

ENTWICKLUNG EINER FORMULARANWENDUNG MIT KOMPATIBILITÄTSVALIDIERUNG DER EINFACH- UND MEHRFACHAUSWAHL-EINGABEFELDER

Vorgelegt von:

Alexander Johr

Meine Adresse

Erstprüfer: Prof. Jürgen Singer Ph.D.
Zweitprüfer: Prof. Daniel Ackermann
Datum: 02.11.2020

THEMA UND AUFGABENSTELLUNG DER MASTERARBEIT
MA AI 29/2021

FÜR HERRN ALEXANDER JOHR

ENTWICKLUNG EINER FORMULARANWENDUNG MIT
KOMPATIBILITÄTSVALIDIERUNG DER EINFACH- UND
MEHRFACHAUSWAHL-EINGABEFELDER

Das Thünen-Institut für Ländliche Räume wertet Daten zu Maßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen aus. Dafür müssen entsprechende Maßnahmen bundesweit mit Zeitbezug auswertbar sein und mit Attributen versehen werden. Um die Eingabe für die Wissenschaftler des Instituts zu beschleunigen und um fehlerhafte Eingaben zu minimieren, soll eine spezielle Formularanwendung entwickelt werden. Neben herkömmlichen Freitextfeldern beinhaltet das gewünschte Formular zum Großteil Eingabefelder für Einfach- und Mehrfachauswahl. Je nach Feld kann die Anzahl der Auswahlmöglichkeiten mitunter zahlreich sein. Dem Nutzer sollen daher nur solche Auswahlmöglichkeiten angeboten werden, die zusammen mit der zuvor getroffenen Auswahl sinnvoll sind.

Im Wesentlichen ergibt sich die Kompatibilität der Auswahlmöglichkeiten aus der Bedingung, dass für dasselbe oder ein anderes Eingabefeld eine Auswahlmöglichkeit gewählt bzw. nicht gewählt wurde. Diese Bedingungen müssen durch Konjunktion und Disjunktion verknüpft werden können. In Sonderfällen muss ein Formularfeld jedoch auch die Konfiguration einer vom Standard abweichenden Bedingung ermöglichen. Wird dennoch versucht, eine deaktivierte Option zu selektieren, wäre eine Anzeige der inkompatiblen sowie der stattdessen notwendigen Auswahl ideal.

Die primäre Zielplattform der Anwendung ist das Desktop-Betriebssystem Microsoft Windows 10. Idealerweise ist die Formularanwendung auch auf weiteren Desktop-Plattformen sowie mobilen Endgeräten wie Android- und iOS-Smartphones und -Tablets lauffähig. Die Serialisierung der eingegebenen Daten genügt dem Institut zunächst als Ablage einer lokalen Datei im JSON-Format.

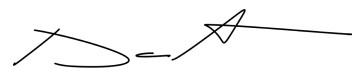
Die Masterarbeit umfasst folgende Teilaufgaben:

- Analyse der Anforderungen an die Formularanwendung
- Evaluation der angemessenen Technologie für die Implementierung
- Entwurf und Umsetzung der Übersichts- und Eingabeoberfläche
- Konzeption und Implementierung der Validierung der Eingabefelder
- Entwicklung von automatisierten Testfällen zur Qualitätskontrolle
- Bewertung der Implementierung und Vergleich mit den Wunschkriterien

Digital unterschrieben von
Juergen K. Singer
o= Hochschule Harz,
Hochschule fuer
angewandte
Wissenschaften, l=
Wernigerode
Datum: 2021.03.23 12:30:
26 MEZ



Prof. Jürgen Singer Ph.D.
1. Prüfer



Prof. Daniel Ackermann
2. Prüfer

Inhaltsverzeichnis

Listingsverzeichnis	9
I Einleitung	12
1 Problemstellung	12
2 Grundlagen	12
2.1 Flutter	12
2.2 Dart	13
2.2.1 AOT und JIT	14
2.2.2 Set und Map Literale	14
2.2.3 Typen ohne NULL-Zulässigkeit	16
2.2.4 Typen mit Null-Zulässigkeit	16
2.2.5 Asynchrone Programmierung	18
2.3 Entwurfsmuster	20
3 Technologie Auswahl	21
3.1 Trendanalyse	21
3.1.1 Frameworks mit geringer Relevanz	22
3.1.2 Frameworks mit sinkender Relevanz	23
3.1.3 Frameworks mit steigender Relevanz	24
3.2 Vergleich React Native und Flutter	25
3.2.1 Vergleich zweier minimaler Beispiele für Formulare und Validierung	25
3.2.2 Automatisiertes Testen	26
II Implementierung	29
4 Schritt 1 - Formular in Grundstruktur erstellen	29
4.1 Auswahloptionen hinzufügen	30
4.2 Serialisierung einer Maßnahme	34
4.3 Test der Serialisierung einer Maßnahme	37
4.4 Serialisierung der Maßnahmenliste	39

4.5	Test der Serialisierung der Maßnahmenliste	40
4.6	Der Haupteinstiegspunkt	42
4.7	Der Service für den Applikations übergreifenden Zustand	44
4.8	Speichern der Maßnahmen in eine JSON-Datei	46
4.9	Abhängigkeit zum Verwalten der Maßnahmen	48
4.10	Übersichtsbildschirm der Maßnahmen	50
4.10.1	Auflistung der Maßnahmen im Übersichtsbildschirm	52
4.11	Widget MassnahmenTable	54
4.12	Das View Model	56
4.13	Eingabeformular	58
4.13.1	Ausgabe der Formularfelder	60
4.13.2	Eingabefeld für den Maßnahmentitel	60
4.13.3	Speicher-Routine	61
4.14	Widget SelectionCard	62
4.14.1	Bildschirm für die Auswahl der Optionen	64
4.15	Integrations-Test zum Test der Oberfläche	66
4.16	Schritt 2	73
4.16.1	Integrationstest erweitern	73
4.16.2	Hinzufügen der Auswahloptionen	74
4.16.3	Aktualisierung des Models	74
4.16.4	Aktualisierung der Übersichtstabelle	75
4.16.5	Aktualisierung des ViewModels	76
4.16.6	Aktualisierung der Eingabemaske	77
4.17	Schritt 3	80
4.18	Einfügen des Form-Widgets	80
4.19	Validierung des Maßnahmentitels	80
4.20	Schritt 4	87
4.20.1	Hinzufügen der Bedingungen zu den Auswahloptionen	87
4.20.2	Hinzufügen der Momentaufnahme aller ausgewählten Optionen im gesamten Formular	88
4.20.3	Reagieren der Selektionskarte auf die ausgewählten Optionen	90
4.20.4	Reagieren des Auswahlbildschirms auf die ausgewählten Optionen . .	92

4.20.5 Hinzufügen der Momentaufnahme zur Validierung	94
4.21 Schritt 5	95
III Anhang	98
A Technologiewahl Anhang	99
A.1 Stimmen verwendeter Frameworks	99
A.2 Stimmen gewünschter Frameworks	99
B Vergleich React Native und Flutter Anhang	99
IV Implementierung	107
C Schritt 1 Anhang	107
D Schritt 2 Anhang	107
E Schritt 3 Anhang	108
F Schritt 4 Anhang	112
Literatur	115

Abbildungsverzeichnis

1	Stimmen der Stack Overflow Umfrage von 2013 bis 2020	22
2	Suchinteresse der Frameworks mit geringer Relevanz	23
3	Stimmen für Cordova und PhoneGap 2013 bis 2020	23
4	Stimmen für Xamarin und Cordova	24
5	Suchinteresse sinkende und steigende Relevanz	24
6	Stimmen für React Native und Flutter	25
7	Schritt 1 Übersicht	29
8	Schritt 1 Eingabemaske	29
9	Schritt 1 Selektions-Bildschirm für Status	30
10	UML Diagramme	45
11	UML Diagramm	56
12	XXX	96
13	XXX	97
14	XXX	97
15	Stimmen verwendeter Frameworks	99
16	Stimmen gewünschter Frameworks	100

Listingsverzeichnis

1	Ein Set	14
2	Collection-for in einer Menge	15
3	Collection-for in einer Hashtabelle	15
4	Collection-if in einer Liste	15
5	Collection-if in einer Liste	16
6	Collection-if in einer Liste	17
7	Collection-if in einer Liste	17
8	Collection-if in einer Liste	17
9	Collection-if in einer Liste	18
10	Collection-if in einer Liste	18
11	Collection-if in einer Liste	18
12	Collection-if in einer Liste	19
13	Collection-if in einer Liste	19
14	Collection-if in einer Liste	20
15	Schritt 1 Die Klasse LetzterStatus	30
16	Schritt 1 Die Klasse Choice	31
17	Schritt 1 Die Menge letzterStatusChoices	31
18	Schritt 1 Die Klasse Choices	32
19	built_value Live Template	34
20	Schritt 1 Der Werte-Typ Massnahme	35
21	Schritt 1 Der Werte-Typ Identifikatoren	36
22	Schritt 1 Der Werte-Typ LetzteBearbeitung	36
23	Schritt 1 Der Serialisierer für Massnahme und Storage	37
24	Schritt 1 Serialisierung einer Maßnahme Unittest	37
25	Schritt 1 Deserialisierung einer Maßnahme Unittest	38
26	Schritt 1 Instanzvariable <code>letzteBearbeitung</code> gibt einen <code>LetzteBearbeitungBuilder</code> zurück	39
27	Schritt 1 Der Werte-Typ Storage	40
28	Schritt 1 Ein automatisierter Testfall überprüft	40
29	Schritt 1 Instanzvariable <code>massnahmen</code> gibt einen <code>SetBuilder</code> zurück	41
30	Schritt 1 Der Haupteinstiegspunkt	43
31	Schritt 1 Der Service AppState	45
32	Schritt 1 Die Klasse Massnahmen.JsonFile	47
33	Schritt 1 Die Klasse MassnahmenModel	49
34	Schritt 1 Die Struktur der Klasse MassnahmenMasterScreen	51
35	Schritt 1 Die Ausgabe der Maßnahmen	53
36	Schritt 1 Die Klasse MassnahmenTable	55
37	Schritt 1 Die Klasse MassnahmenFormViewModel	57
38	Schritt 1 Klasse MassnahmenDetailScreen Struktur	59
39	Schritt 1 Die Ausgabe der Formularfelder	60
40	Schritt 1 Die Funktion createMassnahmenTitelTextFormField	61
41	Schritt 1 Die Funktion saveRecordAndGoBackToOverviewScreen	61
42	Schritt 1 Die Klasse SelectionCard	62
43	Schritt 1 Die Build Methode der SelectionCard	63
44	Schritt 1 Die Funktion createMultipleChoiceSelectionScreen	65
45	Schritt 1 Initialisierung des Integrations Tests	66
46	Schritt 1 Initialisierung des Integrations Tests	67
47	Schritt 1 Initialisierung des Widgets für den Integrations Tests	67
48	Schritt 1 Die Hilfsmethode tabSelectionCard	68
49	Schritt 1 Die Hilfsmethode tabConfirmButton	69
50	Schritt 1 Die Hilfsmethode tabOption	69
51	Schritt 1 Die Hilfsmethode fillTextFormField	70

52	Schritt 1 Der Button zum Kreieren einer Maßnahme wird ausgelöst	70
53	Schritt 1 Der letzte Status wird ausgewählt	70
54	Schritt 1 Der Maßnahmentitel wird eingegeben	71
55	Schritt 1 Validierung des Testergebnisses	71
56	Schritt 2 Der Integrationstest klickt 5 weitere Karten	73
57	Schritt 2 Der Integrationstest klickt 5 weitere Karten	73
58	Schritt 2 Die Klasse FoerderklasseChoice	74
59	Schritt 2 massnahmenCharakteristika wird Massnahme hinzugefügt	74
60	Schritt 2 Der Werte-Typ Massnahmencharakteristika	75
61	Schritt 2 Maßnahmencharakteristika werden dem Tabellenkopf hinzugefügt .	75
62	Schritt 2 Maßnahmencharakteristika werden dem Tabellenkörper hinzugefügt	75
63	Schritt 2 Maßnahmencharakteristika werden dem ViewModel hinzugefügt .	76
64	Schritt 2 Konvertierung des Models in das ViewModel	76
65	Schritt 2 Konvertierung des ViewModels in das Model	77
66	Schritt 2 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	77
67	Schritt 2 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	78
68	Schritt 2 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	78
69	Schritt 2 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	79
70	Schritt 3 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	80
71	Schritt 3 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	80
72	Schritt 3 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	81
73	Schritt 3 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	82
74	Schritt 3 errorText wird der SelectionCard hinzugefügt	83
75	Schritt 3 errorText wird ausgegeben	83
76	Schritt 3 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	84
77	Schritt 3 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	84
78	Schritt 3 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	85
79	Schritt 3 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	85
80	Schritt 3 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	86
81	Schritt 4 XXXXX	87
82	Schritt 4 XXXXX	87
83	Schritt 4 XXXXX	88
84	Schritt 4 XXXX	89
85	Schritt 4 Die Ausgabe der Formularfelder	90
86	Schritt 4 XXXX	90
87	Schritt 4 XXXX	91
88	Schritt 4 XXXX	93
89	Schritt 4 Die Ausgabe der Formularfelder	94
90	Schritt 5 XXXX	96
91	. . . . .	101
92	. . . . .	102
93	. . . . .	103
94	. . . . .	104
95	. . . . .	104
96	. . . . .	105
97	. . . . .	106
98	Schritt 1 Ein automatisierter Testfall überprüft	107
99	Schritt 2 Die Mengen foerderklasseChoices und kategorieChoices	109
100	Schritt 2 Die Mengen zielflaecheChoices und zieleinheitChoices	110
101	Schritt 2 Die Menge hauptzielsetzungLandChoices	111
102	Schritt 3 Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt .	111
103	Schritt 4 XXXXX	112
104	Schritt 4 XXXXX	113

105	Schritt 4 XXXXX	114
-----	---------------------------	-----

Teil I

Einleitung

1 Problemstellung

Das primäre Problem der Formular-Anwendung ist, dass sich die Auswahlfelder untereinander beeinflussen. Wird eine Option in einem Auswahlfeld selektiert, so werden die möglichen Auswahlfelder von potenziell jedem weiteren Auswahlfeld dadurch manipuliert. Es muss eine Möglichkeit gefunden werden, die Abhängigkeiten in einer einfachen Art und Weise für jede Auswahloption zu hinterlegen und bei Bedarf abzurufen.

Das sekundäre Problem, welches sich vom primären Problem ableiten lässt, ist die Laufzeitgeschwindigkeit. Wenn die Auswahl in einem Auswahlfeld die Auswahlmöglichkeiten in potenziell allen anderen Auswahlfeldern manipuliert, so könnte dies zu einer hohen Last beim erneuten Zeichnen der Oberfläche zur Folge haben. Wann immer der Nutzer eine Selektion tätigt, müsste das gesamte Formular neu gezeichnet werden, um sicherzustellen, dass invalide Auswahloptionen gekennzeichnet werden. Bei einem Formular mit wenigen Auswahlfeldern wäre das kein Problem, doch die nötigen Auswahlfelder für das Eintragen von Maßnahmen des Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) sind zahlreich. Ein automatisierter Integrationstest, welcher im Formular Daten einer beispielhaften Maßnahme einträgt, zählt zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit bereits 58 aufgerufene Auswahlfelder und 107 darin selektierte Auswahloptionen. Das bedeutet, dass bei jedem dieser 107 Selektionen die 58 Auswahlfelder und all ihre Kinder neu gezeichnet werden müssten. Es entstehen also Wartezeiten nach jedem Auswählen einer Option. Das Formular soll in Zukunft zudem noch erweitert und auch für die Eingabe ganz anderer Datensätze mit potenziell noch mehr Auswahlfeldern eingesetzt werden können. Es ist also erforderlich, dass ein Mechanismus gefunden wird, der nur die Elemente neu zeichnet, die sich wirklich ändern.

2 Grundlagen

Für die Formular Anwendung wurde die Programmiersprache Dart und das Oberflächen Framework Flutter gewählt. Kapitel Kapitel einfügen erläutert die Entscheidungs-Grundlage dafür.

Nachfolgend soll auf die Grundlagen der beiden Technologien eingegangen werden.

2.1 Flutter

Flutter ist ein Framework von Google zur Entwicklung von Oberflächen. Es unterstützt eine breite Anzahl an Ziel-Systemen. Dazu gehören:

- Desktop:¹
 - Windows:
 - * Win32,

¹Vgl. Google LLC, *Desktop support for Flutter*.

- * Universal Windows Platform,
- macOS,
- Linux,
- Mobile Endgeräte²:
 - Android,
 - iOS,
- und das Web³.

Flutter ist inspiriert durch das Web-Framework react und deren Oberflächenelemente, die Components genannt werden⁴. Die visuellen Oberflächen-Elemente in Flutter werden dagegen Widgets genannt. „react“ „Components“ verfügen über einen Zustand – „State“ genannt – der bei Veränderung das Neuzeichnen der visuellen Repräsentation erwirkt. Flutter unterscheidet allerdings zwischen zwei Arten von Widgets: denen, die einen Zustand pflegen – den „*Stateful Widgets*“ – und solchen, die keinen Zustand haben – den „*Stateless Widgets*“.

„*Stateful Widgets*“ pflegen einen Zustand, der mittels der Methode `setState` gesetzt werden kann. Beim Aufrufen der Methode wird das gesamte Widget neu gezeichnet. Der Zustand selbst ist dabei im visuellen Baum als Vater der visuellen Elemente des Widgets verankert und bleibt erhalten, während die dazugehörigen Oberflächenelemente ausgetauscht werden.

„*Stateless Widgets*“ haben dagegen keinen solchen Mechanismus. Wie alle Widgets werden sie neu gezeichnet, wenn es durch das Framework angeordnet wurde. Das kann unter anderem der Fall sein, wenn das Widget zum ersten Mal in der Oberfläche auftaucht, oder das Vater-Element und damit alle Kinder-Elemente neu gezeichnet werden.

„*Stateful Widgets*“ sind nur eine von vielen Möglichkeiten den Zustand des Programms zu verwalten. Die Formular-Anwendung verwendet ausschließlich `StatelessWidgets`, da die Verwaltung des Zustands über das sogenannte BloC Pattern umgesetzt wird. Mehr dazu im Kapitel **Kapitel einfügen**.

2.2 Dart

Flutter-Anwendungen werden in der Programmiersprache Dart geschrieben. Nachfolgend soll auf eine Reihe von Besonderheiten von Dart im Vergleich zu anderen objektorientierten Programmiersprachen eingegangen werden.

Dart ist eine Hochsprache, die hauptsächlich für die Entwicklung von Oberflächen entwickelt wurde, sich jedoch ebenso dazu eignet, Programme für das Back-End zu entwickeln.

Ein Hauptaspekt bei dem Design der Sprache ist die Produktivität des Entwicklers. Mechanismen wie das „*hot reload*“ verkürzen die Entwicklungszyklen erheblich. Das „*hot reload*“ ermöglicht es, während eine Anwendung im Debug-Modus ausgeführt wird, Änderungen an dessen Quellcode vorzunehmen. Daraufhin werden nur die Teile der laufenden Applikation aktualisiert, die tatsächlich verändert wurden. Währenddessen bleibt die Anwendung in der gleichen Ansicht, anstatt zum Hauptbildschirm zurückgesetzt zu werden, von der aus der Entwickler erneut zur gewünschten Ansicht zurücknavigieren müsste.

²Vgl. Google LLC, *Flutter - Beautiful native apps in record time*.

³Vgl. Google LLC, *Web support for Flutter*.

⁴Vgl. Google LLC, *Flutter - Introduction to widgets*.

2.2.1 AOT und JIT

Nicht nur für die reibungslose Entwicklung sondern auch für das Laufzeitverhalten der finalen Applikation wurde die Sprache optimiert. Für die Ziel-Architekturen ARM32, ARM64 und x86_64 wird Dart in Maschinencode kompiliert⁵.

Dementsprechend kommt während der Entwicklung eine virtuelle Maschine - die Dart VM - über Just-in-time-Kompilierung (JIT) zum Einsatz. Für die Kompilierung in Maschinencode wird dagegen Ahead-of-time-Kompilierung (AOT) eingesetzt.

tree shaking Für die Minimierung der Dateigröße des resultierenden Kompilats wird das sogenannte „tree shaking“ eingesetzt. Das Hauptprogramm importiert über das Schlüsselwort `import` Funktionalitäten aus weiteren .dart-Dateien oder sogar ganzen Bibliotheken. Diese Dateien importieren wieder Weitere. Dadurch wird ein Baum aufgespannt. Das „tree shaking“ identifiziert, welche Funktionalitäten tatsächlich vom Programm verwendet werden und welche nicht. Dies bringt aber eine wichtige Einschränkung mit sich. Die Metaprogrammierung (der Zugriff auf sprachinterne Eigenschaften, wie etwa Klassen und ihre Attribute) ist damit stark eingeschränkt.

Meta-Programmierung Bei der Kompilierung werden die Original-Bezeichner durch Symbole ersetzt, welche minimalen Speicherbedarf haben. Aber nicht nur das, denn durch das „tree shaking“ werden auch etwaige Eigenschaften und Funktionalitäten entfernt, die nicht verwendet werden. Die sogenannte „Reflexion“ oder „Introspektion“ versucht auf solche Meta-Informationen während der Laufzeit zuzugreifen. Da die Eigenschaften aber nicht mehr verfügbar sind, ist „Reflexion“ nicht anwendbar. Dart greift daher auf eine andere Variante der Meta-Programmierung zurück: die Quellcode Generierung.

Quellcode-Generierung Das Package „source_gen“ erlaubt das Auslesen der Meta-Informationen und ermöglicht das Generieren von Quellcode, der von diesen Eigenschaften abgeleitet werden kann. So verwendet beispielsweise das Package „built_value“ die Quellcode-Generierung. Zunächst werden Eigenschaften wie Klassennamen und Instanzvariablen mit ihren Bezeichnern und Datentypen gelesen. Die Eigenschaften können dann genutzt werden, um unveränderliche Werte-Typen und dazugehörige sogenannte „Builder“-Objekte des Erbauer-Entwurfsmusters, sowie Funktionen zum Serialisieren und Deserialisieren von Objekten zu generieren. **Referenzen**

2.2.2 Set und Map Literale

Dart erlaubt es Listen (`List`), Mengen (`Set`) und Hashtabellen (`Map`) als sogenannte Literale zu deklarieren. Ein Literal ist die textuelle Repräsentation eines Wertes eines speziellen Datentyps. Beispielsweise ist `"Text"` ein String-Literal für eine Zeichenkette mit den Elementen „T“, „e“, „x“, „t“. So ist auch `{"Text"}` ein Literal für eine Menge (`Set`). Eine Menge mit den gleichen Werten könnte genauso auch wie in Listing 1 erstellt werden.

```
1 var menge = Set();
2 menge.add("Text");
```

Listing 1: Ein Set, Quelle: Eigenes Listing

⁵Vgl. Google LLC, *Dart: The platforms*.

Es entfällt also die Instanziierung einer Liste, einer Menge oder einer Hashtabelle über den Klassennamen und der darauffolgenden Zuweisung der einzelnen Werte. Stattdessen startet das `Set` und `Map` Literal mit einer öffnenden geschweiften Klammer und endet mit einer schließenden geschweiften Klammer. Innerhalb der Klammern werden die Werte im Fall eines Sets mit `,` getrennt nacheinander aufgeführt (`{1,2}`). Im Fall einer Map werden der Schlüssel und der Wert durch einen `:` voneinander getrennt und die Schlüssel-Wertepaare wiederum durch `,` getrennt nacheinander aufgelistet (`{1: "erster Wert",2:"zweiter Wert"}`). Eine Liste wiederum wird mit eckigen Klammern geöffnet und geschlossen. Die Werte werden erneut mit `,` getrennt voneinander angegeben (`[1,2]`).

Collection for Dart erlaubt es Schleifen innerhalb von Listen-, Mengen- und Hashtabellen-Literalen zu verwenden. Dabei darf die Schleife jedoch keinen Schleifen-Körper besitzen. Lediglich der Schleifen-Kopf wird dazu im Literal geschrieben. Darauf folgt der Wert, der bei jedem Schleifendurchlauf hinzugefügt werden soll. Dabei kann der Wert von der Schleifenvariable genutzt oder davon abgeleitet werden. Listing 2 geht beispielsweise durch die Liste der Temperatur-Angaben 97.7,105.8, die in Fahrenheit gelistet sind.

```
1 var gradCelsiusTemperaturen = {  
2   for (var f in [97.7, 101.3, 105.8])  
3     (f - 32) * 5 / 9  
4 };
```

Listing 2: Collection-for in einer Menge, Quelle: Eigenes Listing

Für jeden Schleifendurchlauf wird die Schleifen-Variable `f` mit der entsprechenden Formel in Grad Celsius umgewandelt. Das Ergebnis ist somit äquivalent mit dem `Set`-Literal `{36.5, 38.5, 41}`.

Gleiches gilt für Hashtabellen. Hierbei wird ein Schlüssel-Werte-Paar übergeben. Links von einem `:` ist der Schlüssel und rechts davon der Wert. In Listing 3 wird durch die gleiche Liste von Temperaturen in Fahrenheit iteriert.

```
1 var celsiusUndFahrenheit = {  
2   for (var f in [97.7, 101.3, 105.8])  
3     (f - 32) * 5 / 9 : f  
4 };
```

Listing 3: Collection-for in einer Hashtabelle, Quelle: Eigenes Listing

Für jede Schleifenvariable `f` wird für das resultierende Schlüssel-Wörter-Paar das Ergebnis in Grad Celsius als Schlüssel und das Ergebnis als Wert eingetragen. Das Ergebnis von `celsiusUndFahrenheit` ist dementsprechend eine `Map` mit dem Wert: `{36.5: 97.7, 38.5: 101.3, 41: 105.8}`

Collection-if Neben dem `Collection-for` ist auch die Nutzung von Fallunterscheidungen in Kollektionen erlaubt. Vor dem Wert, der in die Kollektion aufgenommen werden soll oder nicht, kann das Schlüsselwort `if` mit einer darauffolgenden Bedingung in Klammern gesetzt werden. Listing 4 iteriert durch eine Anzahl von Temperaturen in Grad Celsius.

```
1 var fieberTemperaturen = [  
2   for (var c in [36.5, 38.5, 41])  
3     if (c >= 38.5) c  
4 ];
```

Listing 4: Collection-if in einer Liste, Quelle: Eigenes Listing

Nur in dem Fall, dass die Temperatur der Schleifen-Variable `c` größer oder gleich 38,5 ist, wird die Temperatur der Liste zugefügt. Das Ergebnis der Liste `fieberTemperaturen` ergibt also `[38.5, 41]`.

