breuer.legal/grundbuchauszug-verstehen-grundbuch-erklaert-ratgeber-5165/>

Grüne Saar. (o.J.). *Waldzustandsbericht: Wildverbiss und Klimaschutz angehen* [Foto Wildverbiss]. Zugriff von <https://gruene-saar.de/2017/11/waldzustandsbericht-wildverbiss-und-klimaschutz-angehen/>

Hanninger, U. (15. April 2024). *Roter Hartriegel* [Foto]. Zugriff von <https://www.meinschoener-garten.de/pflanzen/hartriegel/roter-hartriegel>

Holger. (14. April 2025). *Hallimasch – ein Parasit im Garten* [Foto Hallimasch]. Zugriff von <https://www.samenhaus.de/gartenblog/hallimasch-ein-parasit-im-garten>

Kletterer OHG. (o.J.). *Fichte* [Foto]. Zugriff von <https://ketterer-holz.de/product/fichte/>

Monning, E. (30. Juli 2018). *Faulbaum* [Foto]. Zugriff von <https://www.mein-schoener-garten.de/pflanzen/faulbaum/faulbaum>

Müller Münchhof. (o.J.). *Baum des Jahres 2012 – Europäische Lärche im Container* [Foto]. Zugriff von https://shop.mueller-muenchhof.de/product_info.php?info=p3016_baum-des-jahres-2012---europaeische-laerche-im-container.html

Paulownia Baumschule. (o.J.). *Borkenkäfer* [Foto Rinde mit Befall]. Zugriff von <https://www.paulownia-baumschule.de/borkenkaefer/>

Pflanzhits. (o.J.). *Spitzahorn* [Foto]. Zugriff von <https://pflanzhits.de/product/spitzahorn-wurzelware-50-80cm/>

Plobner, M. (09. Oktober 2022). *Nahaufnahme eines Baumes* [Foto Efeu]. Zugriff von <https://unsplash.com/de/fotos/nahaufnahme-eines-baumstammes-NoKEUtV1V5Y>

Repetico. (o.J.). *Baumkrankheiten* [Foto Hallimasch]. Zugriff von

Sam's Baumpflege. (o.J.). *Frostriss am Baum: Schadbild, Vorbeugung und Behandlung* [Foto Frostriss am Baum]. Zugriff von <https://www.samsbaum.de/baumkrankheiten/frostriss-am-baum/>

Schmidt, V. (10. Juli 2018). *Blaue Heckenkirsche* [Foto]. Zugriff von <https://www.mein-schoener-garten.de/pflanzen/heckenkirsche-geissblatt/blaue-heckenkirsche>

Wald-vielfalt. (o.J.). *Weisstanne – Tausendsassa mit Nadeln* [Foto]. <https://www.wald-vielfalt.ch/walderlebnis/weisstanne/detail>

Willert von, M. (o.J.). *Waldbäume: Die wichtigsten Baumarten in Deutschland* [Foto Rotbuche]. <https://www.waldhilfe.de/waldbaeume-die-wichtigsten-bauarten-in-deutschland/>

Willert von, M. (o.J.). *Waldbäume: Die wichtigsten Baumarten in Deutschland* [Foto Eiche]. <https://www.waldhilfe.de/waldbaeume-die-wichtigsten-bauarten-in-deutschland/>

Willert von, M. (o.J.). *Waldbäume: Die wichtigsten Baumarten in Deutschland* [Foto Hainbuche]. <https://www.waldhilfe.de/waldbaeume-die-wichtigsten-bauarten-in-deutschland/>

Willert von, M. (o.J.). *Waldbäume: Die wichtigsten Baumarten in Deutschland* [Foto Linde]. <https://www.waldhilfe.de/waldbaeume-die-wichtigsten-bauarten-in-deutschland/>

Wyss. (o.J.). *Haselstrauch* [Foto Haselstrauch]. Zugriff von <https://shop.wyssgarten.ch/garten-und-balkonpflanzen/straeucher-und-gehoelze/einheimische-wildgehoelze/8685/haselstrauch>

Zulauf. (o.J.). *Schneebruch* [Foto Schneebruch der Wacholder]. Zugriff von <https://www.zulauf.ch/de/ratgeber/news/schaden-durch-schneebruch>