2.2.3 Typen ohne NULL-Zulässigkeit

Im Vergleich zu vielen anderen Programmiersprachen - wie beispielsweise Java - wird in Dart zwischen gewöhnlichen Typen und nullable Typen unterschieden. In Java ist es nur bei atomaren Datentypen wie `int` und `float` vorgeschrieben einen Wert anzugeben. `null` ist bei diesen primitiven Datentypen nicht als Wert erlaubt. Doch nicht atomare Datentypen erlauben immer die Angabe von `null` als Wert. `null` drückt dabei immer das Nicht-Vorhandensein von Daten aus. Ab Dart 2.12 kann allen Datentypen standardmäßig kein Null-Wert zugewiesen werden. Das hat den Vorteil, dass der Compiler sich darauf verlassen kann, dass eine Variable niemals den Wert `null` haben kann. Das ist besonders dann nützlich, wenn auf einem Objekt eine Methode aufgerufen wird. Ist das Objekt in Wahrheit `null`, so gibt es erst zur Laufzeit einen Fehler, da die Methode auf der Referenz `null` nicht aufgerufen werden kann. Damit ein Laufzeitfehler geworfen werden kann, muss vor jedem Aufruf einer Methode auf einer Referenz überprüft werden, ob die Referenzen nicht `null` sind. Würde diese Überprüfung nicht stattfinden, so könnte kein Laufzeitfehler geworfen werden und das Programm würde ohne Fehlermeldung abstürzen. Handelt es sich allerdings um eine Referenz, die niemals den Wert `null` annehmen kann, so kann der Compiler die Überprüfung auf Null-Werte für diese Referenzen überspringen. Damit erhöht sich zusätzlich die Ausführungsgeschwindigkeit, da die Überprüfung Zeit in Anspruch nimmt. Vor allem aber ist es vorteilhaft für den Entwickler, da der Compiler Fehlermeldungen und Warnungen mitteilen kann, wenn Operationen auf Variablen mit potenziellen Null-Werten verwendet werden. Die Abwesenheit von Daten ist jedoch bei der Entwicklung sehr wichtig. Nicht alle Variablen können immer einen Wert haben. Aus diesem Grund gibt es in Dart auch die Typen, die Null-Werte zulassen. Allerdings gelten besondere Regeln für diese Typen.

2.2.4 Typen mit Null-Zulässigkeit

Wird in Dart hinter einem Typen ein `?` angegeben, so kann die Variable nicht nur Werte annehmen, die dieser Datentyp zulässt, sondern zusätzlich auch noch den Wert `null`. Methoden auf Objekten mit Null-Zulässigkeit aufzurufen ist nicht ohne Weiteres möglich.

Im Listing 5 wird versucht, auf die Variable `fahrenheitTemperature` den Operator `-` anzuwenden, um sie mit `32` zu subtrahieren.

```
1 void printTemperatureInCelsius(int? fahrenheitTemperature) {  
2   print((fahrenheitTemperature - 32) * 5 / 9);  
3 }
```

Listing 5: Collection-if in einer Liste, Quelle: Eigenes Listing

Der Compiler liefert jedoch einen Fehler, da der Wert der Variablen `null` sein kann, wie die Notation `int?` anzeigt. Solange nicht feststeht, dass die Variable zur Laufzeit tatsächlich nicht `null` ist, kann das Programm nicht kompiliert werden.

Zu diesem Zweck macht Dart von der sogenannten „*Type Promotion*“ - deutsch Typ Beförderung - Gebrauch. Mithilfe einer Fallunterscheidung kann vor Anwenden der Operation nachgesehen werden, ob der Wert der Variablen nicht `null` ist. Innerhalb des Körpers

der Fallunterscheidung wird der Typ der Variablen automatisch in einen Typ ohne Null-Zulässigkeit befördert. Der Code in Listing 6 lässt sich daher wieder kompilieren.

```
1 void printTemperatureInCelsius(int? temperature) {
2   if (temperature != null) {
3     print((temperature - 32) * 5 / 9);
4   }
5 }
```

Listing 6: Collection-if in einer Liste, Quelle: Eigenes Listing

Eine Besonderheit stellen dabei allerdings Instanzvariablen dar. In Dart wird syntaktisch nicht zwischen dem Aufruf einer Getter-Methode oder einer Instanzvariable unterschieden. In Listing 7 könnte sich hinter den Aufrufen von `temperature` in den Zeilen 6 und 7 die Instanzvariable verbergen, die in Zeile 2 deklariert ist.

```
1 class Patient {
2   num? temperature;
3   Patient({this.temperature});
4
5   void printTemperatureInCelsius() {
6     if (temperature != null) {
7       print((temperature - 32) * 5 / 9);
8     }
9   }
10 }
```

Listing 7: Collection-if in einer Liste, Quelle: Eigenes Listing

Genauso könnte es aber auch sein, dass eine Klasse von `Patient` erbt und das Feld `temperature` mit einer gleichnamigen Getter-Methode überschreibt. Auch wenn es sehr unwahrscheinlich ist, könnte es trotzdem vorkommen, dass der Aufruf von `temperature` in Zeile 6 einen Wert zurückgibt, der nicht `null` ist und der darauffolgende Aufruf in Zeile 7 `null` liefert. So provoziert es die Klasse `UnusualPatient` im Listing 8.

```
1 class UnusualPatient extends Patient {
2   int counter = 0;
3
4   num? get temperature {
5     counter++;
6     if (counter.isOdd) {
7       return 97.7;
8     } else {
9       return null;
10    }
11  }
12 }
```

Listing 8: Collection-if in einer Liste, Quelle: Eigenes Listing

Beim ersten Aufruf von `temperature` wird die Zähl-Variable `counter` von 0 auf 1 erhöht. Die Abfrage, ob es sich bei dem Wert von `counter` um eine ungerade Zahl handelt, ist erfolgreich (Z. 6), weshalb mit 97,7 ein valider Wert zurückgegeben wird. Beim zweiten Aufruf erhöht sich `counter` allerdings auf 2. Die gleiche Abfrage schlägt dieses Mal fehl. Deshalb liefert die Getter-Methode nun `null` (Z. 9). Ein solches Szenario ist schon sehr unwahrscheinlich, doch die Typ-Überprüfung des Compilers arbeitet mit Beweisen. Im Fall von Instanzvariablen kann nicht bewiesen werden, dass zur Laufzeit ein solcher Fall ausgeschlossen werden kann.

Sollte sich der Entwickler sicher sein, dass die Variable nicht `null` sein kann, so kann er mit einem nachgestellten `!` erzwingen, dass die Variable als nicht `null` angesehen wird (Listing 9, Z. 3).

```
1 void printTemperatureInCelsius() {  
2   if (temperature != null) {  
3     print((temperature! - 32) * 5 / 9);  
4   }  
5 }
```

Listing 9: Collection-if in einer Liste, Quelle: Eigenes Listing

Sollte es dann dennoch passieren, dass die Variable `null` ist, so wird eine Fehlermeldung beim Aufruf der Variable geworfen.

Eine noch sicherere Variante ist es, die Instanzvariable zuvor in eine lokale Variable zu speichern (Listing 10, Z. 2).

```
1 void printTemperatureInCelsius() {  
2   num? temperature = this.temperature;  
3   if (temperature != null) {  
4     print((temperature - 32) * 5 / 9);  
5   }  
6 }
```

Listing 10: Collection-if in einer Liste, Quelle: Eigenes Listing

Die lokale Variable hat keine Möglichkeit zwischen den zwei Aufrufen einen unterschiedlichen Wert anzunehmen. Somit kann auch das Suffix `!` weggelassen werden (Z. 4).

2.2.5 Asynchrone Programmierung

Wird auf eine externe Ressource zugegriffen - wie zum Beispiel das Abrufen einer Information von einem Webserver, oder das Lesen einer Datei im lokalen Dateisystem - so handelt es sich um asynchrone Operationen.

Im Sprachkern stellt Dart Schlüsselwörter und Datentypen für die asynchrone Programmierung bereit. Das sind unter anderem die Datentypen `Future` und `Stream` sowie die Schlüsselwörter `async` und `await`.

Future Ein `Future`-Objekt repräsentiert einen potenziellen einmaligen Wert, der erst in der Zukunft bereit steht. Er gleicht damit dem sogenannten `Promise` - deutsch Versprechen – in JavaScript⁶.

Das Listing 11 zeigt mit dem Lesen einer Datei ein Beispiel für den Aufruf einer asynchronen Operation.

```
1 var fileContent = file.readAsString();
```

Listing 11: Collection-if in einer Liste, Quelle: Eigenes Listing

Anders als erwartet, befindet sich in der Variablen `fileContent` in Wahrheit kein Text mit dem Inhalt der Datei. Stattdessen hat die Variable den Datentyp `Future<String>` und

⁶Vgl. MDN contributors, *Promise - JavaScript* / MDN.

ist lediglich ein sogenannter „*Handle*“ - deutsch Referenzwert - für das potenzielle und zukünftige Ergebnis der Operation.

Mit der Übergabe einer Funktion, die bei Vollendung der Operation aufgerufen wird, kann der Wert ausgewertet werden. Man nennt diese Operation auch „*Callback-Funktion*“ - deutsch Rückruffunktion. Listing 12 zeigt, wie auf den Dateiinhalt zugegriffen werden kann.

```
1 fileContent.then((text) {  
2   print("Der Datei-Inhalt ist: $text");  
3 });
```

Listing 12: Collection-if in einer Liste, Quelle: Eigenes Listing

Über die Methode `then` wird eine Funktion übergeben, die genau einen Parameter hat. In diesem Parameter wird der Text der gelesenen Datei bei Vollendung der Operation übergeben.

Der Einsatz von „*Callback-Funktionen*“ kann den Quellcode stark verkomplizieren. Man spricht von der sogenannten „*callback hell*“ - deutsch Rückruffunktionen-Hölle -, wenn solche „*Callback-Funktionen*“ über etliche Level hinweg ineinander verschachtelt sind.

Um genau das zu verhindern, existieren in Dart die Schlüsselwörter `async` und `await`. Genauso heißen sie auch in anderen Sprachen wie etwa C# ab Version 4.5 und JavaScript ab Version ES2017^{7,8}.

Listing 13 zeigt, dass das Anwenden des Schlüsselwortes `await` vor der Operation `file.readAsString` dafür sorgt, dass der zukünftige Wert direkt in `fileContent` gespeichert wird.

```
1 printFileContent() async {  
2   var fileContent = await file.readAsString();  
3   print("Der Datei-Inhalt ist: $fileContent");  
4 }
```

Listing 13: Collection-if in einer Liste, Quelle: Eigenes Listing

Ganz ohne „*Callback-Funktion*“ kann der Dateiinhalt in der darauffolgenden Zeile ausgegeben werden.

Doch jede Funktion, die auf andere Funktionsaufrufe wartet, muss selbst als asynchron gekennzeichnet werden. Dazu dient das `async` Schlüsselwort vor Beginn des Methodenkörpers.

Streams Streams liefern nicht nur einen Wert – wie im Fall eines `Future` – sondern eine Serie von Werten, die in der Zukunft geliefert werden. Listing 14 zeigt wie auf einen solchen Stream gehorcht werden kann.

`countStream` liefert jede Sekunde einen neuen Wert, nämlich die aktuelle Sekunde - von 0 beginnend. Mit `countStream.listen` kann eine Funktion übergeben werden, die immer dann ausgeführt wird, wenn dem `countStream` ein neuer Wert hinzugefügt wurde. Der erste Parameter ist dabei der hinzugefügte Wert.

Es wird zwischen zwei Arten von Streams unterschieden. Solche, die genau einen Empfänger haben - „*single subscription streams*“ - und solche, die beliebig viele Empfänger haben können - „*broadcast streams*“.

⁷Vgl. MDN contributors, *async function - JavaScript* / MDN.

⁸Vgl. Bray, *Async in 4.5: Worth the Await*.

```

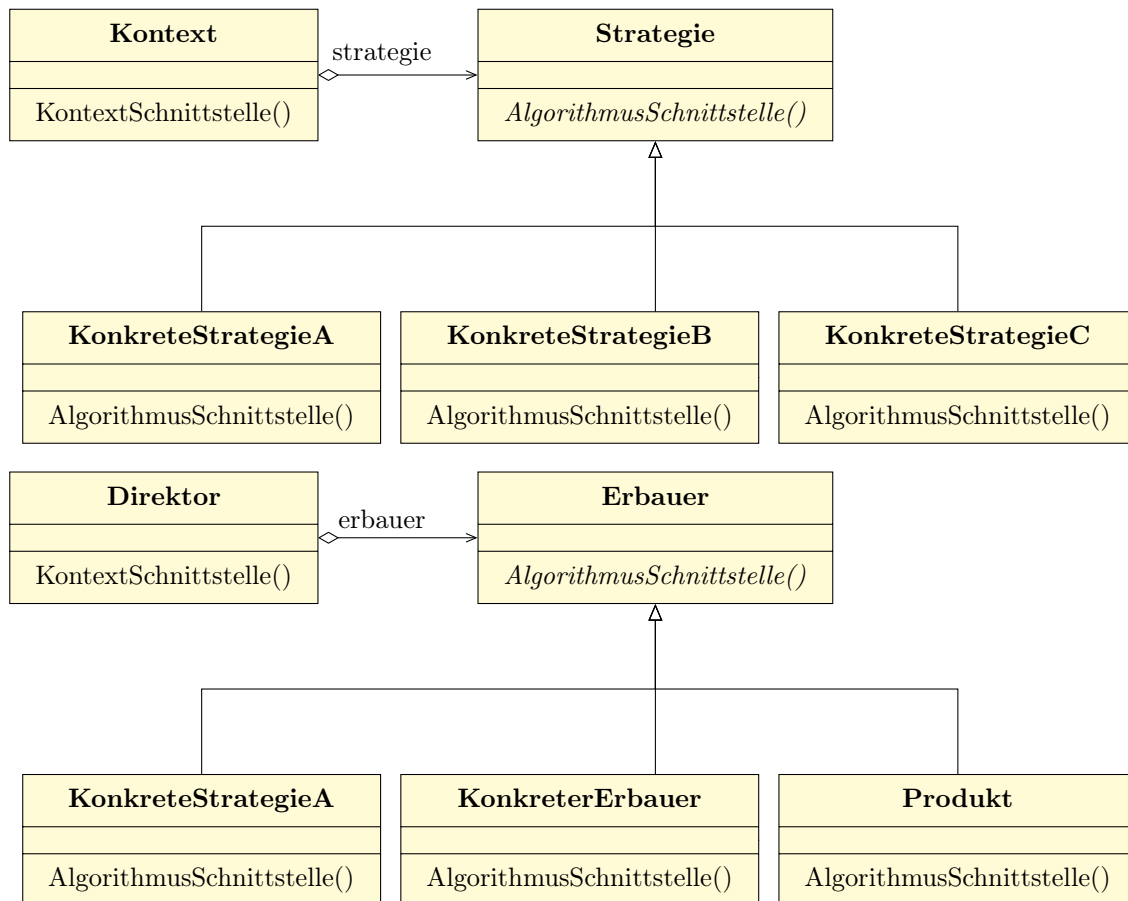
1 var countStream = Stream<num>.periodic(const Duration(seconds: 1), (count) {
2   return count;
3 });
4
5 countStream.listen((count) {
6   print("Gezählte Sekunden: $count");
7 });

```

Listing 14: Collection-if in einer Liste, Quelle: Eigenes Listing

Für die Formularanwendung sind ausschließlich „*broadcast streams*“ zu berücksichtigen. Die Streams sollen verwendet werden, um Änderungen in der Eingabemaske zu behandeln. Die Oberflächenelemente horchen auf diese Änderungen. Teile der Oberfläche und damit die Oberflächenelemente, welche auf die Streams horchen, werden immer wieder neu gezeichnet. Dabei werden die Elemente entfernt und durch neu konstruierte ersetzt. So melden sich immer wieder Zuhörer vom „*Stream*“ ab und neue Elemente melden sich an. Aufgrund dessen kommen nur „*broadcast streams*“ infrage.

2.3 Entwurfsmuster



3 Technologie Auswahl

Dieses Kapitel behandelt die Auswahl der Frontend-Technologie für die Umsetzung der Formularanwendung. Dazu werden im ersten Schritt die dafür in Frage kommenden Technologien identifiziert. Anschließend wird der Trend der Popularität dieser Technologien miteinander verglichen. Die daraus resultierenden Kandidaten sollen dann detaillierter untersucht werden. In Hinblick auf die Anforderungen an die Formularanwendung soll dabei die angemessenste Frontend-Technologie ausgewählt werden.

3.1 Trendanalyse

Zwei Quellen wurden für die Analyse der Technologie-Trends ausgewählt: die Ergebnisse der jährlichen Stack Overflow-Umfragen und das Such-Interesse von Google Trends.

Stack Overflow Umfrage Die Internet-Plattform Stack Overflow richtet sich an Softwareentwickler und bietet ihren Nutzern die Möglichkeiten, Fragen zu stellen, Antworten einzustellen und Antworten anderer Nutzer auf- und abzuwerten.

Besonders für Fehlermeldungen, die häufig während der Softwareentwicklung auftreten, findet man auf dieser Plattform rasch die Erklärung und den Lösungsvorschlag gleich mit. So lässt sich auch die Herkunft des Domain-Namens herleiten:

We named it Stack Overflow, after a common type of bug that causes software to crash – plus, the domain name stackoverflow.com happened to be available.
- Joel Spolsky, Mitgründer von Stack Overflow ⁹

Aufgrund des Erfolgsrezepts von Stack Overflow ist die Plattform kaum einem Softwareentwickler unbekannt. Dementsprechend nehmen auch jährlich tausende Entwickler an den von Stack Overflow herausgegebenen Umfragen teil. Seit 2013 beinhalten die Umfragen auch die Angabe der aktuell genutzten und in Zukunft gewünschten Frontend-Technologien. Stackoverflow erstellt aus diesen gesammelten Daten Auswertungen und Übersichten. Doch gleichzeitig werden die zugrundeliegenden Daten veröffentlicht. ¹⁰

Um den Trend der Beliebtheit der Frontend-Technologien aufzuzeigen, wurde ein Jupyter Notebook erstellt. Es transformiert die Daten in ein einheitliches Format, da die Umfrageergebnisse von Jahr zu Jahr in einer unterschiedlichen Struktur abgelegt wurden. Anschließend erstellt es Diagramme, die im Folgenden analysiert werden. Das Jupyter Notebook ist im Anhang zu finden.

Google Trends Suchanfragen die über die Suchmaschine Google abgesetzt werden, lassen sich über den Dienst Google Trends als Trenddiagramm visualisieren. Die Ergebnisse werden normalisiert, um das relative Such-Interesse abzubilden und die Ergebnisse auf einer Skala von 0 bis 100 darstellen zu können. ¹¹

Google Trends ist keine wissenschaftliche Umfrage und sollte nicht mit Umfragedaten verwechselt werden. Es spiegelt lediglich das Suchinteresse an bestimmten Themen wider. ¹²

⁹Spolsky, „How Hard Could It Be?: The Unproven Path“

¹⁰Stack Exchange, Inc., *Stack Overflow Insights - Developer Hiring, Marketing, and User Research*

¹¹Vgl. Google LLC, *Häufig gestellte Fragen zu Google Trends-Daten - Google Trends-Hilfe*

¹²Google LLC, *Häufig gestellte Fragen zu Google Trends-Daten - Google Trends-Hilfe*

Genau aus diesem Grund wird Google Trends im Folgenden lediglich zum Abgleich der Ergebnisse der Stack Overflow Umfrage eingesetzt.

3.1.1 Frameworks mit geringer Relevanz

NativeScript, Sencha (bzw. Sencha Touch) und Appcelerator spielen in den Umfrageergebnissen eine untergeordnete Rolle. Dies ist in den aufsummierten Stimmen von 2013 bis 2020 für alle in der Umfrage auftauchenden Frontend-Technologien zu sehen (Abb. ??).

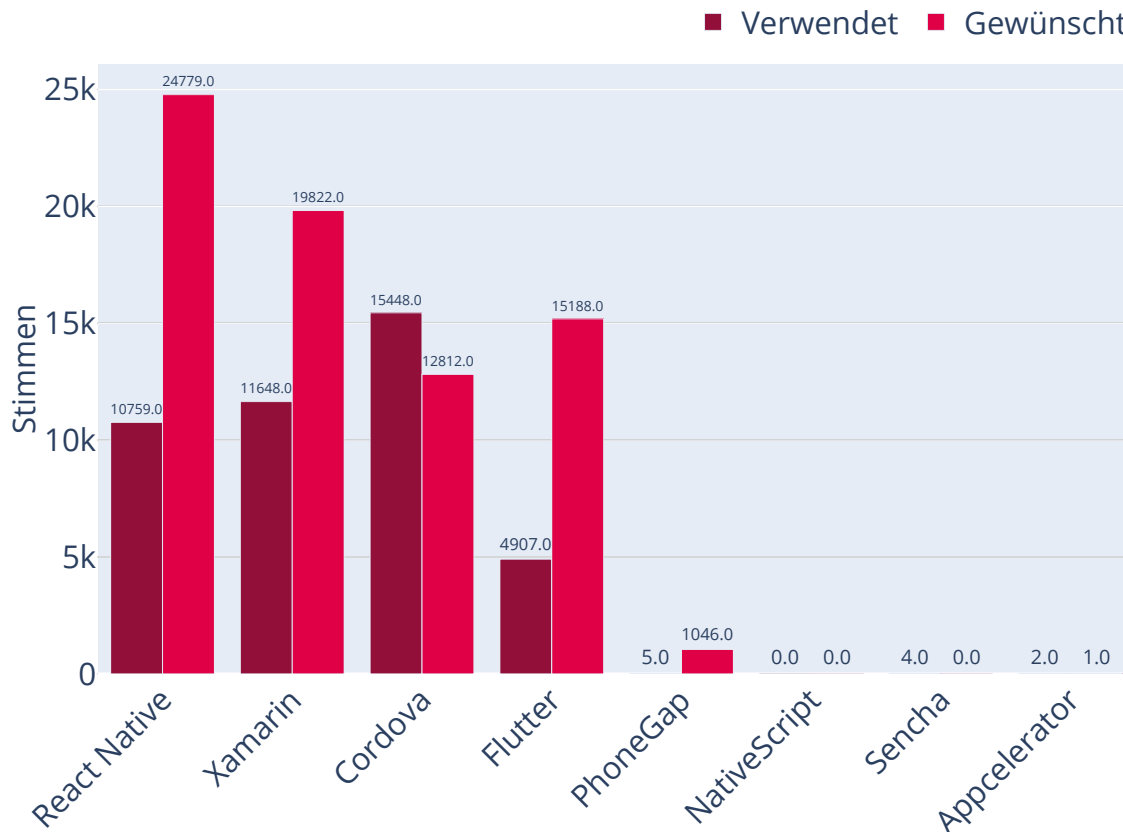


Abbildung 1: Summe der Stimmen der Stack Overflow Umfrage von 2013 bis 2020, Quelle: Eigene Abbildung, Notebook: [Charts/StackOverflowUmfrage/StackOverflowUmfrage.ipynb](#), Daten-Quelle: **FEHLT!**

Auch das Suchinteresse auf Google ist für diese Frameworks äußerst gering. In Abbildung 2 werden NativeScript, Sencha, Appcelerator und auch Adobe PhoneGap mit Apache Cordova für das relative Suchinteresse verglichen.

Verwandte Technologien zu Apache Cordova Das Ionic Framework taucht in den Ergebnissen der Stack Overflow Umfragen nicht auf. Ein Grund dafür könnte sein, dass es auf Apache Cordova aufbaut¹⁴, welches bereits in den Ergebnissen vorkommt. Adobe PhoneGap taucht zwar in den Ergebnissen von 2013 mit 1043 Stimmen auf (Siehe Abbildung 3), verliert jedoch in den Folgejahren mit weniger als 10 Stimmen abrupt an Relevanz. Das stimmt nicht mit dem Suchinteresse auf Google überein, da Adobe PhoneGap dort erst ab 2014 anfängt, langsam an Relevanz zu verlieren, wie in Abbildung 2 zu sehen ist. 2013 existierte PhoneGap noch als extra Mehrfachauswahlfeld in den Daten, während es ab 2014 nur noch in dem Feld für die sonstigen Freitext Angaben auftaucht¹⁵. Auch Adobe

¹⁴Lynch, *The Last Word on Cordova and PhoneGap*

¹⁵Vgl. Stack Exchange, Inc., *Stack Overflow Insights - Developer Hiring, Marketing, and User Research*

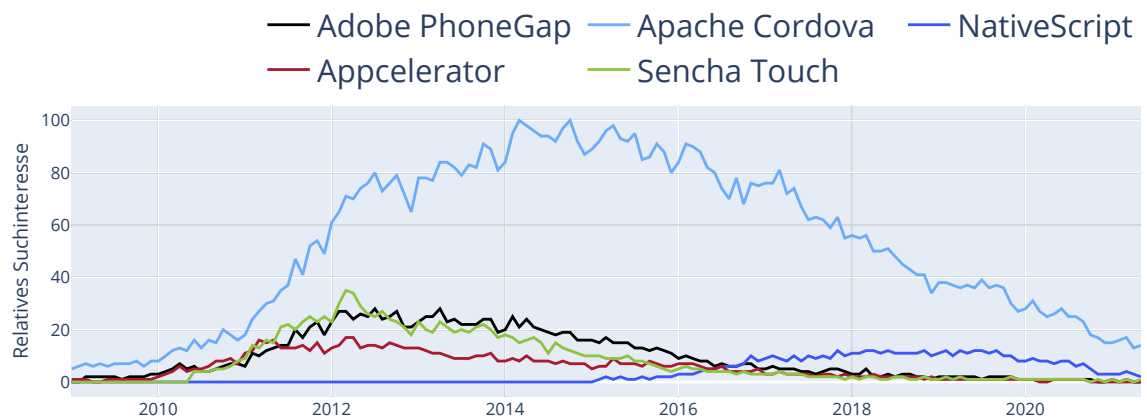


Abbildung 2: Suchinteresse der Frameworks mit geringer Relevanz, Quelle: Eigene Abbildung, Notebook: [Charts/GoogleTrends/GoogleTrends.ipynb](#), Daten-Quelle: Google Trends¹³

PhoneGap baut auf Apache Cordova auf¹⁶. Für diese Auswertung spielen diese verwandten Technologien eine untergeordnete Rolle, da sie auch in den Google Trends weit hinter Apache Cordova zurückbleiben (Abb. 2).

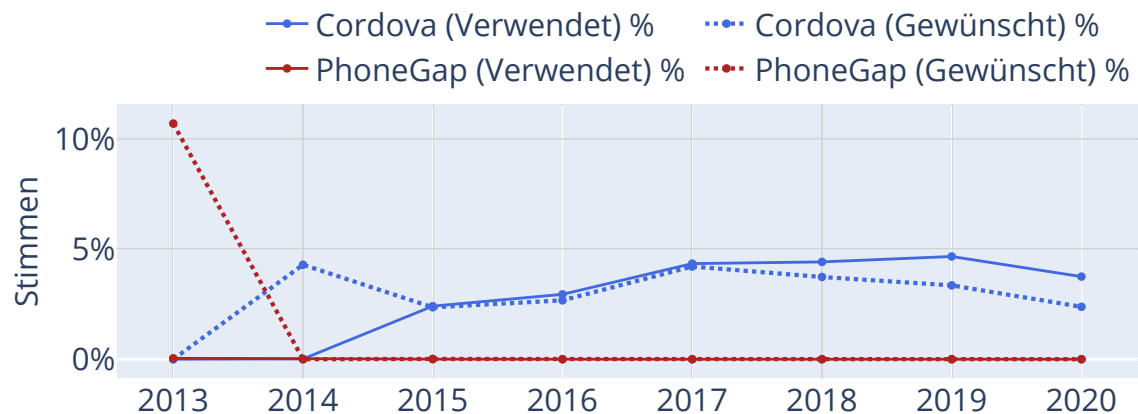


Abbildung 3: Stimmen für Cordova und PhoneGap 2013 bis 2020, Quelle: Eigene Abbildung, Notebook: [Charts/StackOverflowUmfrage/StackOverflowUmfrage.ipynb](#), Daten-Quelle: **FEHLT!**

Am Beispiel von Adobe PhoneGap wird deutlich, wie wichtig es ist, auf eine Technologie zu setzen, die weit verbreitet ist. Im schlimmsten Fall wird die Technologie sogar vom Betreiber aufgrund zu geringer Nutzung komplett eingestellt, wie es bei PhoneGap bereits geschehen ist. Adobe gab am 11. August 2020 bekannt, dass die Entwicklung an PhoneGap eingestellt wird und empfiehlt die Migration hin zu Apache Cordova.¹⁷

3.1.2 Frameworks mit sinkender Relevanz

Die Technologien Xamarin und Cordova zeigen bereits einen abfallenden Trend, wie in Abbildung 4 ersichtlich ist. Im Fall von Xamarin gibt es immerhin mehr Entwickler, die sich wünschen, mit dem Framework zu arbeiten, als Entwickler, die tatsächlich mit Xamarin arbeiten. Cordova scheint in diesem Hinblick dagegen eher unbeliebt: Es gibt mehr Entwickler, die mit Cordova arbeiten, als tatsächlich damit arbeiten wollen.

In Abbildung 5 ist noch einmal zu sehen, dass Google Trends die Erkenntnisse aus der Stack Overflow Umfrage reflektiert; und es wird auch sichtbar, welche beiden Technologien

¹⁶Vgl. Adobe Inc., *FAQ / PhoneGap Docs*

¹⁷Vgl. Adobe Inc., *Update for Customers Using PhoneGap and PhoneGap Build*

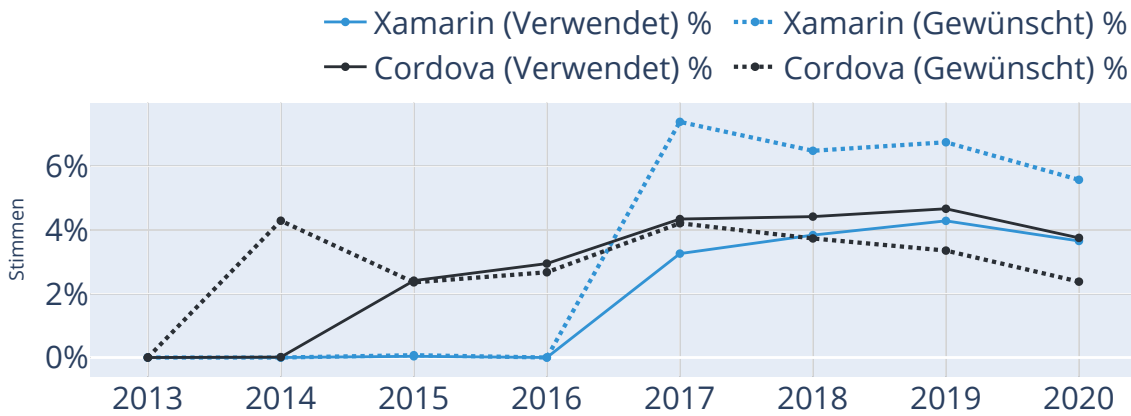


Abbildung 4: Stimmen für Xamarin und Cordova 2013 bis 2020, Quelle: Eigene Abbildung, Notebook: [Charts/StackOverflowUmfrage/StackOverflowUmfrage.ipynb](#), Daten-Quelle: **FEHLT!**

möglicherweise der Grund für den Rückgang von Xamarin und Cordova sind.

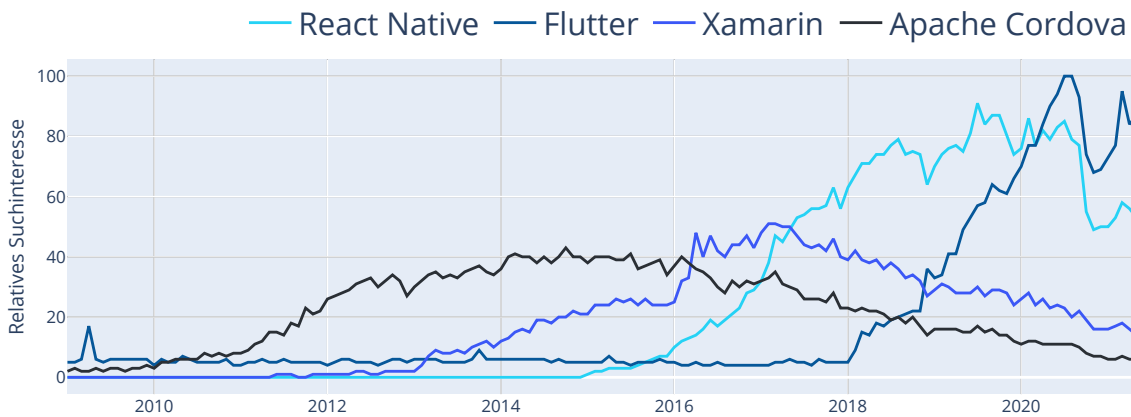


Abbildung 5: Suchinteresse sinkende und steigende Relevanz, Quelle: Eigene Abbildung, Notebook: [Charts/StackOverflowUmfrage/StackOverflowUmfrage.ipynb](#), Daten-Quelle: **FEHLT!**

3.1.3 Frameworks mit steigender Relevanz

Besser ist es, auf Technologien zu setzen, die noch einen steigenden Trend der Verbreitung und Beliebtheit zeigen. In Abbildung 6 wird sichtbar, dass es sich dabei um Flutter und – immerhin im Hinblick auf die Verbreitung – auch um React Native handelt. Ungünstigerweise wird React Native in der Stack Overflow Umfrage erst seit 2018 als tatsächliches Framework abgefragt. Vorher erschien lediglich das Framework React, welches sich nicht für den Vergleich der Cross-Plattform-Frameworks eignet, da es sich um ein reines Web-Framework handelt. Doch auch die Ergebnisse von Google Trends zeigen einen ähnlichen Verlauf für die Jahre 2019 und 2020 (Abb. 5).

Im Vergleich des Jahres 2019 mit 2020 wird sichtbar, dass die Zahl der Entwickler, die sich wünschen, mit React Native zu arbeiten, gesunken ist. Dennoch ist die Anzahl der Entwickler, die mit React Native arbeiten möchten noch weit höher, als die der Entwickler, die tatsächlich mit React Native arbeiten.

Es ist möglich, dass der abfallende Trend daran liegt, dass die Zahl der Entwickler, die mit Flutter arbeiten möchten im selben Jahr gestiegen ist. React Native hat im Vergleich zu Flutter jedoch noch immer mehr aktive Entwickler und die Tendenz ist steigend. Doch die Anzahl der aktiven Flutter Entwickler zeigt einen noch stärker steigenden Trend. So könnte es sein, dass die Zahl der Flutter Entwickler die der React Native Entwickler in

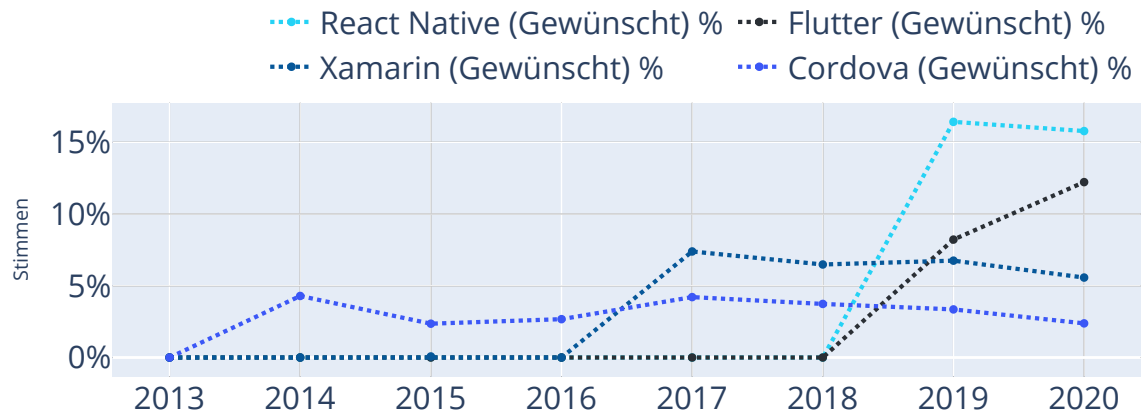


Abbildung 6: Stimmen für React Native und Flutter 2013 bis 2020, Quelle: Eigene Abbildung, Notebook: [Charts/StackOverflowUmfrage/StackOverflowUmfrage.ipynb](#), Daten-Quelle: **FEHLT!**

einem der nächsten Jahre überholt. Im Such-Interesse hat sich diese Entwicklung bereits vollzogen (Abb. 5).

Nichtsdestotrotz scheinen beide Technologien als Kandidaten für einen detaillierteren Vergleich für dieses Projekt in Frage zu kommen. Im nächsten Kapitel soll evaluiert werden, welches Framework für die Entwicklung der Formular-Anwendung angemessener ist.

3.2 Vergleich React Native und Flutter

3.2.1 Vergleich zweier minimaler Beispiele für Formulare und Validierung

Es soll eine Formularanwendung mit komplexer Validierung im Rahmen dieser These erstellt werden. Es ist durchaus sinnvoll, die beiden Technologien anhand von Beispielanwendungen, welche Formulare und die Validierung dieser beinhalten, zu vergleichen. Deshalb soll nachfolgend jeweils eine solche Beispielanwendung der jeweiligen Technologie gefunden werden. Die Anwendungen werden sich stark voneinander unterscheiden, weshalb sie im nächsten Schritt vereinfacht und aneinander angeglichen werden. Anschließend wird ersichtlich werden, nach welchen Kriterien sich die Technologien im Hinblick auf die Entwicklung der Formularanwendung vergleichen lassen.

React Native React native stellt nur eine vergleichsweise geringe Anzahl von eigenen Komponenten zur Verfügung und zu diesen gehören keine, welche die Validierung von Formularen ermöglichen. Doch die im react.js Raum sehr bekannten Bibliotheken Formic, Redux Forms und React Hook Form sind alle drei kompatibel mit React Native.^{18,19,20}

Für die Formular-Anwendung ist die Validierung komplexer Bedingungen nötig. Die Formular-Validierungs-Bibliotheken bieten in der Regel Funktionen an, welche überprüfen, ob ein Feld gefüllt ist oder der Inhalt einem speziellen Muster entspricht – wie etwa einem regulären Ausdruck. Doch solche mitgelieferten Validierungs-Funktionen reichen nicht aus, um die Komplexität der Bedingungen abzubilden. Stattdessen müssen benutzerdefinierte Funktionen zum Einsatz kommen.

Keiner der drei oben genannten Validierungs-Bibliotheken ist in dieser Hinsicht limitiert. Sie alle bieten die Möglichkeit, eine JavaScript Funktion für die Validierung zu überge-

¹⁸Vgl. *React Native / Formik Docs*

¹⁹Vgl. *Does redux-form work with React Native?*

²⁰Vgl. *React Native / React Hook Form - Get Started*

ben. Diese Funktion gibt einen Wahrheitswert zurück – wahr, wenn das Feld oder die Felder valide sind, falsch, falls nicht. In React Hook Form ist es die Funktion `register`, die ein Parameter-Objekt namens Register Options erhält, dessen Eigenschaft `validate` die JavaScript Funktion zugewiesen werden kann.²¹ In Redux Form ist es die Initialisierungsfunktion `reduxForm`, die ein Konfigurations-Objekt mit dem Namen `config` erhält, in welchem die Eigenschaft ebenfalls `validate` heißt.²² Auch in Formic ist der Bezeichner `validate`, und ist als Attribut in der Formic Komponente zu finden.²³

Es ist also absehbar, dass die Formular-Anwendung in React Native entwickelt werden kann. Die nötigen Funktionen werden von den Bibliotheken bereitgestellt. Einziger Nachteil hierbei ist, dass es sich um Drittanbieter Bibliotheken handelt, welche im Verlauf der Zeit an Beliebtheit gewinnen und verlieren können. Möglicherweise geht die Beliebtheit einer der Bibliotheken mit der Zeit zurück, weshalb es weniger Kontributionen wie etwa neue Funktionalitäten oder Fehlerbehebungen, sowie Fragen und Antworten und Anleitungen zu diesen Bibliotheken geben wird, da die Entwickler sich für andere Bibliotheken entscheiden. Die Wahl der Bibliothek kann also schwerwiegende Folgen wie Mangel an Dokumentation oder Limitationen im Vergleich zu anderen Bibliotheken mit sich bringen. Eine Migration von der einen Bibliothek zu einer anderen könnte in Zukunft notwendig werden, wenn diese Limitationen während der Entwicklung auffallen. Aus dem Grund ist es in der Regel von Vorteil, wenn solche Funktionalitäten bereits im Kern der Frontend-Technologie integriert sind. Der Fall, dass die Kernkomponenten an Relevanz verlieren und empfohlen wird, auf externe Bibliotheken zuzugreifen, ist zwar nicht ausgeschlossen, geschieht aber im Wesentlichen seltener.

Flutter Die Flutter Dokumentation stellt in ihrer `cookbook` Sektion ein Beispiel einer minimalistischen Formularanwendung mit Validierung bereit.²⁴ Das Rezept ist Teil einer Serie von insgesamt fünf Anleitungen, welche Formulare in Flutter behandeln.²⁵

3.2.2 Automatisiertes Testen

Automatisierte Tests in React Native Die React Native Dokumentation führt genau eine Seite mit einem Überblick über die unterschiedlichen Testarten. Dabei wird das Konzept von Unit Tests, Mocking, Integrations Tests, Komponenten Tests und Snapshot Tests kurz erläutert, jedoch ohne ein Beispiel zu geben oder zu verlinken. Vier Quellcodeschnipsel sind auf der Seite zu finden: Ein Schnipsel zeigt den minimalen Aufbau eines Tests; zwei weitere Schnipsel veranschaulichen beispielhaft, wie Nutzerinteraktionen getestet werden können. Letzteres zeigt die textuelle Repräsentation der Ausgabe einer Komponente, die für einen Snapshottest verwendet wird. Weiterhin wird auf die Jest API Dokumentation verwiesen, sowie auf ein Beispiel für einen Snapshot Test in der Jest Dokumentation.^I

Um die notwendigen Anleitungen für das Erstellen der jeweiligen Tests ausfindig zu machen, ist es notwendig, die Dokumentation von React Native zu verlassen.

Die Dokumentation von Jest enthält mehr Details zum Einsatz der Testbibliothek, welches für mehrere Frontend Frameworks kompatibel ist, die auf JavaScript basieren^{II}. Somit muss zum Erstellen der Unit-Tests immerhin nur dieses Framework studiert werden.

²¹Vgl. *register* / *React Hook Form - API*

²²Vgl. *reduxForm* / *Redux Form - API*

²³Vgl. *<Formik />* / *Formik Docs API*

²⁴Vgl. Google LLC, *Build a form with validation*

²⁵Vgl. Google LLC, *Forms* / *Flutter Docs Cookbook*

^I<https://jestjs.io/docs/snapshot-testing>

^{II}<https://jestjs.io/docs/getting-started>

Zum Entwickeln von Tests von React Native Komponenten wird unter anderem auf die Bibliothek React Native Testing Library verwiesen. Anders als der Name vermuten lässt, handelt es sich nicht um eine von React Native bereitgestellte Bibliothek. Im Unterschied zur React Testing Library, von der sie inspiriert ist, läuft sie ebenso wie React Native selbst nicht in einer Browser-Umgebung.²⁶ Herausgegeben wird die React Native Testing Library vom Drittanbieter Callstack – einem Partner im React Native Ökosystem.²⁷

Sie verwendet im Hintergrund den React Test Renderer^{III}, welcher wiederum vom React Team angeboten wird und auch zum Testen von react.js Anwendungen geeignet ist. Der React Test Renderer wird ebenfalls empfohlen, um Komponententests zu kreieren, die keine React Native spezifischen Funktionalitäten nutzen.

Um Integrationstests zu entwickeln - welche die Applikation auf einem physischen Gerät oder auf einem Emulator testen - wird auf zwei weitere Drittanbieter-Bibliotheken verlinkt: Appium^{IV} und Detox^V. Es wird darauf hingewiesen, dass Detox speziell für die Entwicklung von React Native Integrationstests entwickelt wurde. Appium wird lediglich als ein weiteres bekanntes Werkzeug erwähnt.

Es lässt sich damit zusammenfassen, dass der Aufwand der Einarbeitung für automatisiertes Testen in React Native vergleichsweise hoch ist. Die Dokumentation ist auf die Seiten der jeweiligen Anbieter verteilt. Der Entwickler muss sich den Überblick selbst verschaffen und zusätzlich die für das Framework React Native relevanten Inhalte identifizieren. Notwendig ist auch das Erlernen von mehreren APIs um alle Testarten abzudecken. Für einen Anfänger kommt erschwerend hinzu, dass eine Entscheidung für die eine oder andere Bibliothek notwendig wird. Um diese Entscheidung treffen zu können, ist eine Auseinandersetzung mit den Vor- und Nachteilen der Technologien im Vorfeld vom Entwickler zu leisten.

Automatisierte Tests in Flutter Die Flutter Dokumentation erklärt sehr umfangreich auf 11 Unterseiten die unterschiedlichen Testarten mit Quellcodebeispielen und verlinkt für jede Testart eine bis mehrere detaillierte Schritt-für-Schritt-Anleitungen, wie ein solcher Test erstellt wird.

Eine Seite erklärt den Unterschied zwischen Unit-Tests, Widget-Tests und Integrationstests^{VI}. Eine weitere Seite erklärt Integrationstests detaillierter^{VII}.

Ein sogenanntes Codelab führt durch die Erstellung einer minimalistischen App und zwei Unit-, fünf Widget- und zwei Integrationstests für diese App^{VIII}

Im sogenannten Kochbuch tauchen folgende Rezepte auf:

- 2 Rezepte für Unit Tests

– eine grundlegende Anleitung zum Erstellen von Unit-Tests^{IX}

²⁶Vgl. Borenkraout, *Native Testing Library Introduction / Testing Library Docs*

²⁷Vgl. Facebook Inc., *The React Native Ecosystem*

^{III}<https://reactjs.org/docs/test-renderer.html>

^{IV}<http://appium.io/>

^V<https://github.com/wix/detox/>

^{VI}<https://flutter.dev/docs/testing>

^{VII}<https://flutter.dev/docs/testing/integration-tests>

^{VIII}<https://codelabs.developers.google.com/codelabs/flutter-app-testing>

^{IX}<https://flutter.dev/docs/cookbook/testing/unit/introduction>

- Eine weitere Anleitung zum Nutzen von Mocks in Unit Test mithilfe der Bibliothek mockito ^X
- 3 Rezepte für Widget Tests
 - Eine grundlegende Anleitung zum Erstellen von Widget Tests ^{XI}
 - Ein Rezept mit detaillierteren Beispielen zum Finden von Widgets zur Laufzeit eines Widget Tests ^{XII}
 - Ein Rezept zum Testen von Nutzerverhalten wie dem Tab, dem Drag und dem Eingeben von Text ^{XIII}
- 3 Rezepte für Integrationstests
 - Eine grundlegende Anleitung zum Erstellen eines Integrationstests ^{XIV}
 - eine Anleitung zum Simulieren des Scrollens in der Anwendung während der Laufzeit eines Integrationstests ^{XV}
 - eine Anleitung zum Performance Profiling ^{XVI}

Zusammengefasst: Der Aufwand der Einarbeitung in das Testen in Flutter ist gering. Alle Werkzeuge werden vom Dart- und Flutter-Team bereitgestellt. Die Dokumentation ist umfangreich, folgt jedoch einem roten Faden. Eine Übersichtsseite fasst die Kerninformationen zusammen und verweist auf die jeweiligen Seiten für detailliertere Informationen und Übungen.

^X <https://flutter.dev/docs/cookbook/testing/unit/mocking>
^{XI} <https://flutter.dev/docs/cookbook/testing/widget/introduction>
^{XII} <https://flutter.dev/docs/cookbook/testing/widget/finders>
^{XIII} <https://flutter.dev/docs/cookbook/testing/widget/tap-drag>
^{XIV} <https://flutter.dev/docs/cookbook/testing/integration/introduction>
^{XV} <https://flutter.dev/docs/cookbook/testing/integration/scrolling>
^{XVI} <https://flutter.dev/docs/cookbook/testing/integration/profiling>

Teil II

Implementierung

4 Schritt 1 - Formular in Grundstruktur erstellen

Im ersten Schritt soll die Formular-Anwendung in ihrer Grundstruktur entwickelt werden. Das beinhaltet alle drei Oberflächen, welche in den darauf folgenden Schritten lediglich erweitert werden. Das Formular erhält noch keine Validierung. Somit sind alle Eingaben oder nicht kompatible Selektionen erlaubt. Die erste Ansicht, welche der Benutzer sieht, soll die Übersicht der bereits eingetragenen Maßnahmen sein (Abb. 7).

Zuletzt bearbeitet am	Maßnahmentitel
2021-7-9 18:44	Massnahme 1

Zuletzt bearbeitet am	Maßnahmentitel
2021-7-9 18:44	Massnahme 2
2021-7-9 18:44	Massnahme 3
2021-7-9 18:44	Massnahme 4
2021-7-9 18:58	Massnahme 5

Abbildung 7: Der Übersicht-Bildschirm zeigt in Schritt 1 zunächst nur die Maßnahmen mit ihrem Titel und Bearbeitungsdatum in den Kategorien „Abgeschlossen“ und „In Bearbeitung“, Quelle: Eigene Abbildung

Die Auflistung der Maßnahmen erfolgt in den Kategorien „In Bearbeitung“ und „Abgeschlossen“. Innerhalb dieser Rubriken werden die Maßnahmen in einer Tabelle angezeigt. Mit einem Klick auf den Button unten rechts im Bild wird der Benutzer auf die zweite Ansicht weitergeleitet: die Eingabemaske (Abb. 8).

Status
in Bearbeitung

Maßnahmentitel
Massnahme 7

Abbildung 8: Die Eingabemaske zeigt im Schritt 1 eine Karte zum Selektieren des Status und ein Eingabefeld für den Titel, Quelle: Eigene Abbildung

Sie ermöglicht die Eingabe des Maßnahmen-Titels über ein simples Eingabefeld. Darüber hinaus ist die Selektions-Karte für den Status zu sehen. Mit einem Klick auf diese Karte öffnet sich der Selektions-Bildschirm. Er ermöglicht die Auswahl der Auswahloptionen, in diesem Fall die Optionen „in Bearbeitung“ und „abgeschlossen“ (Abb. 9).



Abbildung 9: Der Selektions-Bildschirm für das Feld Status erlaubt die Auswahl der Optionen „in Bearbeitung“ und „abgeschlossen“, Quelle: Eigene Abbildung

4.1 Auswahloptionen hinzufügen

Dart verfügt – anders als beispielsweise Java²⁸ – nicht über Aufzählungstypen mit zusätzlichen Eigenschaften. Das Schlüsselwort `enum` in Dart erlaubt lediglich die Auflistung konstanter Symbole²⁹. Für die Auswahloptionen ist es jedoch notwendig, dass es zwei Eigenschaften gibt:

- die Abkürzung, die in der resultierenden Datei gespeichert werden soll
- und der Beschreibungstext, welcher in der Oberfläche angezeigt wird.

Das hat den Hintergrund, dass die Abkürzungen weniger Speicherplatz einnehmen und die Beschreibung sich in Zukunft auch ändern darf. Würde anstatt der Abkürzung die Beschreibung als Schlüssel verwendet werden, so würde eine Datei, die mit einer älteren Version des Formulars erstellt wurde, nicht mehr von neueren Versionen der Applikation eingelesen werden können. Der alte Beschreibungstext würde nicht mehr mit dem Text übereinstimmen, der als Schlüssel in der Anwendung verwendet wird.

Die beiden Zustände „in Bearbeitung“ und „abgeschlossen“ werden daher in Listing ?? als statische Klassenvariablen deklariert (Z. 6-7). Die beiden Konstruktor-Aufrufe übergeben dabei als erstes Argument die Abkürzung und als zweites Argument die Beschreibung. Der Konstruktor selbst (Z. 9-10) deklariert die beiden Parameter als positionale Parameter.

```

5 class LetzterStatus extends Choice {
6   static final bearb = LetzterStatus("bearb", "in Bearbeitung");
7   static final fertig = LetzterStatus("fertig", "abgeschlossen");
8
9   LetzterStatus(String abbreviation, String description)
10     : super(abbreviation, description);
11 }

```

Listing 15: Die Klasse `LetzterStatus`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/choices/choices.dart](#)

Positionale Parameter Im Vergleich zu den benannten Parametern ist bei den positionalen Parametern nur ihre Reihenfolge in der Parameterliste ausschlaggebend. Das Argument für die `abbreviation` steht dabei also immer an erster Stelle und das Argument für `description` immer an der zweiten (Z. 6-7). Positionale Parameter sind vorgeschrieben. Werden sie ausgelassen, so gibt es einen Compilerfehler.³⁰

Die Klasse `LetzterStatus` erbt von der Basisklasse `Choice` (Z. 5). Der Konstruktor der Klasse (Z. 9) übergibt beide Parameter als Argumente an den Konstruktor der Klasse `Choice`.

²⁸Vgl. Gosling u. a., *The Java® Language Specification Java SE 16 Edition*, S. 321.

²⁹Vgl. Google LLC, *Dart Programming Language Specification 5th edition*, S. 74f.

³⁰Vgl. Google LLC, *Dart Programming Language Specification 5th edition*, S. 74f.

Genau wie in Java wird mithilfe des Schlüsselwortes `super` (Z. 10) der Konstruktor der Basisklasse aufgerufen. Doch anders als in Java erfolgt der Aufruf des `super` Konstruktors nicht in der ersten Zeile des Konstruktor-Körpers³¹. Weil das Aufrufen des Konstruktors der Basisklasse zum statischen Teil der Objekt-Instanziierung gehört, muss der Aufruf von `super` in der Initialisierungsliste erfolgen. Die Initialisierungsliste wird mit dem `:` nach der Parameterliste eingeleitet (Z. 10)³².

Die Basisklasse `Choice` (Listing 16) deklariert lediglich die beiden Felder `description` und `abbreviation` jeweils als `String` (Z. 4-5). Beide sind mit `final` gekennzeichnet, was sie zu unveränderlichen Instanzvariablen macht. Nach der Initialisierung können sie keine anderen Werte annehmen.³³ Die Initialisierung der beiden Variablen muss im statischen Kontext der Instanziierung erfolgen. Mit der abgekürzten Schreibweise `this.abbreviation` und `this.description` im Konstruktor (Z. 7) werden die Parameter den Feldern zugewiesen.

```
3 class Choice {
4     final String description;
5     final String abbreviation;
6
7     const Choice(this.abbreviation, this.description);
```

Listing 16: Die Klasse `Choice`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/choices/base/choice.dart](#)

Dies erübrigt sowohl die Angabe des Parametertyps mittels `(String abbreviation, String description)`, denn der Typ des Parameters kann bereits durch Angabe des Typs in der Instanzvariablen-Deklaration (Z. 4-5) abgeleitet werden. Außerdem entfällt auch die Zuweisung, die man ansonsten in der Form `this.abbreviation = abbreviation` und `this.description = description` in der Initialisierungsliste erreichen würde.³⁴

Die Variable `letzterStatusChoices` (Listing 17, Z. 13) fasst die beiden statischen Klassenvariablen als eine Kollektion zusammen. Da es sich um eine solche Kollektion handelt, in der jedes Element nur ein einziges Mal vorkommen darf, ist hier von einer Menge zu sprechen. Auffällig hierbei ist, dass das Schlüsselwort `new` fehlt. In Dart ist das Schlüsselwort für die Konstruktion von Instanzen optional. Die Klasse, die zur Konstruktion dieser Menge verwendet wird, ist die selbst erstellte Klasse `Choices`. Über das Typargument `LetzterStatus` wird erreicht, dass ausschließlich Variablen dieses Typs in der Menge eingefügt werden dürfen. Wird stattdessen eine Variable eingefügt, die weder vom selben Typ, noch von einem Typ, der von `letzterStatus` erbt, so gibt es einen Compilerfehler. Dies dient einzig und allein dem Zweck, dem Fehler vorzubeugen, dass aus Versehen falsche Optionen in der Menge eingetragen werden. Über den Parameter `name` ist es möglich, dieser Menge die Beschriftung `"Status"` hinzuzufügen. Es handelt sich hier um einen benannten Parameter.

```
13 final letzterStatusChoices = Choices<LetzterStatus>(
14     {LetzterStatus.bearb, LetzterStatus.fertig},
15     name: "Status");
```

Listing 17: Die Menge `letzterStatusChoices`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/choices/choices.dart](#)

³¹Vgl. Gosling u. a., *The Java® Language Specification Java SE 16 Edition*, S. 310.

³²Vgl. Google LLC, *Dart Programming Language Specification 5th edition*, S. 42.

³³Vgl. Google LLC, *Dart Programming Language Specification 5th edition*, S. S16.

³⁴Vgl. Google LLC, *Dart Programming Language Specification 5th edition*, S. 40f.

Listing 18 zeigt die Klasse `Choices`. Sie erbt von `UnmodifiableSetView` und erlaubt damit die Erstellung einer eigenen Menge - auch `Set` genannt **Referenz**. Methoden, die man von einem `Set` erwartet, lassen sich somit direkt auf Instanzen der Klasse `Choices` aufrufen. Darunter unter anderem die `contains` Methode, welche erlaubt, das Vorhandensein eines Objekts im `Set` zu überprüfen **Referenz**.

```
10 class Choices<T extends Choice> extends UnmodifiableSetView<T> {
11   final String name;
12   final Map<String, T> choiceByAbbreviation;
13
14   T? fromAbbreviation(String? abbreviation) => choiceByAbbreviation[abbreviation];
15
16   Choices(Set<T> choices, {required this.name})
17     : choiceByAbbreviation = {
18       for (var choice in choices) choice.abbreviation: choice,
19     },
20     super(choices);
21 }
```

Listing 18: Die Klasse `Choices`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/choices/base/choice.dart](#)

Instanzvariable `name` (Z. 11) wird im Konstruktor 16 zugewiesen. Auffällig hierbei ist, dass der Parameter in geschweiften Klammern geschrieben steht und das Schlüsselwort `required` vorangestellt ist. Das macht den Parameter zu einem vorgeschriebenen benannten Parameter.

Vorgeschriebene benannte Parameter Gewöhnliche benannte Parameter sind optional. Wird ihnen das Schlüsselwort `required` vorangestellt, so müssen sie gesetzt werden, denn sonst gibt es einen Compilerfehler. An dieser Stelle ist das `required` Schlüsselwort sinnvoll, denn es handelt sich um den Datentyp `String`, der nicht den Wert `null` annehmen kann. Würde der Parameter aber optional sein, so wäre es möglich, das Programm zu kompilieren, auch wenn bei Aufrufen des Konstruktors kein Argument für den Parameter übergeben wurde. Doch in diesem Fall gäbe es keinen Initialwert für `name` und somit müsste der Instanzvariablen `null` zugewiesen werden. In der statischen Analyse wird daher sichergestellt, dass Instanzvariablen durch benannte Parameter nur dann mit absoluter Sicherheit initialisiert werden, wenn diese durch `required` als verpflichtend gekennzeichnet sind und damit unter keinem Umstand ausgelassen werden können. **Kürzer und einfacher** Dürfte `name` den Wert `null` annehmen, so würde es sich um den Datentyp `String` mit Null-Zulässigkeit – also mit der Notation `String?` – handeln.

Neben `name` wird mit `choiceByAbbreviation` eine weitere Instanzvariable deklariert (Z. 12). Es handelt sich um den Datentyp `Map` - eine Kollektion die Daten mittels Schlüssel-Werte-Paaren ablegen kann. Als Schlüssel wird die Abkürzung mit dem Datentyp `String` verwendet. Als Wert ist der generische Typ-Parameter `T` angegeben. Er ist in Zeile 10 deklariert und muss mindestens von der Klasse `Choice` erben. In `choiceByAbbreviation` werden also die Auswahlmöglichkeiten über ihre Abkürzung abgelegt und können über dieselbe wieder referenziert werden. Da es sich auch hier um eine unveränderliche Instanzvariable handelt, muss sie schon in der Initialisierungsliste initialisiert werden (Z. 17-19). Dabei wird zunächst mit der öffnenden geschweiften Klammer (Z. 17) ein sogenanntes Literal einer Map begonnen, welches mit einer schließenden geschweiften Klammer (Z. 19) endet. Mehr zu `Map` Literalen in dem Grundlagenkapitel **Kapitel einfügen**.

Auffällig ist jedoch, dass in Zeile 18 dem `Set` lateral keine einfache Auflistung von Werten übergeben wird. Stattdessen wird das mit dem sogenannten „*collection for*“ eine Wiederholung verwendet.

In Zeile 18 wird durch die Menge aller Auswahloptionen `choices` iteriert und dabei in jedem Schleifendurchlauf die Auswahloption in die Variable `choice` gespeichert. Während des Schleifendurchlaufs wird dann ein Schlüssel-Werte-Paar gebildet, wobei `choice.abbreviation` der Schlüssel ist und das Objekt `choice` der Wert.

Die Map `choiceByAbbreviation` erlaubt es nach der Initialisierung mit Hilfe der Methode `fromAbbreviation` (Z. 14) über die Abkürzung das dazugehörige `Choice`-Objekt abzurufen. Beispielsweise gibt der Befehl `letzterStatusChoices.fromAbbreviation(fertig?)` das Objekt `LetzterStatus("fertig", "abgeschlossen")` zurück. Auffällig dabei ist, dass der Parameter `abbreviation` mit dem Typ `String?` und der generische Rückgabetyt mit `T?` gekennzeichnet ist. Der Suffix `?` macht beide zu Typen mit Null-Zulässigkeit.

Die Methode `fromAbbreviation` soll für die Deserialisierung genutzt werden. Sollten im Formular Auswahlfelder leer gelassen worden sein, so haben entsprechende Variablen den Wert `null`. Wenn nun das Formular abgespeichert wird, so tauchen auch in der abgespeicherten JSON-Datei keine Werte für das Feld auf. Aus der JSON-Datei werden ausschließlich die Abkürzungen der Auswahloptionen gelesen. Die Methode `fromAbbreviation` wandelt sie wieder in die entsprechenden Objekte des Datentyps `Choice` um. Sollte jedoch kein Wert hinterlegt sein, so wird `letzterStatusChoices.fromAbbreviation(null)` aufgerufen. Dadurch wird klar, dass der Parameter `null` zulassen muss. Es impliziert auch, dass potenziell `null` zurückgeben werden kann, da für den Schlüssel `null` kein Wert in der Map hinterlegt sein kann. Deshalb erlaubt auch der Rückgabetyt `T?` Null-Werte.

4.2 Serialisierung einer Maßnahme

Damit die Daten angezeigt und verändert werden können, müssen sie zunächst serialisierbar sein, sodass sie auf einen Datenträger geschrieben und von dort auch wieder gelesen werden können. Die zwei bekanntesten Bibliotheken zum Serialisieren in Dart heißen `json_serializable` und `built_value`. Beide haben gemeinsam, dass sie Quellcode generieren, welcher die Umwandlung der Objekte in JSON übernimmt. „*built_value*“ bietet im Gegensatz zu „*JSON Serializable*“ jedoch die Möglichkeit unveränderbare Werte-Typen – sogenannte „*immutable value types*“ – zu erstellen. Da diese unveränderbaren Werte noch bei der Erstellung des sogenannten ViewModels – mehr dazu im Kapitel **Einfügen** – hilfreich werden, wurde sich für diese Bibliothek entschieden.

Ein Werte-Typ für „*built_value*“ erfordert einige Zeilen Boilerplate-Code, um den generierten Quellcode mit der selbstgeschriebenen Klasse zu verknüpfen. Entwicklungsumgebungen wie Visual Studio Code und Android Studio erlauben solchen Boilerplate Code generieren zu lassen und dabei nur die erforderlichen Platzhalter einzugeben. In Visual Studio Code werden diese Templates „*Snippets*“ genannt, in Android Studio heißen sie „*Live Templates*“. Listing 19 zeigt, wie das live Template für das Generieren eines Wertetyps für `built_value` aussieht. Templates für „*built_value*“ wie dieses und weitere müssen nicht vom Nutzer eingegeben werden, sondern existieren bereits als Plugin für die beiden Entwicklungsumgebungen^{XVII}, ^{XVIII}.

```
6 part '$file_name$.g.dart';
7
8 abstract class $ClassName$ implements Built<$ClassName$, $ClassName$Builder> {
9     $todo$
10
11     $ClassName$. _();
12     factory $ClassName$([void Function($ClassName$Builder) updates]) = _$$$ClassName$;
13 }
```

Listing 19: Live Template für die Erstellung von `built_value` Boilerplate-Code in Android Studio, Quelle: JetBrains Marketplace Built Value Snippets Plugin

`$ClassName$` Wird dabei jeweils durch den gewünschten Klassennamen ersetzt. Android Studio erlaubt, dass beim Einfügen des „*live templates*“ der Klassenname einmalig eingegeben werden muss. Anschließend wird mithilfe des „*live templates*“ der Boilerplate Code generiert.

In Listing 20 ist der Werte-Typ `Massnahme` zu sehen. Die Zeilen 11 bis 13, sowie 23 bis 28 wurden dabei automatisch erstellt. Die Zeilen 14 bis 21 wurden hinzugefügt. Zunächst soll die Maßnahme über die `guid` eindeutig identifiziert werden können.

Globally Unique Identifier Ein GUID – Kurzform von Globally Unique Identifier – ist eine Folge von 128 Bits, die zur Identifikation genutzt werden kann. Eine solche GUID hat eine textuelle Repräsentation wie beispielsweise die folgende: `'f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6'`

Die Attribute `letzteBearbeitung` und `identifikatoren` sind im Gegensatz zu dem String-Attribut `guid` zusammengesetzte Datentypen, die im Folgenden weiter beleuchtet werden.

Auffällig ist, dass es sich hier um eine abstrakte Klasse handelt und die drei Attribute jeweils Getter-Methoden ohne Implementierung sind. Eine solche Getter-Methode speichert keinen Wert, sondern gibt lediglich den Wert eines Feldes zurück. Die dazugehörigen

^{XVII}<https://plugins.jetbrains.com/plugin/13786-built-value-snippets>

^{XVIII}<https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=GiancarloCode.built-value-snippets>

```

6  part 'massnahme.g.dart';
7
8  abstract class Massnahme implements Built<Massnahme, MassnahmeBuilder> {
9    String get guid;
10
11    LetzteBearbeitung get letzteBearbeitung;
12
13    Identifikatoren get identifikatoren;
14
15    static void _initializeBuilder(MassnahmeBuilder b) =>
16      b..guid = const Uuid().v4();
17
18    Massnahme._();
19
20    factory Massnahme([void Function(MassnahmeBuilder) updates]) = _$Massnahme;
21
22    static Serializer<Massnahme> get serializer => _$massnahmeSerializer;
23  }

```

Listing 20: Der Werte-Typ `Massnahme`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/data_model/massnahme.dart](#)

Felder, Setter-Methoden, die konkrete Klasse und der restliche generierte Code ist in der gleichnamigen Datei mit der Endung `.g.dart` (Zeile 11) zu finden.

Die Klassen-Methode `_initializeBuilder` kann in jedem Werte-Typ hinterlegt werden, um Standardwerte für Felder festzulegen. Die Methode wird intern von „*built_value*“ aufgerufen. Bei dem Feld „*guid*“ handelt es sich um einen String, der keine Null-Werte zulässt. Könnte das Feld auch Null-Werte annehmen, so wäre die Notation in Dart dafür stattdessen `String? get guid;` „*built_value*“ erwartet also immer einen Wert für dieses Feld. Sollte die Datei gelesen werden, welche die Maßnahmen enthält, so enthält jede Maßnahme bei der Deserialisierung den abgespeicherten Wert für die `guid` und somit wird das Feld gefüllt. Doch sollte eine leere Maßnahme über einen Konstruktor erstellt werden, so wäre das Feld „*guid*“ leer und „*built_value*“ würde einen Fehler auslösen. Aus diesem Grund wird in der Zeile 21 für das Feld `guid` ein Standardwert festgelegt: nämlich eine zufällige generierte ID, die dem Standard Uuid der Version 4 entspricht. Zu diesem Zweck wird das „*Builder*“-Objekt verwendet. Die Klasse `MassnahmeBuilder` gehört dabei zu dem von „*built_value*“ generierten Quellcode. Der Parametername wird hier – wie so häufig im builder pattern – mit einem `b` für „*Builder*“ abgekürzt. Die Syntax `=>` leitet einen sogenannten „*arrow function body*“ ein. Dabei handelt es sich schlicht um einen Funktions-Körper, der genau eine Anweisung ausführt. Deshalb muss er nicht von geschweiften Klammern umgeben werden.³⁵ Auf dem „*Builder*“-Objekt können dann die Eigenschaften so gesetzt werden, als wären sie die Eigenschaften von dem Objekt `Massnahme`. In Wahrheit werden sie aber nur auf den „*Builder*“-Objekt angewendet. Ebenfalls auffällig ist die Syntax `b..guid`. Statt dem Punkt zum Zugriff auf Attribute des Objekts wird hier der sogenannte Kaskadierungs-Operator benutzt.

Der Kaskadierungs-Operator Durch Eingabe von zwei aufeinanderfolgenden Punkten `..` statt nur einem `.` können mehrere Operationen an einem Objekt ausgeführt werden, ohne das Objekt zuvor einer Variablen zuzuweisen oder die Operationen über dessen Namen wiederholt aufzurufen.³⁶ Beispiel: die Aufrufe `objekt.tueEtwas();` `objekt.tueEtwasAnderes();` und `objekt..tueEtwas()..tueEtwasAnderes();` sind äquivalent.

Da der Kaskadierungs-Operator jedoch dazu verwendet wird, mehrere Operationen auf

³⁵Vgl. Google LLC, *Dart Programming Language Specification 5th edition*, S. 18f., 234.

³⁶Vgl. Google LLC, *Dart Programming Language Specification 5th edition*, S. 149f.

einem Objekt auszuführen, hat er in Zeile 16 keine Funktion. Doch bei Änderung eines Objekts über das „*Builder Pattern*“ werden für gewöhnlich mehrere Operationen am gleichen „*Builder*“-Objekt ausgeführt, weshalb der Einheitlichkeit wegen der Kaskadierungs-Operator immer im Zusammenhang mit dem „*Builder*“-Objekt verwendet werden soll.

Die Attribute `letzteBearbeitung` und `identifikatoren` (Z. 11, 13) erhalten dagegen ganz automatisch Standardwerte in Form von Instanzen der dazugehörigen Klassen. Diese wiederum konfigurieren ihre eigenen Felder und deren initiale Werte.

Der Werte-Typ `Identifikatoren` ist in Listing 21 zu sehen. Er enthält das Attribut `massnahmenTitel`, welcher im Eingabeformular durch das Texteingabefeld gefüllt werden wird.

```
25 abstract class Identifikatoren
26     implements Built<Identifikatoren, IdentifikatorenBuilder> {
27     String get massnahmenTitel;
28
29     static void _initializeBuilder(IdentifikatorenBuilder b) =>
30         b..massnahmenTitel = "";
```

Listing 21: Der Werte-Typ `Identifikatoren`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/data_model/massnahme.dart](#)

Schließlich enthält der Werte-Typ `LetzteBearbeitung` in Listing 22 noch die Attribute `letztesBearbeitungsDatum` in Zeile 43 und `letzterStatus` in Zeile 50. Im Eingabeformular wird der Selektions-Bildschirm den Inhalt des Feldes `letzterStatus` bestimmen. Der initiale Wert wird in Zeile 54 auf einen konstanten Wert gesetzt, der dem Zustand `'in Bearbeitung'` entspricht - mehr dazu im Kapitel [Kapitel einfügen](#).

```
41 abstract class LetzteBearbeitung
42     implements Built<LetzteBearbeitung, LetzteBearbeitungBuilder> {
43     DateTime get letztesBearbeitungsDatum;
44
45     String get formattedDate {
46         final date = letztesBearbeitungsDatum;
47         return "${date.year}-${date.month}-${date.day} ${date.hour}:${date.minute}";
48     }
49
50     String get letzterStatus;
51
52     static void _initializeBuilder(LetzteBearbeitungBuilder b) => b
53         ..letztesBearbeitungsDatum = DateTime.now().toUtc()
54         ..letzterStatus = LetzterStatus.bearb.abbreviation;
```

Listing 22: Der Werte-Typ `LetzteBearbeitung`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/data_model/massnahme.dart](#)

Das Attribut `letztesBearbeitungsDatum` ist dagegen nicht im Formular änderbar, sondern wird einmalig in Zeile 53 auf den aktuellen Zeitstempel gesetzt. Zugehörig zu diesem Attribut gibt es noch eine abgeleitete Eigenschaft namens `formattedDate` (Z. 45-48). Es ist eine Hilfsmethode, die das letzte Bearbeitungsdatum in ein für Menschen lesbares Datumsformat umwandelt. In dem Übersichts-Bildschirm Abbildung 7 ist das Datumsformat sichtbar.

Da diese Getter-Methode eine Implementierung besitzt, wird für sie von „*built_value*“ kein Quellcode für die Serialisierung generiert.

Bevor die Werte-Typen serialisiert werden können, muss `built_value` jedoch noch mitgeteilt werden, für welche Werte-Typen Serialisierungs-Funktionen generiert werden sollen. Dazu werden über die Annotation `@SerializersFor` die gewünschten Klassen aufgelistet (Listing

23, Z. 10). Die Zeilen 11 und 12 sind dabei immer gleich, es sei denn, es ist ein anderer Serialisierung Algorithmus gewünscht. In diesem Fall wird das `StandardJsonPlugin` verwendet.

```
10 @SerializersFor([Massnahme, Storage])
11 final Serializers serializers =
12     (_$serializers.toBuilder()..addPlugin(StandardJsonPlugin())).build();
```

Listing 23: Der Serialisierer für Massnahme und Storage, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/data_model/serializers.dart](#)

Wird nun der Befehl `flutter pub run build_runner build` ausgeführt, so wird der Quellcode generiert und die Werte-Typen können für die Serialisierung genutzt werden.

4.3 Test der Serialisierung einer Maßnahme

Das Ergebnis der Serialisierung wird im dazugehörigen Unit-Test ersichtlich (Listing 24). In Zeile 8 wird ein Objekt der Klasse `Massnahme` instanziiert. Anders als bei gewöhnlichen Datentypen lassen sich bei diesem unveränderlichen Datentyp keine Attribute nach der Erstellung anpassen. Die einzige Möglichkeit besteht darin, ein neues Objekt mit dem gewünschten Attributwert zu erstellen und die restlichen Werte des alten Objekts zu übernehmen. Dies ist mit Hilfe des sogenannten „Builder“-Entwurfsmuster möglich, welches in „`built_value`“ Anwendung findet.

```
6 test('Massnahme serialises without error', () {
7   var massnahme = Massnahme();
8   massnahme = massnahme
9     .rebuild((b) => b.identifikatoren.massnahmenTitel = "Massnahme 1");
10
11   var actualJson = serializers.serializeWith(Massnahme.serializer, massnahme);
12
13   var expectedJson = {
14     'guid': massnahme.guid,
15     'letzteBearbeitung': {
16       'letztesBearbeitungsDatum': massnahme
17         .letzteBearbeitung.letztesBearbeitungsDatum.microsecondsSinceEpoch,
18       'letzterStatus': 'bearb'
19     },
20     'identifikatoren': {'massnahmenTitel': 'Massnahme 1'}
21   };
22
23   expect(actualJson, equals(expectedJson));
```

Listing 24: Serialisierung einer Maßnahme Unittest, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/test/data_model/massnahme_test.dart](#)

Erbauer-Entwurfsmuster Das Erbauer-Entwurfsmuster - englisch builder pattern - ist ein Erzeugungsmuster, welches die Konstruktion komplexer Objekte von ihrer Repräsentation trennt. Es gehört zu der Serie von Entwurfsmustern der Gang of Four.³⁷ Im Fall von `built_value` trennt es die unveränderlichen Objekte von ihrer Konstruktion. Über den „Builder“ lassen sich Änderungen an diesen unveränderlichen Objekten vornehmen, wodurch eine Kopie dieses unveränderlichen Objekts mit der gewünschten Änderung zurückgegeben wird.

In den Zeilen 9 bis 10 wird so ein neues Objekt von der Klasse `Maßnahme` mit Hilfe der Methode `rebuild` erzeugt und anschließend der Referenz `massnahme` zugewiesen, wodurch

³⁷Vgl. Gamma u. a., *Entwurfsmuster: Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software*, S. 119.

sie ihren alten Wert verliert. Über die generierte Methode `serializers.serializeWith` kann das Objekt in JSON übersetzt werden. Der erste Parameter `Massnahme.serializer` gibt dabei an, wie diese Serialisierung erfolgen soll. Auch das `serializer`-Objekt wurde von „*built_value*“ generiert. Der zweite Parameter ist die tatsächliche `massnahme`, die in JSON umgewandelt werden soll. Die Zeilen 13 bis 21 erstellen das JSON-Dokument, mit dem das serialisierte Ergebnis am Ende verglichen werden soll. Dabei werden die gleichen Eigenschaften eingetragen. So etwa die `guid` (Z. 14), welche bei der Initialisierung der Maßnahme automatisch und zufällig erstellt wurde. Außerdem das letzte Bearbeitungsdatum, welches den Zeitstempel erhält, zu dem die Maßnahme generiert wurde. Da `built_value` bei der Serialisierung die Datumswerte in Mikrosekunden umwandelt, muss für das erwartete JSON-Dokument das Gleiche passieren (Z. 16-17). Der `'letzterStatus'` (Z. 18) wird hierbei auf den Standardwert `'bearb'` gesetzt und der `'massnahmenTitel'` (Z. 20) auf den gleichen Wert, der in Zeile 9 übergeben wurde. Schließlich vergleicht die Methode `expect` das tatsächlich serialisierte JSON-Dokument mit dem, welches zuvor zum Vergleich aufgebaut wurde. Der zweite Parameter ist ein sogenannter `Matcher` und die Variante mit dem Namen `equals` überprüft auf absolute Gleichheit.

Analog zur Serialisierung testet der Unit-Test in Listing 25 auch die Deserialisierung. Das JSON-Dokument ist dabei sehr ähnlich und unterscheidet sich lediglich in zwei Details. Der `'guid'` wird auf einen festen Wert festgelegt (Z. 38), statt - wie zuvor - durch den in dem Initialisierungsprozess der Maßnahme zufällig generiert zu werden. Außerdem wird auch das `letztesBearbeitungsDatum` festgesetzt, nämlich auf die Microsekunde `0` (Z. 40).

```

36 test('Massnahme deserialises without error', () {
37   var json = {
38     'guid': "test massnahme id",
39     'letzteBearbeitung': {
40       'letztesBearbeitungsDatum': 0,
41       'letzterStatus': 'bearb'
42     },
43     'identifikatoren': {'massnahmenTitel': 'Massnahme 1'}
44   };
45
46   var expectedMassnahme = Massnahme((b) => b
47     ..guid = "test massnahme id"
48     ..identifikatoren.massnahmenTitel = "Massnahme 1"
49     ..letzteBearbeitung.update((b) {
50       b.letztesBearbeitungsDatum =
51         DateTime.fromMicrosecondsSinceEpoch(0, isUtc: true);
52     }));
53   var actualMassnahme =
54     serializers.deserializeWith(Massnahme.serializer, json);
55
56   expect(actualMassnahme, equals(expectedMassnahme));

```

Listing 25: Deserialisierung einer Maßnahme Unittest, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/test/data_model/massnahme_test.dart](#)

Zum Vergleich wird in den Zeilen 46 bis 52 eine Maßnahme über das „*Builder*“-Entwurfsmuster generiert und die gleichen festen Werte werden für die Eigenschaften übergeben. Dabei ist darauf zu achten, dass die Instanzvariable `letzteBearbeitung` keinen Wert über den Zuweisungs-Operator `=` erhält, sondern stattdessen die Methode `update` darauf aufgerufen wird.

Da es sich bei der Instanzvariablen `letzteBearbeitung` genauso um ein Objekt eines Wertetypen - handelt, ist sie ebenso unveränderlich. Deshalb kann sie nur über einen „*Builder*“ manipuliert werden. Ein Blick in den generierten Quellcode offenbart, dass es sich in Wahrheit um einen „*Builder*“ handelt (Listing 26, Z. 224-225).

```

216 class MassnahmeBuilder implements Builder<Massnahme, MassnahmeBuilder> {
217   _$Massnahme? _$v;
218
219   String? _guid;
220   String? get guid => _$this._guid;
221   set guid(String? guid) => _$this._guid = guid;
222
223   LetzteBearbeitungBuilder? _letzteBearbeitung;
224   LetzteBearbeitungBuilder get letzteBearbeitung =>
225     _$this._letzteBearbeitung ??= new LetzteBearbeitungBuilder();
226   set letzteBearbeitung(LetzteBearbeitungBuilder? letzteBearbeitung) =>
227     _$this._letzteBearbeitung = letzteBearbeitung;

```

Listing 26: Instanzvariable `letzteBearbeitung` gibt einen `LetzteBearbeitungBuilder` zurück, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/data_model/massnahme.g.dart](#)

Außerdem müssen die Microsekunden für das Datum zunächst in ein Objekt von `DateTime` umgewandelt werden. Dafür wird der benannte Konstruktor `fromMillisecondsSinceEpoch` von `DateTime` (Z. 51) aufgerufen.

Benannte Konstruktoren In Programmiersprachen wie beispielsweise Java können Methoden überladen werden, indem ihre Methodensignatur geändert wird. Beim Aufruf der Methode kann über die Anzahl und die Typen der übergebenen Argumente die gewünschte Methode gewählt werden. Das Gleiche gilt für Konstruktoren. Wird ein weiterer Konstruktor für eine Klasse in Java benötigt, so besteht einzig und allein die Möglichkeit darin, den Konstruktor zu überladen. Sowohl überladene Methoden als auch überladene Konstruktoren existieren in Dart nicht. Wird also in Dart ein alternativer Konstruktor gewünscht, so muss er einen Namen bekommen. Beim Aufruf des Konstruktors wird dieser Name dann mit einem `.` nach dem Klassennamen angegeben, um den gewünschten Konstruktor zu benennen.

Ganz ähnlich wie bei der Serialisierung wird nun mit dem Befehl `serializers . deserializeWith` unter Angabe des Objekts, welches die Deserialisierung übernehmen soll – nämlich wiederum `Massnahme.serializer` – das JSON-Dokument in ein Objekt des Werte-Typs `Massnahme` deserialisiert (Z. 53-54). Schließlich wird in Zeile 56 das Ergebnis der Deserialisierung mit dem gewünschten Ergebnis verglichen.

Gibt man in der Kommandozeile den Befehl `flutter test test /data_model /massnahme_test.dart` ein, so werden die Tests in der Testdatei ausgeführt. Die Ausgabe `00:01 +2: All tests passed!` teilt mit, dass beide Tests erfolgreich ausgeführt wurden und beide Ergebnisse mit den verglichenen Werten übereinstimmten.

4.4 Serialisierung der Maßnahmenliste

Damit alle Maßnahmen - statt nur einer einzigen - in einer Datei zusammengefasst werden können, müssen die Maßnahmen zunächst zu einer Menge zusammengefasst werden, die ebenfalls serialisierbar ist. Der Werte-Typ `Storage` ist dafür vorgesehen (Listing 27). Er deklariert allein das `BuiltSet massnahmen` (Z. 10). Ein `BuiltSet` ist die Abwandlung eines gewöhnlichen Sets, jedoch unter anderem mit der Möglichkeit, es mit einem „*Builder*“ zu erstellen und das Set zu serialisieren. Die Übergabe des Typarguments `<Massnahme>` gewährleistet, dass keine anderen Objekte eingefügt werden können, die weder eine Instanz der Klasse `Massnahme` sind, oder einer Klasse, die von `Massnahmen` erbt.

Der Befehl `flutter pub run build_runner build` stößt erneut die Quellcodegenerierung für


```

9  abstract class Storage implements Built<Storage, StorageBuilder> {
10    BuiltSet<Massnahme> get massnahmen;

```

Listing 27: Der Werte-Typ `Storage`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/data_model/storage.dart](#)

den Werte-Typen `Storage` an.

4.5 Test der Serialisierung der Maßnahmenliste

Nun soll noch überprüft werden, ob die Menge von Maßnahmen mit genau einer eingetragenen Maßnahme korrekt serialisiert. Auch das wird von einem Unit Test überprüft (Listing 28). In Zeile 8 wird das leere Objekt `storage` erstellt. In Zeile 9 wird es dann wiederverwendet, um aufbauend auf der Kopie Änderungen mithilfe der `rebuild`-Methode durchzuführen.

```

7  test('Storage with one Massnahme serialises without error', () {
8    var storage = Storage();
9    storage = storage.rebuild((b) => b.massnahmen.add(
10      Massnahme((b) => b.identifikatoren.massnahmenTitel = "Massnahme 1")));
11
12    var actualJson = serializers.serializeWith(Storage.serializer, storage);
13
14    var expectedJson = {
15      "massnahmen": [
16        {
17          "guid": storage.massnahmen.first.guid,
18          "letzteBearbeitung": {
19            "letztesBearbeitungsDatum": storage
20              .massnahmen
21              .first
22              .letzteBearbeitung
23              .letztesBearbeitungsDatum
24              .microsecondsSinceEpoch,
25          "letzterStatus": "bearb"
26        },
27        "identifikatoren": {"massnahmenTitel": "Massnahme 1"}
28      ]
29    };
30    expect(actualJson, equals(expectedJson));
31

```

Listing 28: Ein automatisierter Testfall überprüft, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/test/data_model/storage_test.dart](#)

Bei der Instanzvariable `massnahmen` der Klasse `Storage` handelt es sich um ein `BuiltSet`. Der Aufruf von `b.massnahmen` gibt allerdings nicht dieses `BuiltSet` zurück. Wäre es so, so könnte die Operation `add` nicht darauf angewendet werden. Ein `BuiltSet` stellt keine Methoden zur Manipulation des Sets zur Verfügung. In Wahrheit gibt der Ausdruck `b.massnahmen` einen `SetBuilder` zurück. Das kann im generierten Quellcode nachgesehen werden (Listing 29, Z. .)

Der `SetBuilder` wiederum erlaubt es, Änderungen am Set vorzunehmen und stellt dafür die - für ein Set übliche - Methode `add` bereit. Im Aufruf von `add` wird dann ein Objekt des Werte-Typs `Massnahme` konstruiert (Z. 10). Dazu wird dieses Mal die anonyme Funktion zum Konstruieren der Maßnahme gleich im Konstruktor übergeben.

Diesmal konstruiert die Methode `serializers.serializeWith` mit dem Serialisierer `Storage.serializer`


```

91 class StorageBuilder implements Builder<Storage, StorageBuilder> {
92   _$Storage? _$v;
93
94   SetBuilder<Massnahme>? _massnahmen;
95   SetBuilder<Massnahme> get massnahmen =>
96     _$this._massnahmen ??= new SetBuilder<Massnahme>();

```

Listing 29: Instanzvariable `massnahmen` gibt einen `SetBuilder` zurück, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/data_model/storage.g.dart](#)

ein weiteres JSON-Objekt (Z. 12). Genau wie zuvor wird ein JSON-Dokument vorbereitet (Z. 14-30), welches der `Matcher equals` mit dem serialisierten Dokument des soeben konstruierten Objekts `storage` vergleicht (Z. 31). Das JSON-Dokument unterscheidet sich nur darin, dass es einen Knoten namens `'massnahmen'` enthält, der als Wert eine Liste hat. Die Liste hat nur ein Element. Weil dieses Mal das Objekt des Typs `Massnahme` nicht direkt zugreifbar ist, muss es zunächst über die Liste der Maßnahmen aus dem `storage`-Objekt abgerufen werden. Das ist mit dem Befehl `first` möglich, der das erste Objekt - und in diesem Fall einzige Objekt - der Kollektion zurückgibt (Z. 17, 21). Darüber kann erneut die `guid` und das `letztesBearbeitungsDatum` abgerufen werden.

Ein weiterer Unit-Test überprüft, ob auch die Deserialisierung eines `storage`-Objekts erfolgreich ist. Er ist in Listing 98 im Anhang C zu finden. Auch dieser Test ist der Deserialisierung des Objekts des Typs `Massnahme` sehr ähnlich. **Weg?** Er unterscheidet sich nur darin, dass das `Massnahme`-Objekt in der Liste `massnahmen` des `storage`-Objekts enthalten ist.

4.6 Der Haupteinstiegspunkt

Das Listing 30 zeigt den Haupteinstiegspunkt des Programms. Darin ist erkennbar, dass sich die Applikation in drei Rubriken einteilen lässt:

- das Model (Z. 27-30)
- der View (Z. 41-44)
- das ViewModel. (Z. 25-26)

Model View ViewModel Das ModelViewViewModel Entwurfsmuster wurde zunächst von John Gossman für die Windows Presentation Foundation beschrieben. Das Model beschreibt die Datenzugriffs-Komponente welche die Daten in relationalen Datenbanken oder hierarchischen Datenstrukturen wie XML oder JSON ablegt. Der View beschreibt die Oberflächenelemente wie Texteingabefelder und Buttons. Diese beiden Komponenten sind auch aus dem ModelViewController Entwurfsmuster bekannt. Das ModelViewViewModel Entwurfsmuster ist eine Weiterentwicklung davon und integriert das sogenannte ViewModel. Es ist dafür zuständig als Schnittstelle zwischen View und Model zu fungieren. Die Daten des Models lassen sich in der Regel nicht direkt mit Oberflächen Elementen verknüpfen. Denn es kann es notwendig sein, dass die Oberfläche weitere temporäre Daten benötigt, die aber nicht mit den Daten des Models gespeichert werden sollen. Das ViewModel übernimmt diese Arbeit, indem es die Daten des Models abrufen und sie in veränderter Form den Oberflächen-Elementen zur Verfügung stellt. Andersherum formt es die Eingaben in der Nutzeroberfläche so um, dass sie im strikten Datenmodell des Models Platz finden.³⁸

`MassnahmenModel` (Z. 29) verwaltet die eingegebenen Daten der Maßnahmen und nutzt die Abhängigkeit `MassnahmenJsonFile` (Z. 27) um die Daten auf einem Datenträger als eine JSON-Datei zu speichern. Somit gehören diese beiden Klassen dem Model an.

`MassnahmenFormViewModel` (Z. 25) greift die Daten des Models ab und formt diese um, sodass sie von dem View `MassnahmenDetailScreen` (Z. 43) verändert werden können. Sollen die Daten gespeichert werden, so stellt `MassnahmenFormViewModel` ebenfalls Methoden zur Verfügung um die Daten wieder in das Format des Models einpflegen zu können.

`MassnahmenMasterScreen` (Z. 41) stellt eine Ausnahme dar, denn dieser View präsentiert die Daten aus dem Model ohne eine Schnittstelle über ein ViewModel. Das ist möglich, weil die Daten nicht manipuliert, sondern nur angezeigt werden müssen.

Damit sowohl ViewModel als auch Model von jedem View heraus abrufbar sind, werden sie in eine Art Service eingefügt (Z. 23). Das Widget `AppState` ist dieser Service. Er erhält das Model (Z. 24) und das ViewModel (Z. 25) im Konstruktor. Die Abhängigkeit zum Schreiben des Models in eine JSON Datei `MassnahmenJsonFile` bekommt das Model ebenfalls im Konstruktor übergeben (Z. 24). `AppState` ist das erste Element, welches im Widget-Baum auftaucht. Die gesamte restliche Applikation ist als Kind-Element hinterlegt (Z. 26). Damit können alle Widgets auf den Service zugreifen.

Service Locator und Dependency Injection Das Service Locator Entwurfsmuster folgt dem Umsetzungsparadigma Inversion of Control – deutsch Umkehrung der Steuerung. Frameworks folgen diesem Muster, indem sie als erweiterbare Skelett-Applikationen fungieren. Anstatt, dass die Applikation den Programmfluss steuert und dabei selbst Funktionen aufruft, wird die Programmflusssteuerung an das Framework abgegeben und mit Hilfe von

³⁸Vgl. Gossman, *Introduction to Model/View/ViewModel pattern for building WPF apps*.

Ereignissen ermöglicht, dass das Framework Funktionen des Nutzers aufruft.³⁹ Im Service Locator Entwurfsmuster werden Komponenten darüber hinaus zentral registriert und über dieses Register anderen Komponenten zur Interaktion zur Verfügung gestellt.⁴⁰ Anstatt die Komponenten direkt miteinander zu verknüpfen, werden Sie für den Zugriff von praktisch überall vorbereitet. Vor allem für automatisierte Tests ist dies von Vorteil, da solche Abhängigkeiten ausgetauscht werden können, um ganz spezielle Teil-Funktionalitäten eines Programms zu testen. Mehr dazu im Kapitel **Kapitel einfügen**.

Anders als der Name vermuten lässt, steuert `MaterialApp` nicht nur das Aussehen der Applikation im Material Design Look. Darüber hinaus stellt das Widget auch Grundfunktionalitäten einer App, wie etwa den Navigator bereit. Damit hat die Applikation die Möglichkeit – ähnlich wie bei einer Website – auf Unterseiten zu navigieren. Hat der Benutzer die Arbeit in der Unterseite vollendet, so kann der Navigator gebeten werden, zur vorherigen Ansicht zurückzukehren. Mit dem Parameter `routes` (Z. 34-39) erfolgt die Angabe der Unterseiten, die besucht werden können. Über `initialRoute` (Z. 39) kann die Startseite angegeben werden.

```
18 class MassnahmenFormApp extends StatelessWidget {
19   const MassnahmenFormApp({Key? key}) : super(key: key);
20
21   @override
22   Widget build(BuildContext context) {
23     return AppState(
24       model: MassnahmenModel(MassnahmenJsonFile()),
25       viewModel: MassnahmenFormViewModel(),
26       child: MaterialApp(
27         title: 'Maßnahmen',
28         theme: ThemeData(
29           primarySwatch: Colors.lightGreen,
30           accentColor: Colors.green,
31           primaryIconTheme: const IconThemeData(color: Colors.white),
32         ),
33         initialRoute: MassnahmenMasterScreen.routeName,
34         routes: {
35           MassnahmenMasterScreen.routeName: (context) =>
36             const MassnahmenMasterScreen(),
37           MassnahmenDetailScreen.routeName: (context) =>
38             const MassnahmenDetailScreen()
39         },
40       ));
41   }
42 }
```

Listing 30: Der Haupteinstiegspunkt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/main.dart](#)

³⁹Vgl. Johnson und Foote, „*Designing reusable classes*“.

⁴⁰Vgl. Fowler, *Inversion of Control Containers and the Dependency Injection pattern*.

4.7 Der Service für den Applikations übergreifenden Zustand

Um Daten an alle Kind Elementen im Widgets mitzugeben, finden die sogenannten „*InheritedWidgets*“ Anwendung. Der Service `AppState` (Listing 31) ist genauso ein solches.

Im Konstruktor erhält er zunächst bei den Parameter des Typs `key` (Z. 7). Es ist gängige Praxis in Flutter, jedem Widget im Konstruktor zu ermöglichen, einen solchen Schlüssel zu übergeben. Es ist jedoch optional. Ein solcher Schlüssel kann genutzt werden, um das Widget eindeutig zu identifizieren und es unter anderem über den Schlüssel wiederzufinden. In den Zeilen 8 und 9 werden das Model und das ViewModel dem Objekt im Konstruktor übergeben. In den Zeilen 14 und 15 sind sie deklariert. Das letzte Element im Konstruktor ist das `child`. Ihm muss der Widget-Baum übergeben werden, dem der Zustand verfügbar gemacht werden soll.

Der Aufruf des Basis-Konstruktors mit den Argumenten `key` und `child` ist in Zeile 11 zu sehen. Die Basisklasse von `InheritedWidget` ist `ProxyWidget` und erhält exakt dieselben Argumente. Das `ProxyWidget` verwendet das Kindelement, um es im WidgetBaum unterhalb von sich selbst zu zeichnen. Eine eigene Methode zum Zeichnen muss also nicht für das `InheritedWidget` implementiert werden. Die einzige Methode, welche implementiert werden muss, ist `updateShouldNotify` (Z. 24). Immer dann, wenn das `InheritedWidget` selbst aktualisiert wird, kann es alle Widgets, die davon abhängig sind, benachrichtigen. In dem Fall werden diese Widgets ebenfalls neu gezeichnet. Für die Formular-Applikation ist das allerdings nicht gewünscht. Die Aktualisierung der Oberfläche soll in den nachfolgenden Schritten selbst kontrolliert werden. Deshalb erfolgt die Rückgabe `false`, da in Zukunft nicht gewünscht ist, den Applikations-Zustand komplett auszutauschen. Um die Aktualisierung der Oberfläche kümmern sich sowohl Model als auch ViewModel.

Damit ein Widget Abhängigkeit von dem `AppState` anmelden kann, verwendet es in seiner eigenen `build`-Methode die Methode `dependOnInheritedWidgetOfExactType<AppState>()`. Der Aufruf der Methode erfolgt auf dem Objekt vom Typ `BuildContext`. Weil dieser Kontext bei jedem Zeichnen allen Kindern übergeben wird, kann jedes Kind darüber die Vater-Elemente wiederfinden.

Damit der Aufruf leichter lesbar und kürzer ist, empfiehlt das Flutter-Team eine eigene Klassenmethode zu erstellen, welche die Methode für den Benutzer aufruft (Z. 16-17). Auch eine Fehlermeldung kann bei dieser Auslagerung geworfen werden, sollte im Kontext kein Objekt des gewünschten Typs vorhanden sein (Z. 18). Das Widget, welches auf den `AppState` zugreifen möchte, kann es mit der einfachen Schreibweise `AppState.of(context)` abrufen.

Abbildung 10 zeigt die Beziehung zwischen den Bildschirmen und dem `AppState` auf. Sowohl `MassnahmenMasterScreen` und `MassnahmenDetailScreen` müssen auf `MassnahmenModel` und `MassnahmenFormViewModel` zugreifen können. Zu diesem Zweck erstellt `MassnahmenFormApp` den `AppState`. Er enthält sowohl `ViewModel` als auch `Model`. Über ihn können beide Bildschirme auf `Model` und `ViewModel` zugreifen.

```

5 class AppState extends InheritedWidget {
6   const AppState({
7     Key? key,
8     required this.model,
9     required this.viewModel,
10    required Widget child
11  }) : super(key: key, child: child);
12
13   final MassnahmenFormViewModel viewModel;
14   final MassnahmenModel model;
15
16   static AppState of(BuildContext context) {
17     final AppState? result = context.dependOnInheritedWidgetOfExactType<AppState>();
18     assert(result != null, "Kein AppState im 'context' gefunden");
19     return result!;
20   }
21
22   @override
23   bool updateShouldNotify(covariant AppState oldWidget) => false;
24 }

```

Listing 31: Der Service AppState, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/widgets/app_state.dart](#)

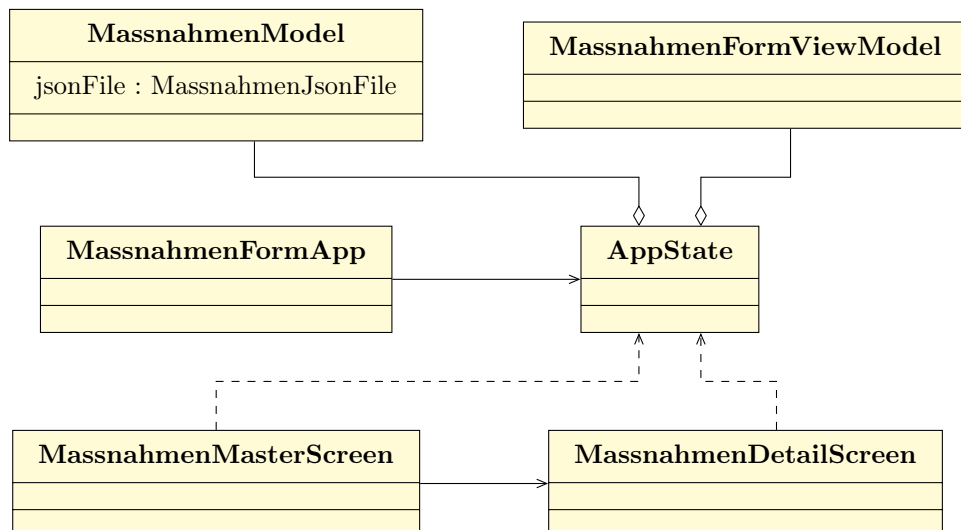


Abbildung 10: UML Diagramme, Quelle: Eigene Abbildung

4.8 Speichern der Maßnahmen in eine JSON-Datei

Das Model wird durch die Klasse `MassnahmenJsonFile` in eine JSON-Datei gespeichert (Listing 32). Der Dateipfad wird dabei durch die Methode `_localMassnahmenJsonFile` (Z. 8-11) abgerufen. Die Hilfsmethode `getApplicationSupportDirectory` (Z. 9) gibt aus dem Nutzerverzeichnis des aktuellen Nutzers den zur Applikation zugeordneten Datei-Ordner zurück. Auf Windows-Betriebssystemen wäre das beispielsweise `C:\Users\AktuellerNutzer\AppData\Roaming\com.example\conditional_form`.

Dadurch, dass dem Methoden-Bezeichner `_localMassnahmenJsonFile` ein Unterstrich vorangestellt ist, ist die Methode privat und kann nur innerhalb der Klasse aufgerufen werden. Dart hat damit eine Konvention zum Standard werden lassen. In Programmiersprachen wie beispielsweise C++ wurde der Unterstrich zusätzlich den Bezeichnern von Instanz Attributen vorangestellt, die mit dem `private` Schlüsselwort gekennzeichnet sind, damit sie überall im Quellcode als private Attribute identifizierbar sind, ohne dazu die Klassendefinition ansehen zu müssen. In Dart gibt es dagegen das `private` Schlüsselwort nicht. Stattdessen wird der Unterstrich vor dem Bezeichner verwendet, um ein Instanzattribut privat zu deklarieren.

Die Getter-Methode `_localMassnahmenJsonFile` hat den Rückgabetypp `Future<File>` und ist zudem mit dem Schlüsselwort `async` gekennzeichnet. Asynchron muss die Methode deshalb sein, weil sie auf den Aufruf `getApplicationSupportDirectory` warten muss, der ebenfalls asynchron abläuft.

Der Funktion `saveMassnahmen` (Z. 13-16) wird ein JSON Objekt in Form einer Hashtabelle übergeben. Sie ruft die Hilfs-Getter-Methode `_localMassnahmenJsonFile` (Z. 14) auf und schreibt den Dateiinhalt in die Datei des abgefragten Pfades (Z. 15). Zuvor wird dazu das JSON-Objekt in eine textuelle Repräsentation überführt. Dazu dient die Funktion `jsonEncode`.

Das Äquivalent dazu stellt die Methode `readMassnahmen` (Z. 18-30) dar. Auch sie ruft den Dateipfad ab (Z. 19), überprüft allerdings im nächsten Schritt, ob die Datei bereits existiert (Z. 21). Sollte das der Fall sein, so wird die Datei eingelesen (Z. 23). Die textuelle Repräsentation aus der Datei wird mittels Methode `jsonDecode` in ein JSON-Objekt in der Form einer Hashtabelle gespeichert (Z. 24) und schließlich zurückgegeben (Z. 26). Sollte die Dateien nicht existieren, führt das zu einer Ausnahme (Z. 28), welche von der aufrufenden Funktion behandelt werden kann.

```

7 class MassnahmenJsonFile {
8   Future<File> get _localMassnahmenJsonFile async {
9     var directory = await getApplicationSupportDirectory();
10    return File("${directory.path}/Maßnahmen.json");
11  }
12
13  Future<void> saveMassnahmen(Map<String, dynamic> massnahmenAsJson) async {
14    var file = await _localMassnahmenJsonFile;
15    await file.writeAsString(jsonEncode(massnahmenAsJson));
16  }
17
18  Future<Map<String, dynamic>> readMassnahmen() async {
19    var file = await _localMassnahmenJsonFile;
20
21    var fileExists = await file.exists();
22    if (fileExists) {
23      final fileContent = await file.readAsString();
24      final jsonObject = jsonDecode(fileContent) as Map<String, dynamic>;
25
26      return jsonObject;
27    } else {
28      throw MassnahmenFileDoesNotExistException("$file was not found");
29    }
30  }
31 }

```

Listing 32: Die Klasse MassnahmenJsonFile, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/persistence/massnahmen_json_file.dart](#)

4.9 Abhängigkeit zum Verwalten der Maßnahmen

Die Art und Weise, wie die Maßnahmen abgerufen werden, sollte nach Möglichkeit abstrahiert werden. Das erlaubt, den Mechanismus in Zukunft auszutauschen, ohne dabei den Rest der Applikation verändern zu müssen. So wäre es beispielsweise denkbar, statt einer JSON-Datei eine direkte Verbindung zu einer relationalen Datenbank herzustellen. Auch das Austauschen der Abhängigkeit mit einem Platzhalter, der lediglich die Aufrufe der Methoden zählt, ist damit möglich. Ein solches Platzhalterobjekt wird „Mock“ genannt und für automatisiertes Testen eingesetzt (siehe Kapitel **Kapitel einfügen**). Ebenso abstrahiert werden soll der Umgang mit Ausnahmen. Sollte die Datei nicht verfügbar sein, so muss die Oberfläche davon nicht zwingend betroffen sein. Stattdessen kann der Service sich entscheiden, eine leere Liste von Maßnahmen zurückzugeben. Sobald die Liste manipuliert wird, kann eine neue Datei angelegt werden und sie mit den eingegebenen Daten beschreiben. Die Klasse `MassnahmenModel` (Listing 33) tut genau das.

Sie bekommt `MassnahmenJsonFile` im Konstruktor übergeben (Z. 11). Daraufhin ruft der Konstrukteur gleich die `init` auf (Z. 12), welche in den Zeilen 15-22 deklariert ist. Darin wird der Stream `storage` (Z. 19) initialisiert. Es handelt sich um eine Erweiterung eines „broadcast streams“ mit dem Namen `BehaviorSubject` (Z. 9). Es entstammt dem Paket `rx.dart`, welches die Streams in Dart um eine Reihe von weiteren Funktionalitäten erweitert. Ein `BehaviorSubject` hat die Besonderheit, dass es den Wert des letzten Ereignisses zwischenspeichern. Die „broadcast streams“ haben für gewöhnlich den Nachteil, dass neue Zuhörer des Streams nur die neuen Ereignisse erhalten. Alle in der Vergangenheit erfolgten Ereignisse sind nicht mehr verfügbar. Vor allem dann, wenn in der Oberfläche der letzte Wert eines Streams verwendet werden soll, um Elemente zu zeichnen, ist das von einem besonderen Nachteil. Denn wenn der Stream zuvor initialisiert wurde, so gibt es keine Daten zu dem Zeitpunkt, wenn die Oberfläche gezeichnet wird. Sollte die Oberfläche jedoch gezeichnet werden, bevor der Stream initialisiert wurde, so existieren ebenfalls keine Daten. Hier kommt das `BehaviorSubject` ins Spiel. Sobald die Oberfläche gezeichnet wird und der Stream bereits initialisiert ist, kann dennoch auf den zuletzt übertragenen Wert zurückgegriffen werden. Anschließend überträgt der Stream die folgenden Aktualisierungen für die Oberfläche mit jedem neuen Ereignis, so wie es für Streams üblich ist.

Der Stream kann nicht bereits in der Initialisierungsliste des Konstruktors mit den Daten aus der JSON-Datei gefüllt werden. Das liegt daran, dass die JSON-Daten dazu zunächst gelesen werden müssen, was nur durch eine Reihe von asynchronen Operation möglich ist. In einer Initialisierungsliste können allerdings keine asynchronen Operationen ausgeführt werden. Deshalb wird `init` erst im Konstruktor-Körper aufgerufen (Z. 7).

Damit der Stream anfangs nicht leer ist, füllt ihn der benannte Konstruktor `seeded` mit einem leeren Objekt des Typs `Storage` (Z. 9). Sobald die Datei gelesen (Z. 17) und anschließend deserialisiert wurde (Z. 20), erhält der Stream über die Setter-Methode `value` ein neues Ereignis mit dem gelesenen Wert (Z. 19).

Die Initialisierung ist von einem `try`-Block umgeben. Sollte die Initialisierung verschlagen, weil die JSON-Datei nicht existiert, wird die entsprechende Fehlerbehandlung ausgeführt (Z. 21). Diese ist leer, da sich im Stream bereits ein leeres `Storage`-Objekt befindet. Mit diesem leeren Objekt kann die Oberfläche weiterarbeiten. In Zukunft könnte es sinnvoll sein, innerhalb der Fehlerbehandlung eine Meldung an den Benutzer zu geben, um darüber zu informieren, dass eine neue Datei angelegt wurde.

Mit `putMassnahmeIfAbsent` (Z. 24-33) steht eine Methode bereit, um gleichzeitig sowohl die Oberfläche, als auch die JSON-Datei zu aktualisieren. Sollte die eigetragene Maßnahme schon existieren, wird sie zunächst gelöscht (Z. 26). In jedem Fall wird die neue Maßnahme dem Stream hinzugefügt (Z. 27). Durch Austauschen des gesamten Objekts mit der Zuwei-

sung von `storage.value` (Z. 25) erhält der Stream erneut ein neues Ereignis, womit er die Oberfläche benachrichtigen kann, sich neu zu zeichnen. Außerdem wird die Serialisierung des `Storage`-Objekts und angestoßen (Z. 29-30) und die neue Liste von Maßnahmen im darauffolgenden Schritt zurück in die JSON-Datei gespeichert (Z. 32).

```
7 class MassnahmenModel {
8   final MassnahmenJsonFile jsonFile;
9   final storage = BehaviorSubject<Storage>.seeded(Storage());
10
11   MassnahmenModel(this.jsonFile) {
12     init();
13   }
14
15   init() async {
16     try {
17       final massnahmenAsJson = await jsonFile.readMassnahmen();
18
19       storage.value =
20         serializers.deserializeWith(Storage.serializer, massnahmenAsJson)!;
21     } on MassnahmenFileDoesNotExistException {}
22   }
23
24   putMassnahmeIfAbsent(Massnahme massnahme) async {
25     storage.value = storage.value.rebuild((b) => b.massnahmen
26       ..removeWhere((m) => m.guid == massnahme.guid)
27       ..add(massnahme));
28
29     var serializedMassnahmen =
30       serializers.serializeWith(Storage.serializer, storage.value);
31
32     await jsonFile.saveMassnahmen(serializedMassnahmen as Map<String, dynamic>);
33   }
34 }
```

Listing 33: Die Klasse `MassnahmenModel`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/data_access/massnahmen_model.dart](#)

4.10 Übersichtsbildschirm der Maßnahmen

Der erste Bildschirm - die Übersicht der Maßnahmen - kann auf das im letzten Schritt erstellte Model zugreifen. In Listing 34 ist die Struktur des Übersicht-Bildschirms zu sehen. Über die Route `/massnahmen_master` ist der Bildschirm erreichbar (Z. 16). Die `build`-Methode zeichnet die Oberfläche 21-111. Da ein Objekt des Typs `MassnahmenPool` im zentralen Register der Provider hinterlegt wurde, kann mit der Methode `Provider.of` darauf zugegriffen werden.

Mittels `AppState.of(context)` ist nun der Zugriff auf sowohl Model als auch ViewModel möglich. Zur einfacheren Verwendung sind sie als lokale Variablen zwischengespeichert (Z. 20-21).

Das Widget `scaffold` - deutsch Gerüst - stellt ein grundlegendes Layout mit einer Überschrift und einem Bereich für den Inhalt bereit (Z. 23). Das `scaffold` kann auch Mitteilungen an den Benutzer am unteren Bildschirmrand einblenden.

Die Überschrift wird in der sogenannten `AppBar` hinterlegt (Z. 24). Sie unterstützt weitere Funktionalitäten. Sollte es sich bei der aktuell besuchten Route um eine Unterseite handeln, taucht links von der Titel-Überschrift einen Button zum Zurücknavigieren auf. Weiterhin können rechts von der Titelleiste Aktionsbuttons hinzugefügt werden, welches für die Formular Anwendung allerdings nicht nötig ist.

Zusätzlich kann dem `scaffold` ein Button für die primäre Aktion auf diesem Bildschirm hinzugefügt werden: der sogenannte `FloatingActionButton` (Z. 88-97). Bei Aktivierung des Buttons navigiert die Applikation zur Eingabemaske, um eine neue Maßnahme anzulegen (Z. 98).

Das Eingabeformular sollte den Benutzer auffordern, tatsächlich leere Eingabefelder zu füllen. Deshalb muss die Aktivierung des Buttons auch das ViewModel neu initialisieren. Dies geschieht durch Zuweisung einer leeren Maßnahme zu zur Setter-Methode `vm.model` (Z. 95). Ohne die Neuinitialisierung würde die Eingabemaske immer die zuletzt eingetragene Maßnahme enthalten. Dies würde große Verwirrung beim Benutzer stiften.

Der `FloatingActionButton` erhält den Schlüssel `createNewMassnahmeButtonKey` (Z. 89). Er ist als `GlobalKey` deklariert (Z. 11). Er findet beim Integrationstest Anwendung, um den Button zu finden (Siehe Kapitel **Kapitel einfügen**).

Der Inhaltsbereich des `scaffold` beinhaltet das Widget `StreamBuilder` (Z. 27). Er kann auf Streams horchen, die Ereignisse des Typs `Storage` übermitteln. Er horcht auf Änderungen im Model, um genau zu sein auf Änderungen des Streams `model.storage` (Z. 28). Sobald der `StreamBuilder` ein Ereignis erhält, so führt er die Methode aus, die als Argument des Parameters `builder` hinterlegt ist. Alle Widgets außerhalb davon, wie etwa das `scaffold`, erhalten dabei keine Aufforderung zum Neuzeichnen, sobald eine Maßnahme hinzugefügt wird. Das wirkt sich positiv auf die Laufzeit-Geschwindigkeit aus.

```

11 final createNewMassnahmeButtonKey = GlobalKey();
12
13 class MassnahmenMasterScreen extends StatelessWidget {
14   static const routeName = '/massnahmen_master';
15
16   const MassnahmenMasterScreen({Key? key}) : super(key: key);
17
18   @override
19   Widget build(BuildContext context) {
20     final model = AppState.of(context).model;
21     final vm = AppState.of(context).viewModel;
22
23     return Scaffold(
24       appBar: AppBar(
25         title: const Text('Maßnahmen Master'),
26       ),
27       body: StreamBuilder<Storage>(
28         stream: model.storage,
29         builder: (context, _) {
30           return SingleChildScrollView(
31             // ...
32           );
33         },
34       ),
35       floatingActionButton: FloatingActionButton(
36         key: createNewMassnahmeButtonKey,
37         child: const Icon(
38           Icons.post_add_outlined,
39           color: Colors.white,
40         ),
41         onPressed: () {
42           vm.model = Massnahme();
43           Navigator.of(context).pushNamed(MassnahmenDetailScreen.routeName);
44         },
45       ),
46     );
47   }
48 }

```

Listing 34: Die Struktur der Klasse MassnahmenMasterScreen, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/screens/massnahmen_master.dart](#)

4.10.1 Auflistung der Maßnahmen im Übersichtsbildschirm

Der Inhalt der `builder`-Methode ist in Listing 35 dargestellt. Das erste Widget ist ein `SingleChildScrollView` (Z. 30). Das Argument `scrollDirection` ist nicht gefüllt, weshalb die Standardoption - die vertikale Scrollrichtung - gewählt wird. Sollte die Liste der Maßnahmen die Höhe des Fensters überschreiten, so kann der Benutzer vertikal über die Liste scrollen.

Das Kind des Scrollbereichs ist ein `Column`-Widget (Z. 31). Sie zeichnet Widgets, die als Argument des Parameters `children` gesetzt sind, von oben nach unten. Der Parameter `crossAxisAlignment` gibt an, wie die Kindelemente ausgerichtet sein sollen. `crossAxis` bedeutet dabei die zur Anzeige-Richtung entgegengesetzte Richtung. Da die `Column` vertikal zeichnet, ist mit `crossAxis` die horizontale Achse gemeint. `CrossAxisAlignment.start` beschreibt, dass Elemente entlang der horizontalen Achse an dessen Startpunkt auszurichten sind. Dadurch sind alle Elemente der Liste linksbündig.

Zuerst kommt die Auflistung der abgeschlossenen Maßnahmen. Die Überschrift `"Abgeschlossen"` (Z. 37), soll einen Abstand von jeweils 16 Pixel in alle Richtungen haben. Das ermöglicht das Widget `Padding` (Z. 35-40) und das Argument `EdgeInsets.all(16.0)`. Nach der Überschrift erscheint als zweites Element in der `Column` ein weiterer `SingleChildScrollView` (Z. 41-57), allerdings dieses Mal mit horizontaler Scroll-Richtung (Z. 42). Sollten die Informationen der Maßnahmen die Breite des Fensters überschreiten, kann der Nutzer von links nach rechts scrollen.

Die Informationen der Maßnahmen werden in einer Tabelle angezeigt. Dies übernimmt das selbstgeschriebene „Widget“ `MassnahmenTable` (Z. 45). Als erstes Argument erfolgt die Übergabe der anzuzeigenden Maßnahmen aus dem Model. `storage.value.massnahmen` gibt den aktuellen Wert des Streams des `storage`-Objekts zurück und greift auf die Liste der Maßnahmen zu. Mit der Methode `where` (Z. 47) kann ein Filter auf die Liste angewendet werden. Die übergebene anonyme Funktion (Z. 47-49) überprüft, ob der letzte Status auf fertig gesetzt ist. Dazu reicht der Vergleich der Abkürzung. Nur wenn die Bedingung erfüllt ist, bleibt die Maßnahme in der gefilterten Kollektion zurück. Ein solcher Filter gibt ein sogenanntes „lazy“ `Iterable` zurück. Erst beim Zugriff auf das Ergebnis findet der Filter Anwendung. Doch es gibt keinen Zwischenspeicher für die gefilterten Elemente. Jeder Zugriff filtert die Elemente also neu. Der Aufruf `toSet` bewirkt allerdings das Speichern der Ergebnisse in einer Menge (Z. 50). Das Resultat erhält das Widget `MassnahmenTable` zur Anzeige.

Ein weiterer Parameter ist `onSelect` (Z. 50). Als Argument kann eine Funktion mit genau einem Parameter gesetzt werden. Sollte der Benutzer in der Tabelle eine Maßnahme auswählen, so löst er damit die Funktion aus. Der erste Parameter enthält dann die ausgewählte Maßnahme. Daraufhin soll sich wieder die Eingabemaske öffnen (Z. 55-56). Dann beinhalten die Eingabefehler jedoch die Werte der ausgewählten Maßnahme. Um das zu erreichen, reicht eine Zuweisung der Maßnahme an das ViewModel (Z. 51). Allerdings soll die Maßnahme zuvor ein neues letztes Bearbeitungsdatum mit dem aktuellen Zeitstempel erhalten (Z. 51-53).

Unterhalb der Rubrik der finalen Maßnahmen, listed die Übersicht die Maßnahmen, welche sich noch im Entwurf befinden (Z. 59-83). Daher ist das dritte Element der `Column` wiederum eine Überschrift: `"In Bearbeitung"` (Z. 62) gefolgt von einem weiteren horizontalen Scrollbereich (Z. 66-83) mit einer Tabelle von Maßnahmen (Z. 70-82). Der einzige Unterschied hier: die Bedingung der Filterfunktion. Dieses Mal filtert die Kollektion auf Maßnahmen in Bearbeitung (Z. 73-74).

```

30 return SingleChildScrollView(
31   child: Column(
32     crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,
33     children: [
34       const Padding(
35         padding: EdgeInsets.all(16.0),
36         child: Text(
37           "Abgeschlossen",
38           style: TextStyle(fontSize: 20),
39         ),
40     ),
41     SingleChildScrollView(
42       scrollDirection: Axis.horizontal,
43       child: Padding(
44         padding: const EdgeInsets.all(16.0),
45         child: MassnahmenTable(
46           model.storage.value.massnahmen
47             .where((m) =>
48               m.letzteBearbeitung.letzterStatus ==
49               LetzterStatus.fertig.abbreviation)
50             .toSet(), onSelect: (selectedMassnahme) {
51               vm.model = selectedMassnahme.rebuild((m) => m
52                 ..letzteBearbeitung.letztesBearbeitungsDatum =
53                 DateTime.now().toUtc());
54             },
55           Navigator.of(context)
56             .pushNamed(MassnahmenDetailScreen.routeName);
57         }),
58     ),
59     const Padding(
60       padding: EdgeInsets.all(16.0),
61       child: Text(
62         "In Bearbeitung",
63         style: TextStyle(fontSize: 20),
64       ),
65     ),
66     SingleChildScrollView(
67       scrollDirection: Axis.horizontal,
68       child: Padding(
69         padding: const EdgeInsets.all(16.0),
70         child: MassnahmenTable(
71           model.storage.value.massnahmen
72             .where((m) =>
73               m.letzteBearbeitung.letzterStatus ==
74               LetzterStatus.bearb.abbreviation)
75             .toSet(), onSelect: (selectedMassnahme) {
76               vm.model = selectedMassnahme.rebuild((m) => m
77                 ..letzteBearbeitung.letztesBearbeitungsDatum =
78                 DateTime.now().toUtc());
79             },
80           Navigator.of(context)
81             .pushNamed(MassnahmenDetailScreen.routeName);
82         }),
83     ),
84   ],
85 ),
86 );

```

Listing 35: Die Ausgabe der Maßnahmen, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/screens/massnahmen_master.dart](#)

4.11 Widget MassnahmenTable

Die `MassnahmenTable` ist ein `StatelessWidget` (Listing 36, Z. 6). Zur Anzeige eignet sich das Widget `Table` (Z. 15-31).

Im Verlauf der Erstellung der Arbeit, wurde versucht das Widget `DataTable` zu verwenden. Doch im Gegensatz zur `DataTable` erlaubt es die `Table`, unterschiedlich hohe Zeilen zu zeichnen. Die Höhe der Zeile wird dazu in Abhängigkeit von dem benötigten Inhalt der Zellen berechnet. Die Breite und Ausrichtung der Spalten kann konfiguriert werden. Die Eigenschaft `IntrinsicColumnWidth` sorgt dafür, dass die Spalten immer genau so groß sind, wie der Inhalt es benötigt (Z. 17). Zeilenumbrüche für die Texte in den Spalten sind somit nicht notwendig. `TableCellVerticalAlignment.middle` lässt die Tabelle die Inhalte zentriert darstellen (Z. 18).

Der Parameter `children` erhält als Argument eine Liste von `TableRow` Elementen (Z. 20-30). Die erste Tabellenzeile 20-23 beinhaltet die Spalten-Bezeichnungen. Jede `TableRow` hat wiederum den Parameter `children`. Das Argument bezieht sich hier auf die Zellen in der Zeile. Dabei ist wichtig, dass jede `TableRow` die gleiche Anzahl von Zellen hat. Weicht nur eine Zeile davon ab, zeichnet sich die gesamte Tabelle nicht und eine Ausnahme wird ausgelöst. Für die Spaltenbezeichnungen wurde eine Hilfsmethode kreiert: `_buildColumnHeader` (Z. 34-37). Sie zeichnet die Spalten mit einem Abstand von 8 Pixel in alle Richtungen.

Nach den Spaltenbezeichnungen folgen die Zeilen für die Daten der Maßnahmen (Z. 24-29). Die Methode `map` (Z. 24) ermöglicht es dazu durch die Liste der Maßnahmen zu iterieren und für jede Maßnahme ein Element eines völlig anderen Typs - in diesem Fall `TableRow` - zurückzugeben. Bei den vorangestellten Punkten `...` in Zeile 24 handelt sich um den spread operator. Die Filtermethode `map` und die darauffolgende Methode `toList` liefert eine Liste von `TableRow` Elementen. Die umgebende Liste der Zeilen `children` (Z. 19-30) erwartet jedoch Elemente des Typs `TableRow` und keine Elemente des Typs `List`. Der spread operator ermöglicht alle Elemente der inneren Liste in die äußere Liste einzufügen.⁴¹

Eine weitere Hilfsmethode `_buildSelectableCell` erstellt Zellen, die anklickbar sind (Z. 39-51). Das Widget `TableRowInkWell` (Z. 41-51) kann in Tabellen verwendet werden, um einen anklickbaren Bereich zu erstellen. Beim Anklicken breitet sich ausgehend von der Position des Klicks ein Tintenklecks aus. Dabei überschreitet der Tintenklecks nicht den Bereich, der von der umgebenden Zeile begrenzt ist. Bei auslösen des Ereignisses `onTap` erfolgt die Ausführung des Callbacks `onSelect` (Z. 44) mit der ausgewählten Maßnahme. Doch zuvor muss überprüft werden, ob der Callback auch initialisiert wurde (Z. 43). Wie hier zu sehen ist, reicht es nicht aus, abzufragen, ob `onSelect` gesetzt ist. Trotzdem erfolgt keine Typ-Beförderung zu einem Typen ohne Null-Zulässigkeit, denn es handelt sich um eine Instanzvariable. Deshalb muss der Suffix `!` gesetzt sein (Siehe Grundlagenkapitel 2.2.4 Typen mit Null-Zulässigkeit).

Bei `onSelect` handelt es sich um einen Callback. An diesem Beispiel kann das Inversion of Control Entwurfsmuster visualisiert werden. Abbildung 11 zeigt wie die Akteure zusammenarbeiten. Der `MassnahmenMasterScreen` verwendet die `MassnahmenTable`. Die Tabelle enthält ein Objekt namens `onSelect`. Dabei handelt es sich um einen Funktions-Objekt. Anstatt eine neue Klasse mit einer beinhaltenden Funktion zu deklarieren, kann das gleiche über eine Abkürzung erreicht werden: dem Schlüsselwort `typedef` (Z. 4). Hier erlaubt es eine Funktionssignatur als eigenen Typ zu deklarieren. Der `MassnahmenMasterScreen` wiederum instanziiert genauso so ein Funktions-Objekt als anonyme Funktion (Listing 35, Z. 75-82). Weil es der Signatur der Typdefinition von `OnSelectCallback` entspricht, kann es der Tabelle als Argument für den Parameter `onSelect` übergeben werden.

⁴¹Vgl. Google LLC, *Dart - Language tour - spread operator*.

```

4  typedef OnSelectCallback = void Function(Massnahme selectedMassnahme);
5
6  class MassnahmenTable extends StatelessWidget {
7    final Set<Massnahme> _massnahmenToDisplay;
8    final OnSelectCallback? onSelect;
9
10   const MassnahmenTable(this._massnahmenToDisplay, {this.onSelect, Key? key})
11     : super(key: key);
12
13   @override
14   Widget build(BuildContext context) {
15     return Table(
16       border: TableBorder.all(width: 3),
17       defaultColumnWidth: const IntrinsicColumnWidth(),
18       defaultVerticalAlignment: TableCellVerticalAlignment.middle,
19       children: [
20         TableRow(children: [
21           _buildColumnHeader(const Text("Zuletzt bearbeitet am")),
22           _buildColumnHeader(const Text("Maßnahmentitel")),
23         ]),
24         ..._massnahmenToDisplay.map((m) {
25           return TableRow(children: [
26             _buildSelectableCell(m, Text(m.letzteBearbeitung.formattedDate)),
27             _buildSelectableCell(m, Text(m.identifikatoren.massnahmenTitel)),
28           ]);
29         }).toList(),
30       ],
31     );
32   }
33
34   Widget _buildColumnHeader(Widget child) => Padding(
35     padding: const EdgeInsets.all(8.0),
36     child: child,
37   );
38
39   Widget _buildSelectableCell(Massnahme m, Widget child,
40     {double padding = 8.0}) =>
41     TableRowInkWell(
42       onTap: () {
43         if (onSelect != null) {
44           onSelect!(m);
45         }
46       },
47       child: Padding(
48         padding: EdgeInsets.all(padding),
49         child: child,
50       ),
51     );
52 }

```

Listing 36: Die Klasse MassnahmenTable, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/widgets/massnahmen_table.dart](#)

Das Inversion of Control Entwurfsmuster ist auch unter dem Namen „*hollywood pattern*“ bekannt, da es ähnlich wie die typische Antwort auf eine Bewerbung für einen Hollywood Film - don't call us, we'll call you - funktioniert.⁴²

Und genauso arbeiten der Übersichts-Bildschirm und die Tabelle zusammen. Der Übersichts-Bildschirm verwendet die Tabelle, welche nicht wissen muss, wofür sie eingesetzt wird. Sobald die Tabelle eine Selektion des Benutzers bemerkt, kommuniziert sie wieder mit dem Übersicht Bildschirm. Nun greift der Übersicht-Bildschirm über den Service Locator auf das ViewModel zu, um die selektierte Maßnahme zu übergeben.

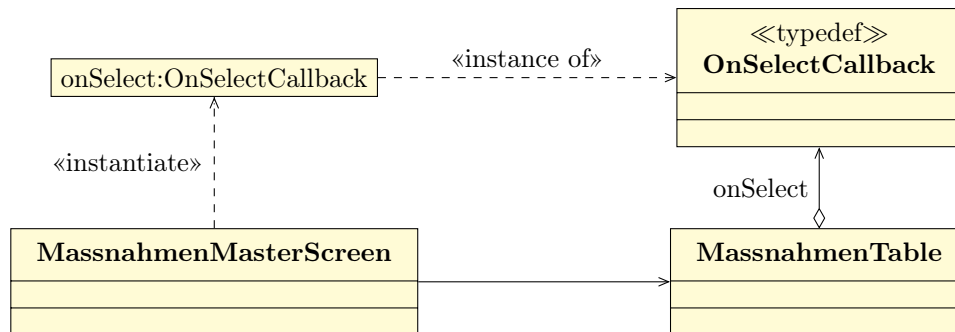


Abbildung 11: UML Diagramm, Quelle: Eigene Abbildung

4.12 Das View Model

Listing 37 zeigt das ViewModel. Im ersten Schritt enthält es nur drei Streams vom Typ `BehaviorSubject`. Eines für den letzten Status (Z. 6), eines für die „guid“ (Z. 8) und eines für den Titel der Maßnahme (Z. 10). Anhand dessen wird offensichtlich, warum ein ViewModel nötig ist. Die Daten, die in der Oberfläche angezeigt werden, sind Streams, die neue Werte annehmen können. Wann immer sich ein Wert ändert, löst der Stream ein neues Ereignis aus. Auf dieses Ereignis kann der View reagieren. Das Model bietet die Eigenschaften der Maßnahmen dagegen nicht als Stream an.

Weil sich ich Model und ViewModel in ihrer Struktur unterscheiden, gibt es zwei Methoden, die die Konvertierung in beide Richtungen vornehmen. Die Setter-Methode `model` (Z. 12-18) erhält ein Objekt des Wert des Typs `Massnahme` - das Format des Models. Die einzelnen Eigenschaften werden dann in das Format des ViewModels umgewandelt: in Streams. Darüber wird der Setter-Methode `value` von jedem `BehaviorSubject` der entsprechende Wert aus dem Model zugewiesen. Besonders ist auch, wie die Auswahloptionen sich im Model und ViewModel unterscheiden. Im ViewModel sind es abgeleitete Objekte der Basisklasse `Choice`, wie z.B. `LetzterStatus`. Im Gegensatz dazu speichert das Modell die Optionen lediglich über die Abkürzung als String ab. Mit Hilfe der Methode `fromAbbreviation` kann anhand der Abkürzung wieder das entsprechende Objekt wiedergefunden werden (Z. 16).

Die Getter-Methode dagegen konvertiert in das exakte Gegenteil. Die aktuellen Werte von jedem `BehaviorSubject` werden über die Getter-Methode `value` ausgelesen und anschließend der entsprechenden Eigenschaft des Objekts vom Werte-Typ `Massnahme` gespeichert. Die Auswahloption, die für den letzten Status hinterlegt wurde, wird dabei wiederum nur als Abkürzung eingetragen. Dementsprechend ist bloß die Eigenschaft `abbreviation` abzufragen (Z. 22).

Allerdings kann bei Auswahlfeldern auch keine Option gewählt sein. Die Getter-Methode `value` kann daher also auch `null` zurück geben. Der Compiler gibt einen Fehler aus, wenn

⁴²Vgl. Fowler, *InversionOfControl*.

versucht wird, auf `value` eine Operation auszuführen, sollte es sich um einen Typ mit Null-Zulässigkeit handeln. So ist es bei dem Aufruf von `abbreviation` der Fall (Z. 22). Der Fehler kann nur damit behoben werden, indem das Prefix `?` der Operation vorangestellt wird. In diesem Fall wird die Methode aufgerufen, sollte `value` nicht `null` sein. Ist `value` dagegen `null`, so wird die Operation nicht ausgeführt und der gesamte Ausdruck gibt direkt `null` zurück.

```
5 class MassnahmenFormViewModel {
6   final letzterStatus = BehaviorSubject<LetzterStatus?>.seeded(null);
7
8   final guid = BehaviorSubject<String?>.seeded(null);
9
10  final massnahmenTitel = BehaviorSubject<String>.seeded("");
11
12  set model(Massnahme model) {
13    guid.value = model.guid;
14
15    letzterStatus.value = letzterStatusChoices
16      .fromAbbreviation(model.letzteBearbeitung.letzterStatus);
17    massnahmenTitel.value = model.identifikatoren.massnahmenTitel;
18  }
19
20  Massnahme get model => Massnahme((b) => b
21    ..guid = guid.value
22    ..letzteBearbeitung.letzterStatus = letzterStatus.value?.abbreviation
23    ..letzteBearbeitung.letztesBearbeitungsDatum = DateTime.now().toUtc()
24    ..identifikatoren
25      .update((b) => b..massnahmenTitel = massnahmenTitel.value));
26 }
```

Listing 37: Die Klasse `MassnahmenFormViewModel`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_form_view_model.dart](#)

4.13 Eingabeformular

Das soeben erstellte ViewModel kann nun für die Eingabemaske verwendet werden. Listing 38 zeigt die grundlegende Struktur der Klasse `MassnahmenDetailScreen`.

Wiederum werden das ViewModel und das Model über das „*InheritedWidget*“ `AppState` abgerufen und in die jeweiligen lokalen Variablen gespeichert (Z. 16, 17). Nachfolgend werden zwei Hilfsfunktionen innerhalb der `build`-Methode deklariert. Solche sogenannten nested functions - deutsch verschachtelten Funktionen - sind im Dart erlaubt, was zu einer weiteren Besonderheit führt. Der Sichtbarkeitsbereich von Variablen ist in Dart lexikalisch. Die Bindung der Variablen ist also durch den umgebenden Quelltext bestimmt. Die lokalen Variablen `model` und `vm` sind also im gesamten Bereich sichtbar, der durch die öffnenden und schließenden geschweiften Klammern der Methode `build` aufgespannt wird (Z. 15-103). Damit sind sie auch innerhalb der beiden verschachtelten Funktionen verfügbar. Innerhalb der Funktionen kann auf `model` und `vm` zugegriffen werden, ohne sie über einen Parameter übergeben zu müssen.

Das erste Widget im Inhaltsbereich des Scaffold ist ein `WillPopScope`. Es erlaubt das Verlassen einer Route an eine Abhängigkeit zu knüpfen. Bei dem Eingabeformular handelt es sich um eine Unterseite. Dadurch erscheint in der `AppBar` (Z. 47-48) links von der Überschrift ein Button, der ermöglicht, zur letzten Ansicht zurück zu navigieren (Abb. 8). Dabei stellt sich jedoch die Frage, was mit der bis zu diesem Zeitpunkt eingetragenen Maßnahme passieren soll. Für die Formular-Anwendung soll in diesem Fall die Maßnahme im aktuellen Zustand abgespeichert werden. Dazu wird dem Parameter `onWillPop` als Argument die Funktion `saveRecord`.

Anders als im Übersicht-Bildschirm erhält das `Scaffold` kein Argument für den Parameter `floatingActionButton`. Der Hintergrund dafür ist, dass auf diesem Bildschirm in den nächsten Schritten nicht nur ein, sondern zwei solcher Buttons zur Verfügung stehen sollen. Daher muss der Button `manual` angelegt werden. Das ist nur mit Hilfe eines `Stack`-Widgets möglich, welcher als Kind des `WillPopScope` eingetragen ist. Ein `Stack` erlaubt es mehrere Ebenen in der Tiefe anzulegen. Das unterste Element soll die Auflistung der Eingabefelder sein. Der `SingleChildScrollView` (Z. 54-79) bietet einen vertikalen Scrollbereich an, in dem die Eingabefelder in einer `Column` (Z. 58-76) untereinander aufgelistet sind. Die Ebene, die über den Eingabefeldern eingeblendet wird, soll die beiden Aktions-Buttons zeichnen. Das Widget `Align` erlaubt in dieser Ebene festzulegen, wo die Elemente angeordnet sein sollen (Z. 80-99). Wie für den `FloatingActionButton` üblich wurde die untere rechte Bildschirm-Ecke gewählt (Z. 81). Die Buttons sollen in Zukunft übereinander angeordnet sein, weshalb ein `Column`-Widget zum Einsatz kommt. Zum ersten Mal taucht der Parameter `mainAxisSize` auf. Mit dem Argument `MainAxisSize.min` nimmt die `Column` in der Höhe nur so viel Platz ein, wie durch die Kindelemente notwendig. Als bisher einziges Element in der `Column` taucht nun der `FloatingActionButton` auf (Z. 87-95), der die aktuell eingetragenen Daten abspeichern (Z. 92) und zur Übersicht zurückkehren soll (Z. 93). Wenn der Nutzer den Mauszeiger über diesen Button bewegt, wird ein Tooltip angezeigt: "Validiere und speichere Massnahme" (Z. 88). Der Tooltip ist als Konstante angelegt (Z. 7). Das hat vor allem den Grund, dass er auch für den folgenden Integrationstest genutzt wird. Elemente können darin über einen beinhaltenden Text oder Tooltip gefunden werden.

```

7  const saveMassnahmeTooltip = "Validiere und speichere Massnahme";
8
9  class MassnahmenDetailScreen extends StatelessWidget {
10   static const routeName = '/massnahmen-detail';
11
12   const MassnahmenDetailScreen({Key? key}) : super(key: key);
13
14   @override
15   Widget build(BuildContext context) {
16     final vm = AppState.of(context).viewModel;
17     final model = AppState.of(context).model;
18
19     Future<bool> saveRecord() {
...     // ...
28   }
29
30   Widget createMassnahmenTitelTextFormField() {
...     // ...
44   }
45
46   return Scaffold(
47     appBar: AppBar(
48       title: const Text('Maßnahmen Detail'),
49     ),
50     body: WillPopScope(
51       onWillPop: () => saveRecord(),
52       child: Stack(
53         children: [
54           SingleChildScrollView(
55             child: Center(
56               child: Padding(
57                 padding: const EdgeInsets.all(8.0),
58                 child: Column(
...                   // ...
76                 ),
77               ),
78             ),
79           ),
80           Align(
81             alignment: Alignment.bottomRight,
82             child: Padding(
83               padding: const EdgeInsets.all(16.0),
84               child: Column(
85                 mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.min,
86                 children: [
87                   FloatingActionButton(
88                     tooltip: saveMassnahmeTooltip,
89                     heroTag: 'save_floating_action_button',
90                     child: const Icon(Icons.check, color: Colors.white),
91                     onPressed: () {
92                       saveRecord();
93                       Navigator.of(context).pop();
94                     },
95                   ),
96                 ],
97               ),
98             ),
99           ),
100         ],
101       ),
102     ));
103   }
104 }

```

Listing 38: Die Struktur des Bildschirms MassnahmenDetailScreen, Quelle: Eigenes Listing, Datei: Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart

4.13.1 Ausgabe der Formularfelder

Listing 39 zeigt die Ausgabe der Formularfelder in einer Column 58. Das Auswahlfeld für den letzten Status verwendet ein selbstgeschriebenes Widget namens `SelectionCard` (Z. 61-72). Da die Menge der Auswahloptionen auch den Namen der Liste enthält, kann er als Titel der Selektionskarte verwendet werden (Z. 62). In diesem Fall ist das der Text „Status“. Die Auswahloptionen, welche der Auswahlbildschirm anzeigen soll, sind dem Parameter `allChoices` hinterlegt 63.

Die Selektionskarte soll ihren eigenen Zustand pflegen. Sie erhält dazu lediglich den initialen Wert, der aktuellen im ViewModel gespeichert ist. Bei allen Änderungen, die innerhalb der Selektionskarte erfolgen, sollen die gleichen Änderungen auch im ViewModel nachgepflegt werden. Sollte also der Wert des letzten Status im ViewModel verfügbar sein (Z. 65), so wird er als Startwert dem Parameter `initialValue` (Z. 64-67) übergeben. Dabei ist zu beachten, dass das Argument eine Menge ist. Sie wird mit den öffnenden und schließenden geschweiften Klammern erstellt. Das `collection-if` wird hier verwendet, um genau ein Element diesem `Set`-Literal hinzuzufügen, sollte es nicht `null` sein. Ist das Element allerdings `null`, so bleibt das `Set`-Literal einfach leer. Für mehr Informationen zum `Set`-Literal und dem `collection-if` siehe [Kapitel einfügen](#).

Wenn der Benutzer einer Auswahloptionen selektiert, so wird die dementsprechende anonyme Funktion aufgerufen. Sie ist für den Parameter `onSelect` hinterlegt, (Z. 68-69). Das gleiche gilt für Auswahloptionen, welche deselektiert werden (Z. 70-71). Das Auswahlfeld erlaubt nur einen Wert. Deshalb reicht es aus, den Wert bei Selektion zu ersetzen und ihn bei Deselektion zu leeren, also ihn auf `null` zu setzen.

```
58 child: Column(  
59   crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,  
60   children: [  
61     SelectionCard<LetzterStatus>(  
62       title: letzterStatusChoices.name,  
63       allChoices: letzterStatusChoices,  
64       initialValue: {  
65         if (vm.letzterStatus.value != null)  
66           vm.letzterStatus.value!  
67       },  
68       onSelect: (selectedChoice) =>  
69         vm.letzterStatus.value = selectedChoice,  
70       onDeselect: (selectedChoice) =>  
71         vm.letzterStatus.value = null,  
72     ),  
73     createMassnahmenTitelTextFormField(),  
74     const SizedBox(height: 64)  
75   ],  
76 ),
```

Listing 39: Die Ausgabe der Formularfelder, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

4.13.2 Eingabefeld für den Maßnahmentitel

Unterhalb der ersten Selektionskarte soll das Eingabefeld für den Maßnahmentitel erscheinen (Z. 73). Listing 40 zeigt die Implementierung der verschachtelten Funktion zum Zeichnen dieses Eingabefeldes. Es handelt sich um das Widget `TextFormField` (Z. 34-41).

Hier wird klar, wovon die Selektionskarte inspiriert ist. Denn auch das `TextFormField` erhält einen initialen Wert über den Parameter `initialValue`. Sobald sich der Wert des Formular-

```

30 Widget createMassnahmenTitelTextFormField() {
31   return Card(
32     child: Padding(
33       padding: const EdgeInsets.all(16.0),
34       child: TextFormField(
35         initialValue: vm.massnahmenTitel.value,
36         decoration: const InputDecoration(
37           hintText: 'Maßnahmentitel', labelText: 'Maßnahmentitel'),
38         onChanged: (value) {
39           vm.massnahmenTitel.value = value;
40         },
41       ),
42     ),
43   );
44 }

```

Listing 40: Die Funktion `createMassnahmenTitelTextFormField`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

feld das ändert, kann der neue Wert im ViewModel über die anonyme Funktion aktualisiert werden, welche dem Parameter `onChanged` übergeben wurde.

4.13.3 Speicher-Routine

Die Funktion die dem Parameter `onWillPop` des `WillPopScope` übergeben wurde, ist in Listing 41 zu sehen. Die Voraussetzung für diese Funktion ist, dass ihr Rückgabotyp ein `Future<bool>` ist. Das erlaubt der Methode asynchron zu sein. Der `Future`, der von der Funktion zurückgegeben werden soll, muss in der Zukunft den Wert `true` zurückgeben, wenn den Navigator erlaubt werden soll, zurück zu navigieren. Da die Implementierung der Methode allerdings nicht asynchron ist, soll der Wahrheitswert direkt zurückgegeben werden. Mit dem benannten Konstruktor `value` der Klasse `Future` ist es möglich, genau das zu tun 27. Der Wahrheitswert ist damit in einem `Future`-Objekt gekapselt und steht ohne Verzögerung zur Verfügung. Aktuell soll die Maßnahme lediglich abgespeichert werden (Z. 25), da noch keine Validierung erfolgt.

Der Benutzer erhält noch eine Mitteilung, dass die Maßnahme erstellt wurde. Das aktuelle `Scaffold`-Objekt kann über `ScaffoldMessenger.of` adressiert werden (Z. 20). Sollte bereits eine Mitteilung vorliegen, wird diese wieder versteckt, um Platz für die neue zu machen (Z. 21). Anschließend wird eine sogenannte `SnackBar` mit dem entsprechenden Text angezeigt (Z. 22-23).

```

19 Future<bool> saveRecord() {
20   ScaffoldMessenger.of(context)
21     ..hideCurrentSnackBar()
22     ..showSnackBar(
23       const SnackBar(content: Text('Massnahme wird gespeichert ...')));
24
25   model.putMassnahmeIfAbsent(vm.model);
26
27   return Future.value(true);
28 }

```

Listing 41: Die Funktion `saveRecordAndGoBackToOverviewScreen`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

4.14 Widget SelectionCard

Das Listing 42 zeigt die Struktur des Widgets SelectionCard. Die Klasse hat einen generischen Typparameter (Z. 15). `<ChoiceType extends Choice>` bedeutet, dass die SelectionCard nur für Typen verwendet werden kann, die von `Choice` erben. Das ist eine wichtige Voraussetzung, da auf den übergebenen Werten Operationen ausgeführt werden sollen, die nur `Choice` unterstützt. Alle Parameter, die dem Konstrukt übergeben werden, leiten ebenso von diesen Typparameter ab. Einzige Ausnahme dabei ist der `title` 16.

```
7 typedef OnSelect<ChoiceType extends Choice> = void Function(  
8     ChoiceType selectedChoice);  
9  
10 typedef OnDeselect<ChoiceType extends Choice> = void Function(  
11     ChoiceType selectedChoice);  
12  
13 const confirmButtonTooltip = 'Auswahl übernehmen';  
14  
15 class SelectionCard<ChoiceType extends Choice> extends StatelessWidget {  
16     final String title;  
17     final BehaviorSubject<BuiltSet<ChoiceType>> selectionViewModel;  
18     final Choices<ChoiceType> allChoices;  
19     final OnSelect<ChoiceType> onSelect;  
20     final OnDeselect<ChoiceType> onDeselect;  
21  
22     SelectionCard(  
23         {required this.title,  
24         required Iterable<ChoiceType> initialValue,  
25         required this.allChoices,  
26         required this.onSelect,  
27         required this.onDeselect,  
28         Key? key})  
29         : selectionViewModel = BehaviorSubject<BuiltSet<ChoiceType>>.seeded(  
30             BuiltSet.from(initialValue)),  
31         super(key: key);
```

Listing 42: Die Klasse SelectionCard, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/widgets/selection_card.dart](#)

Mit dem Stream `selectionViewModel` verwaltet die `SelectionCard` ihren eigenen Zustand. Der Stream ist mit dem generischen Typen `BuiltSet<ChoiceType>` konfiguriert. Das macht es unmöglich, den aktuell hinterlegten Wert anzupassen, ohne das Gesamtobjekt auszutauschen. Der Tausch des Objekts wiederum bewirkt, dass ein Ereignis über den Stream ausgelöst wird. Über dieses Ereignis zeichnet die SelectionCard Teile seiner Oberfläche neu. Allerdings erhält der Konstruktor kein Argument des Typs `BehaviorSubject` sondern stattdessen vom `Iterable<ChoiceType>` (Z. 24). Damit wird der Benutzer nicht darauf eingeschränkt, einen Stream zu übergeben. Er kann auch eine gewöhnliche Liste oder Menge setzen. Die Umwandlung der ankommenden Kollektion erfolgt in der Initialisierungsliste 29-30. Nur so ist es möglich, die Instanzvariable mit `final` als unveränderbar zu kennzeichnen. Initialisierungen solcher Variablen müssen im statischen Kontext der Objekterstellung geschehen. Der Konstruktor-Körper gehört dagegen nicht mehr zur statischen Teil. Im Konstruktor-Körper können Operationen der Instanz verwendet werden, denn das Objekt existiert bereits. Der Versuch eine mit `final` gekennzeichnete Instanzvariable im Konstruktor-Körper zu setzen, führt zu einem Compilerfehler in Dart. Der Konstruktor `seeded` des `BehaviorSubject` wird mit einem `BuiltSet` gefüllt (Z. 29). Dieses wiederum wird mit dem benannten Konstruktor `from` von `BuiltSet` mit der Kollektion aufgerufen (Z. 30). Er wandelt die Liste in eine unveränderbare Menge um. Die Liste aller Auswahloptionen `allChoices` (Z. 18) gewährleistet über den generischen Typ-Parameter, dass nicht aus versehen Auswahloptionen übergeben werden, die nicht zum Typ der `SelectionCard` passen. Die Rückruf-Funktionen (Z. 19, 20) die bei Selektion und Deselektion von Optionen ausgelöst

werden, bieten einen besonderen Vorteil, dadurch, dass sie mit dem generischen Typen konfiguriert sind. Die Signaturen der Rückruf-Funktionen (Z. 7-8, 10-11) geben nämlich vor, dass der erste Parameter vom Typen `ChoiceType` sein muss. Wenn nun der Benutzer der `SelectionCard` einen Typ wie etwa `LetzterStatus` für den Typparameter übergibt, so erhält er auch eine Rückruffunktion, dessen erster Parameter vom Typ `LetzterStatus` ist. Ohne eine Typumwandlung - englisch type casting - von (Z. Choice) in `LetzterStatus`, können Operationen auf das Objekt angewendet werden, die nur `LetzterStatus` unterstützt.

Das erste Element, welches von der `build`-Methode zurückgeben wird, ist ein `StreamBuilder` (Listing 43, Z. 47). Er horcht auf das `selectionViewModel` (Z. 48). Sobald also eine Selektion getätigt wurde, aktualisiert sich auch die dazugehörige Karte. Das Aussehen einer Karte wird durch das Widget `Card` erreicht (Z. 51). Dadurch erhält es abgerundete Ecken und einen Schlagschatten, der es vom Hintergrund abgrenzt. Ein `ListTile` Widget erlaubt es dann, den übergebenen `title` als Überschrift zu setzen (Z. 54) und die aktuell ausgewählten Selektionen als Untertitel anzuzeigen (Z. 56). Zu diesem Zweck wandelt die Methode `map` alle Elemente von `selectedChoices` in `String`-Objekte um, indem es von dem `Choice`-Objekt lediglich den Beschreibungstext `description` verwendet. Anschließend sammelt der Befehl `join` die resultierende `String`-Objekte ein, formt sie in einen gemeinsamen `String` zusammen und trennt sie darin jeweils mit einem `", "` voneinander.

```
34 Widget build(BuildContext context) {
35   final focusNode = FocusNode();
36
37   navigateToSelectionScreen() async {
38     focusNode.requestFocus();
39
40     Navigator.push(
41       context,
42       MaterialPageRoute(
43         builder: (context) =>
44           createMultipleChoiceSelectionScreen(context)));
45   }
46
47   return StreamBuilder(
48     stream: selectionViewModel,
49     builder: (context, snapshot) {
50       final selectedChoices = selectionViewModel.value;
51       return Card(
52         child: ListTile(
53           focusNode: focusNode,
54           title: Text(title),
55           subtitle:
56             Text(selectedChoices.map((c) => c.description).join(", ")),
57           trailing: const Icon(Icons.edit),
58           onTap: navigateToSelectionScreen,
59         ),
60       );
61     });
62 }
```

Listing 43: Die Build Methode der `SelectionCard`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/widgets/selection_card.dart](#)

Das `ListTile` erhält ein `FocusNode`-Objekt (Z. 53), damit der Benutzer beim Zurücknavigieren von der Unterseite im Formular wieder in der gleichen vertikalen Position der Karte landet, die er zuvor ausgewählt hat. Der Benutzer würde ansonsten in Formular wieder an der obersten Position herauskommen. Der `FocusNode` wird einmal zu Anfang der `build`-Methode erstellt (Z. 35). Damit ist er außerhalb des `StreamBuilder` und bleibt somit beim Neuzeichnen der Karte erhalten.

Klickt der Benutzer die Karte an, navigiert er schließlich zur Unterseite, wo er die Auswahlmöglichkeiten präsentiert bekommt. Die verschachtelte Funktion `navigateToSelectionScreen` kommt dafür zum Einsatz (Z. 37-45). Da das Wechseln zu Unterseite bevorsteht, fordert der `focusNode` den Fokus für das angeklickte `ListTile` an (Z. 38). Schließlich navigiert der Benutzer mit `Navigator.push` zur Unterseite. Es handelt sich um den Auswahlbildschirm, auf dem der Benutzer die gewünschte Option anwählen kann. Die Besonderheit dieses Mal: die Route ist nicht als Widget deklariert und wird nicht über einen Namen aufgerufen, so wie es bei dem Übersichtsbildschirm und der Eingabemaske war. Stattdessen baut eine Funktion bei jedem Aufruf die Seite neu gebaut. Das dynamische Bauen der Seite hat einen besonderen Vorteil, der am Listing 44 erklärt wird.

4.14.1 Bildschirm für die Auswahl der Optionen

Die Funktion `createMultipleChoiceSelectionScreen` (Listing 44) gibt einen `Scaffold` zurück, der die gesamte Seite enthält (Z. 65). Das erste Kind des `Scaffold` ist wiederum ein `StreamBuilder` (Z. 69). Hier wird der Vorteil der dynamischen Erzeugung der Seite offensichtlich: die Unterseite kann das gleiche ViewModel wiederverwenden, welches auch von der `SelectionCard` genutzt wird. Auch alle weiteren Instanzvariablen der `SelectionCard` können wiederverwendet werden. Würde es sich stattdessen um eine weitere Route handeln, so müssten alle diese Informationen über den Navigator zur neuen Unterseite übergeben werden. Sollte der Nutzer die Auswahl beenden, so müsste auch ein Mechanismus für das Zurückgeben der selektierten Daten implementiert werden. Dadurch, dass die `SelectionCard` und der Auswahlbildschirm sich das gleiche ViewModel teilen, kann sogar ein weiterer Vorteil in Zukunft genutzt werden: in einem zweispaltigen Layout könnte auf der linken Seite die Eingabemaske und auf der rechten Seite der Bildschirm der Auswahlmöglichkeiten eingeblendet werden. Sobald sich Auswahlmöglichkeiten im rechten Auswahl Bildschirm verändern, so würden sich die Änderungen auf der linken Seite für den Benutzer direkt widerspiegeln.

Innerhalb des `StreamBuilder` werden die Auswahlmöglichkeiten gebaut. Dazu speichert die lokale Variable `selectedChoices` die aktuellen Selektionen des Streams zunächst zwischen (Z. 72). Die Optionen werden in einem `ListView` präsentiert (Z. 73). Er ermöglicht es, Listen-Elemente in einem vertikalen Scrollbereich darzustellen. Die Funktion `map` konvertiert alle Objekte in der Liste aller möglichen Optionen `choices` in Elemente des Typs `CheckboxListTile` (Z. 74-98). In der Standard-Variante sind die Checkboxes rechtsbündig. Der Parameter `controlAffinity` kann genutzt werden, um dieses Verhalten zu überschreiben (Z. 80).

Das `CheckboxListTile` erhält einen Titel, der aus dem Beschreibungstext `description` des `Choice`-Objekts gebildet wird (Z. 81). Ob eine Option aktuell bereits ausgewählt ist, kann mit dem Parameter `value` übertragen werden (Z. 82). Sollte sich die Selektion ändern, erfolgt die Mitteilung über die Rückruffunktion `onChanged` (Z. 83-94). Der erste Parameter der anonymen Funktion gibt dabei die ausgewählte Selektion an. Eine Fallunterscheidung überprüft zunächst, ob der Parameter `selected` nicht `null` ist, denn sein Parametertyp `bool?` lässt Null-Werte zu. Durch die Typ-Beförderung ist `selected` innerhalb des Körpers der Fallunterscheidung dann vom Typ `bool` (Z. 84-94).

Darin wird zunächst der Zustand des ViewModels der `SelectionCard` aktualisiert. Die `replace`-Methode des „*Builder*“-Objekts kann die gesamte Kollektion im `BuiltSet` austauschen, ungeachtet dessen, dass es sich beim Argument selbst nicht um ein `BuiltSet` handelt. Die `replace`-Methode wandelt das Argument dafür automatisch um. Durch Zuweisung des neuen Wertes erhält das ViewModel der `SelectionCard` ein neues Ereignis. Damit wird die `SelectionCard` und der dazugehörige Auswahlbildschirm aktualisiert. Während der Erstellung dieser Arbeit wurde versucht, die `SelectionCard` als ein `StatefulWidget` zu

erstellen. Mittels `setState` sollte dafür gesorgt werden, dass sowohl `SelectionCard` als auch der Auswahlbildschirm aktualisiert werden. Doch bei diesem Vorgehen zeichnet sich nur die `SelectionCard` neu. Der Auswahlbildschirm bleibt unverändert, denn er wird zwar von der `SelectionCard` gebaut, doch ist er nicht tatsächlich Kind der `SelectionCard`. In Wahrheit ist der Auswahlbildschirm ein Kind von `MaterialApp` - genau wie `MassnahmenMasterScreen` und `MassnahmenDetailScreen`.

Neben dem ViewModel der `SelectionCard` muss jedoch auch das ViewModel der Eingabemaske aktualisiert werden. Mit den Rückruffunktionen `onSelect` (Z. 90) und `onDeselect` (Z. 92) hat die aufrufende Ansicht die Möglichkeit, auf Selektionen zu reagieren.

Schließlich ist noch der `FloatingActionButton` Teil der Unterseite (Z. 99-103). Mit einem Klick darauf gelangt der Benutzer zurück zur Eingabemaske (Z. 100).

```
64 Widget createMultipleChoiceSelectionScreen(BuildContext context) {
65   return Scaffold(
66     appBar: AppBar(
67       title: Text(title),
68     ),
69     body: StreamBuilder(
70       stream: selectionViewModel,
71       builder: (context, snapshot) {
72         final selectedChoices = selectionViewModel.value;
73         return ListView(children: [
74           ...allChoices.map((ChoiceType c) {
75             bool isSelected = selectedChoices.contains(c);
76
77             return CheckboxListTile(
78               key: Key(
79                 "valid choice ${allChoices.name} - ${c.abbreviation}"),
80               controlAffinity: ListTileControlAffinity.leading,
81               title: Text(c.description),
82               value: isSelected,
83               onChanged: (selected) {
84                 if (selected != null) {
85                   selectionViewModel.value =
86                     selectionViewModel.value.rebuild((b) {
87                       b.replace(isSelected ? [] : [c]);
88                     });
89                 if (selected) {
90                   onSelect(c);
91                 } else {
92                   onDeselect(c);
93                 }
94               }
95             });
96           }).toList(),
97         ]);
98     },
99     floatingActionButton: FloatingActionButton(
100       onPressed: () => Navigator.of(context).pop(),
101       tooltip: confirmButtonTooltip,
102       child: const Icon(Icons.check),
103     ),
104   );
105 }
106 }
```

Listing 44: Die Funktion `createMultipleChoiceSelectionScreen`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/lib/widgets/selection_card.dart](#)

4.15 Integrations-Test zum Test der Oberfläche

Ein automatisierter Integrationstest soll verifizieren, dass die Oberfläche wie vorgesehen funktioniert. Der Integrationstest simuliert einen Benutzer, der die Applikation verwendet, um eine Maßnahme einzutragen. Bei Abschluss des Tests soll überprüft werden, ob die eingegebenen Daten mit den Inhalten der JSON-Datei übereinstimmen.

Flutter erlaubt über einen eigenen Testtreiber solche Integrationstest durchzuführen. Dabei wird die Applikation zur Ausführung gebracht, und jeder Schritt so visualisiert, wie es bei der Ausführung der realen Applikation der Fall wäre. Der Entwickler hat damit die Möglichkeit, die Eingaben und Interaktionen zu beobachten und gegebenenfalls zu bemerken, warum ein Testfall nicht korrekt ausgeführt wird.

Das Ergebnis des Integrationstests soll allerdings nicht mit der tatsächlich geschriebenen JSON-Datei überprüft werden. Der Test soll nicht tatsächlich Daten auf der Festplatte speichern. Das würde die Gefahr bergen, das vergangene Eingaben manipuliert werden. Stattdessen soll der Test in einer Umgebung stattfinden, die keine Auswirkung auf die Haupt-Applikation oder zukünftige Tests haben soll. Zu diesem Zweck können sogenannte Mocks genutzt werden. Das Paket „*mockito*“ erlaubt über Annotationen solche Mocks für die gewünschten Klassen über Quellcode-Generierung zu erstellen.

Integrationstests werden im Ordner `integration_test` angelegt. Während des Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit war es in der Standardkonfiguration der Quellcode-Generierung und dem Paket „*mockito*“ nicht möglich, Mocks auch im `integration_test` Ordner zu generieren. Lediglich innerhalb des `test` Ordners, der für die Unit-Tests vorgesehen ist, hat die Annotation `generate mocks` funktioniert. Zu diesem Fehlverhalten existiert ein entsprechendes Issue im GitHub Repository des Mockito packages. [Ref](#) Um das Generieren von Mocks auch für Integrationstest verfügbar zu machen, hat der Autor dieser Arbeit einen entsprechenden Lösungsansatz recherchieren und im Issue beschrieben. [Ref](#)

Damit der `integration_test` Ordner für die Quellcode-Generierung der Mocks integriert wird, muss ein entsprechender Eintrag in der Build-Konfiguration vorgenommen werden. Damit das Paket „*source_gen*“ die entsprechenden Dateien analysiert, müssen sie in der Rubrik `sources` angegeben werden (Listing 46, Z. 3-8). Wird der Ordner `integration_test` darin eingefügt (Z. 8), bezieht „*source_gen*“ den Ordner in der Quellcode-Generierung mit ein. Zusätzlich dazu muss die Rubrik `generate_for` von dem `mockBuilder` des „*mockito*“-Pakets (Z. 11-13) um die gleiche Angabe des Ordners ergänzt werden (Z. 13).

```
1 targets:
2   $default:
3     sources:
4       - $package$
5       - lib/$lib$
6       - lib/**/*.dart
7       - test/**/*.dart
8       - integration_test/**/*.dart
9     builders:
10      mockito|mockBuilder:
11        generate_for:
12          - test/**/*.dart
13          - integration_test/**/*.dart
```

Listing 45: Initialisierung des Integrations Tests, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/build.yaml](#)

Anschließend kann mit der Annotation `and generate mocks` (Listing 46, Z. 20) ein Mock für `MassnahmenJsonFile` angefordert werden. In der Kommandozeile ist `flutter pub run build_runner build` einzugeben, damit der entsprechende Quellcode generiert wird. Mit dem Mock kann der In-

egrationstest ausgeführt werden, ohne dass befürchtet werden muss, dass die JSON-Datei tatsächlich beschrieben wird. Stattdessen kann darauf gehorcht werden, wenn Operationen auf dem Objekt ausgeführt werden.

```
18 const durationAfterEachStep = Duration(milliseconds: 1);
19
20 @GenerateMocks([MassnahmenJsonFile])
21 void main() {
22   testWidgets('Can fill the form and save the correct json', (tester) async {
23     final binding = IntegrationTestWidgetsFlutterBinding.ensureInitialized()
24       as IntegrationTestWidgetsFlutterBinding;
25     binding.framePolicy = LiveTestWidgetsFlutterBindingFramePolicy.fullyLive;
26
27     final massnahmenJsonFileMock = MockMassnahmenJsonFile();
28     when(massnahmenJsonFileMock.readMassnahmen()).thenAnswer((_) async => {});
```

Listing 46: Initialisierung des Integrations Tests, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/integration_test/app_test.dart](#)

Die Funktion `testWidgets` startet den Test und erhält als ersten Parameter das `tester`-Objekt (Z. 22). Darüber ist die Interaktion mit der Oberfläche während des Tests möglich. In den Zeilen 22 bis 25 wird der Testtreiber initialisiert. **Ref**. Anschließend wird ein Objekt der generierten Klasse `MockMassnahmenJsonFile` erstellt. Wenn das Model nun während der Applikation versucht, aus der JSON-Datei zu lesen, soll der Mock eine leere Liste von Maßnahmen zurückgeben (Z. 28). Dazu wird die entsprechende Methode `when` verwendet. Als erster Parameter wird die Methode `readMassnahmen` des Mocks übergeben. Im darauffolgenden Aufruf `thenAnswer` kann angegeben werden, welche Rückgabe die Methode liefern soll.

Über den `tester` kann mit Hilfe der Methode `pumpWidget` ein beliebiges Widget in der Test-Ausführung konstruiert werden. In diesem Fall ist es die gesamte Applikation, die getestet werden soll. Dementsprechend ist hier erneut der komplette Haupteinstiegspunkt angegeben (Listing 47). Doch der Konstruktor von (Z. `MassnahmenModel`) erhält dieses Mal nicht das `MassnahmenJsonFile`, sondern den entsprechenden Mock (Z. 31).

```
30 await tester.pumpWidget(AppState(
31   model: MassnahmenModel(massnahmenJsonFileMock),
32   viewModel: MassnahmenFormViewModel(),
33   child: MaterialApp(
34     title: 'Maßnahmen',
35     theme: ThemeData(
36       primarySwatch: Colors.lightGreen,
37       accentColor: Colors.green,
38       primaryIconTheme: const IconThemeData(color: Colors.white),
39     ),
40     initialRoute: MassnahmenMasterScreen.routeName,
41     routes: {
42       MassnahmenMasterScreen.routeName: (context) =>
43         const MassnahmenMasterScreen(),
44       MassnahmenDetailScreen.routeName: (context) =>
45         const MassnahmenDetailScreen()
46     },
47   ));
```

Listing 47: Initialisierung des Widgets für den Integrations Tests, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/integration_test/app_test.dart](#)

Weil während des Integrationstest immer wieder die gleichen Operationen wie das Selektieren einer Selektions-Karte, das Auswählen einer Option, das Anklicken des Buttons zum Akzeptieren der Auswahl und das Füllen eines Eingabefeldes auftauchen, wurden entspre-

chende Hilfsfunktionen erstellt.

Der Funktion `tabSelectionCard` (Listing 49) benötigt lediglich die Liste der Auswahloptionen `choices`, die ihr hinterlegt ist.

```
49 Future<void> tabSelectionCard(Choices choices) async {  
50   final Finder textLabel = find.text(choices.name);  
51   expect(textLabel, findsWidgets);  
52  
53   final card = find.ancestor(of: textLabel, matching: find.byType(Card));  
54   expect(card, findsOneWidget);  
55  
56   await tester.ensureVisible(card);  
57   await tester.tap(card);  
58   await tester.pumpAndSettle(durationAfterEachStep);  
59 }
```

Listing 48: Die Hilfsmethode `tabSelectionCard`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/integration_test/app_test.dart](#)

Um Objekte während des Testens in Oberfläche zu finden, stellt die Klasse `Finder` nützliche Funktionalitäten zur Verfügung. `Finder`-Objekte können über Fabrikmethoden des Objekts `find` abgerufen werden.

Fabrikmethoden Bei der Fabrikmethode handelt es sich um ein klassenbasiertes Erzeugungsmuster. Anstatt ein Objekt einer Klasse direkt über einen Konstruktor zu erstellen, erlaubt ein Erzeuger das Objekt zu konstruieren. Dabei entscheidet der Erzeuger darüber, welche Implementierung der Klasse zurückgegeben wird. Der aufrufende Kontext muss die konkrete Klasse dazu nicht kennen.⁴³ Er arbeitet lediglich mit der Schnittstelle. In diesem Fall ist `find` dieser Erzeuger. Über die Fabrikmethode `text` wird ein `_TextFinder` konstruiert, jedoch über die Schnittstelle `Finder` zurückgegeben. Eine weitere Fabrikmethode ist `ancestor`. Sie gibt einen `_AncestorFinder` zurück, welcher ebenso hinter der Schnittstelle `Finder` versteckt wird. **Ref.** Die Fabrikmethoden werden hier deshalb verwendet, weil sie die Lesbarkeit verbessern. Anstatt `Finder titel = new _TextFinder("Maßnahmentitel")` ist `Finder titel = find.text("Maßnahmentitel")` deutlich leichter zu erfassen.

Um die Selektions-Karten zu finden, wird lediglich der Titel- Text benötigt. Angenommen der Test ruft `tabSelectionCard` mit dem Argument `letzterStatusChoices` auf, so entspricht `choices.name` dem String `"Status"`. Der Ausdruck `find.text("Status")` lokalisiert den Titel innerhalb der Selektions-Karte (Z. 50).

Die Funktion `expect` erwartet als ersten Parameter einen `Finder` und als zweiten einen sogenannten „*Matcher*“ (Z. 51). Der Aufruf von `expect` mit dem entsprechenden `Finder`-Objekt und dem *Matcher* `findsWidgets` verifiziert, dass mindestens ein entsprechendes Text Element gefunden wurde.

Wurde das Text-Element gefunden, so muss noch den Vater gesucht werden, der vom Typ `Card` ist (Z. 53). Das kann mit `find.ancestor` erfolgen. Über den Parameter `of` erhält er den `Finder` des Kind-Elements und der Parameter `matching` erhält als Argument die Voraussetzung, die vom Vater-Objekt erfüllt werden soll, als weiteren `Finder`. `find.byType(Card)` sucht also alle Elemente vom Typ `Card`. `find.ancestor` sucht anschließend alle Entsprechungen, in der eine `Card` ein Vater des `Finder textLabel` ist. Wiederum überprüft die Funktion `expect`, dass die Karte gefunden wurde. Doch dieses Mal muss es genau ein Widget sein, welches mit dem „*Matcher*“ `findsOneWidget` verifiziert werden kann (Z. 54). Sollte mehr als

⁴³Vgl. Gamma u. a., *Entwurfsmuster: Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software*, S. 107–116.

nur eine Karte gefunden werden, so wäre nicht klar, welche geklickt werden soll.

Um eine Karte tatsächlich anzuwählen muss sie im sichtbaren Bereich sein. Die Methode „*ensureVisible*“ scrollt den Bildschirm zur entsprechenden Position, damit die Karte sichtbar ist (Z. 56). Schließlich sorgt `tab` mit dem `Finder card` dafür, dass die Karte ausgewählt wird. `pumpAndSettle` (Z. 58) ist eine obligatorische Methode, die nach jeder Aktion durchgeführt werden muss. Sie sorgt dafür, dass der Test so lange pausiert, bis alle Aktionen in der Oberfläche und damit auch alle angestoßenen Animationen vorüber sind. Zusätzlich kann eine Dauer angegeben werden, die darüber hinaus gewartet werden soll.

`tabConfirmButton` funktioniert ähnlich (Listing 49). Das Finden des Buttons ist jedoch einfacher, da es nur einen Button zum Akzeptieren auf jeder Oberfläche gibt. Der Button enthält keinen Text, lässt sich aber auch über seinen Tooltip lokalisieren (Z. 62). Die Hilfsfunktion klickt den Button (Z. 63) und wartet dann erneut auf Vollendung aller angestoßenen Animationen (Z. 64).

```
61 Future<void> tabConfirmButton() async {  
62   var confirmChoiceButton = find.byTooltip(confirmButtonTooltip);  
63   await tester.tap(confirmChoiceButton);  
64   await tester.pumpAndSettle(durationAfterEachStep);  
65 }
```

Listing 49: Die Hilfsmethode `tabConfirmButton`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/integration_test/app_test.dart](#)

Ist der Integrationstest aktuell in dem Auswahlbildschirm, so sorgt `tabOption` dafür, dass Auswahloptionen gewählt wird (Listing 50). Dazu wird die gewünschte Option dem Parameter `choice` übergeben. Um die Checkbox der Option zu finden, muss jedoch zunächst der Text der Auswahloption gefunden werden (Z. 68). Erst wenn verifiziert wurde, dass auch nur genau ein Label mit diesem Text existiert, läuft der Test weiter (Z. 69).

```
67 Future<void> tabOption(Choice choice, {bool tabConfirm = false}) async {  
68   final choiceLabel = find.text(choice.description);  
69   expect(choiceLabel, findsOneWidget);  
70  
71   await tester.ensureVisible(choiceLabel);  
72   await tester.tap(choiceLabel);  
73   await tester.pumpAndSettle(durationAfterEachStep);  
74  
75   if (tabConfirm) {  
76     await tabConfirmButton();  
77   }  
78 }
```

Listing 50: Die Hilfsmethode `tabOption`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/integration_test/app_test.dart](#)

Ein Klick auf das Text-Label reicht bereits aus, denn damit wird das Vater-Element - das `CheckboxListTile` - ebenfalls getroffen. Der `tester` holt es in den sichtbaren Bereich 71, klickt es 72 und wartet auf Abschluss aller Animationen (Z. 73). Sollte der optionale Parameter `tabConfirm` auf `true` gesetzt sein (Z. 75), so wird der Auswahlbildschirm anschließend direkt wieder geschlossen, nachdem die Option ausgewählt wurde (Z. 76).

Schließlich kann mit der Hilfsfunktionen `fillTextFormField` ein Formularfeld über dessen Titel gefunden und der entsprechende übergebende Text eingetragen werden (Listing 51). Sie findet das `TextFormField`, indem es zunächst nach dem Titel mit `find.text(title)` und anschließend dessen Vater-Element vom Typ `TextFormField` sucht (Z. 83). Sollte sowohl der Hinweistext als auch der Titel den gleichen Text enthalten, so kann es sein, dass zwei solche Elemente gefunden werden. In Wahrheit ist es aber zwei Mal dasselbe `TextFormField`.

Mit `.first` wird lediglich das erste Element geliefert (Z. 85). Nachdem feststeht, dass das Element existiert (Z. 85) und es in den sichtbaren Bereich gescrollt wurde (Z. 87), gibt der Integrationstest den gewünschten Text in das Eingabefeld ein (Z. 88). Anschließend wird erneut auf Abschluss aller Animationen gewartet (Z. 89).

```
80 Future<void> fillTextFormField(  
81   {required String title, required String text}) async {  
82   final textFormField = find  
83     .ancestor(of: find.text(title), matching: find.byType(TextFormField))  
84     .first;  
85   expect(textFormField, findsOneWidget);  
86  
87   await tester.ensureVisible(textFormField);  
88   await tester.enterText(textFormField, text);  
89   await tester.pumpAndSettle(durationAfterEachStep);  
90 }
```

Listing 51: Die Hilfsmethode `fillTextFormField`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/integration_test/app_test.dart](#)

Während der Integrationstest startet, öffnet sich als Erstes der Übersichts-Bildschirm. Zunächst wird gewartet, dass alle Widgets korrekt initialisiert wurden (Listing 52, Z. 92). Es folgt der Klick auf den Button zum Erstellen eines neuen Maßnahme (Z. 95). Dazu wird der Button über den entsprechenden `key` gefunden (Z. 94). Vor allem jetzt ist das Abwarten mittels `pumpAndSettle` (Z. 96) unablässig, denn es wird auf einen anderen Bildschirm navigiert. Angenommen der Test wartet nicht ab, so würden die Aktionen noch immer auf den Elementen des alten Bildschirms Anwendung finden.

```
92 await tester.pumpAndSettle(durationAfterEachStep);  
93  
94 var createNewMassnahmeButton = find.byKey(createNewMassnahmeButtonKey);  
95 await tester.tap(createNewMassnahmeButton);  
96 await tester.pumpAndSettle(durationAfterEachStep);
```

Listing 52: Der Button zum Kreieren einer Maßnahme wird ausgelöst, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/integration_test/app_test.dart](#)

Der Integrationstest öffnet nun den Auswahl-Bildschirm, in dem die Selektions-Karte zum Setzen des letzten Statuses angewählt wird (Listing 53, Z. 98). Anschließend fällt die Wahl auf die Option für „*abgeschlossen*“ (Z. 98). Dabei sorgt `tabConfirm: true` für die sofortige Rückkehr zum Eingabeformular nach der Auswahl.

```
98 await tabSelectionCard(letzterStatusChoices);  
99 await tabOption(LetzterStatus.fertig, tabConfirm: true);
```

Listing 53: Der letzte Status wird ausgewählt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/integration_test/app_test.dart](#)

Nachfolgend soll der Test das Eingabefeld für den Maßnahmen-Titel überprüfen (Listing 54). Es erfolgt die Erstellung eines beispielhaften Titels anhand des aktuellen Datums und der aktuellen Uhrzeit (Z. 101, 102). Der erstellte Text dient als Eingabe für das Eingabefeld (Z. 104).

Die nötigen Eingaben sind erfolgt. Daher kann der Test nun den Klick auf den Button zum Speichern simulieren (Listing ??, Z. 106-108). Dadurch würde in der Anwendung nun das Speichern der Maßnahmen in der JSON-Datei erfolgen. Doch da stattdessen ein Mock verwendet wurde, passiert dies nicht. Das Model ruft aber dennoch die entsprechenden Methoden - wie zum Beispiel `saveMassnahmen` - auf. Die Methoden haben nur nicht die ursprüngliche Funktion. Stattdessen protokollieren sie sowohl die Aufrufe, als auch die


```

101 final now = DateTime.now();
102 var massnahmeTitle =
103     "Test Maßnahmen ${now.year}-${now.month}-${now.day} ${now.hour}:${now.minute}";
104 await fillTextFormField(title: "Maßnahmentitel", text: massnahmeTitle);

```

Listing 54: Der Maßnahmentitel wird eingegeben, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/integration_test/app_test.dart](#)

übergebenen Argumente. Durch die Methode `verify` (Z. 111) kann überprüft werden, ob die entsprechende Methode `saveMassnahmen` ausgeführt wurde. Der „*Matcher*“ `captureAny` ermöglicht die Überprüfung auf irgendeine Übergabe und stellt die übergebenen Argumente über den Rückgabewert bereit.

```

106 var saveMassnahmeButton = find.byTooltip(saveMassnahmeTooltip);
107 await tester.tap(saveMassnahmeButton);
108 await tester.pumpAndSettle(durationAfterEachStep);
109
110 var capturedJson =
111     verify(massnahmenJsonFileMock.saveMassnahmen(captureAny)).captured.last;
112
113 var actualMassnahme = capturedJson['massnahmen'][0] as Map;
114 actualMassnahme.remove("guid");
115 actualMassnahme["letzteBearbeitung"].remove("letztesBearbeitungsDatum");
116
117 var expectedJson = {
118     'letzteBearbeitung': {'letzterStatus': 'fertig'},
119     'identifikatoren': {'massnahmenTitel': massnahmeTitle},
120 };
121
122 expect(actualMassnahme, equals(expectedJson));

```

Listing 55: Validierung des Testergebnisses, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/integration_test/app_test.dart](#)

Die Rückgabe ist vom Typ `VerificationResult` und enthält eine Getter-Methode mit dem Namen `captured`. Dabei handelt es sich um eine Liste aller Argumente, die in den vergangenen Aufrufen übergeben wurden. Mit `last` lässt sich auf das Argument des letzten Aufrufes zurückgreifen.

Nun soll sich zeigen, ob das übergebene Argument mit dem erwarteten Wert übereinstimmt. Weil das Ergebnis eine Liste mit lediglich einer Maßnahme ist, soll auch ausschließlich diese Maßnahme verglichen werden. Der Schlüssel `'massnahmen'` greift auf die Liste zurück und der Schlüssel `0` auf die erste und einzige Maßnahme. Die lokale Variable `actualMassnahme` speichert sie zwischen (Z. 113).

Es ist unklar, welche zufällige `guid` bei der Erstellung der Maßnahme generiert wurde. Auch der Zeitstempel hinter dem Schlüssel `"letzteBearbeitung"` ist unbekannt. Eine mögliche Lösung wären weitere Mocks, welche die Erstellung der `guid` und des Datums überwachen und - anstelle einer zufälligen - immer die gleiche Zeichenkette zurückgibt. Es ist jedoch auch möglich, die Vergleiche der `guid` und des Zeitstempels auszuschließen. Dazu reicht es die entsprechenden Schlüssel-Werte-Paare über die Schlüssel `"guid"` und `"letztesBearbeitungsDatum"` aus der Ergebnis-Hashtabelle zu entfernen (Z. 114-115).

Die lokale Variable `expectedJson` speichert das erwartete Ergebnis der eingegebenen Maßnahme (Z. 117-120). Die Methode `expect` und der „*Matcher*“ `equals` überprüfen beide Objekte auf Gleichheit (Z. 122).

Der Befehl `flutter test integration_test/app_test.dart` startet den Test. Die App öffnet sich und der Ausführung des Tests kann zugesehen werden Punkt am Endeerfolg in dem

Terminal die Ausgabe des Ergebnisses: **All tests passed!**

4.16 Schritt 2

In diesem Schritt sollen weitere Selektions-Karten für die Einzelauswahlfelder hinzugefügt werden. Es handelt sich um die Einzelauswahlfelder für Förderklasse, Kategorie, Zielfläche, Zieleinheit und Zielsetzung.

Darüber hinaus soll das Erstellen der Selektions-Karten in einer Methode abstrahiert werden. Das ermöglicht die Konfiguration der Selektions-Karten in der aufrufenden Eingabemaske, ohne dafür die Klasse `SelectionCard` ändern zu müssen.

4.16.1 Integrationstest erweitern

Noch vor der Implementierung der Änderungen soll zunächst der Integrationstest um die zusätzlichen Selektionen erweitert werden (Listing 56). Nach den letzten Eingaben und bevor der Button zum Speichern ausgelöst wird, erfolgt die Selektion der fünf Optionen (Z. 106-119).

```
106 await tabSelectionCard(foerderklasseChoices);
107 await tabOption(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns, tabConfirm: true);
108
109 await tabSelectionCard(kategorieChoices);
110 await tabOption(KategorieChoice.extens, tabConfirm: true);
111
112 await tabSelectionCard(zielflaecheChoices);
113 await tabOption(ZielflaecheChoice.al, tabConfirm: true);
114
115 await tabSelectionCard(zieleinheitChoices);
116 await tabOption(ZieleinheitChoice.ha, tabConfirm: true);
117
118 await tabSelectionCard(hauptzielsetzungLandChoices);
119 await tabOption(ZielsetzungLandChoice.biodiv, tabConfirm: true);
120
121 var saveMassnahmeButton = find.byTooltip(saveMassnahmeTooltip);
122 await tester.tap(saveMassnahmeButton);
123 await tester.pumpAndSettle(durationAfterEachStep);
```

Listing 56: Der Integrationstest klickt 5 weitere Karten, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/integration_test/app_test.dart](#)

Nach der Auswahl und der anschließenden Serialisierung sollen die entsprechenden Werte auch in der Json-Datei auftauchen. Die Json-Datei erhält ein neues Schlüssel-Werte-Paar mit dem Schlüssel `'massnahmenCharakteristika'` und einem Objekt für die fünf neuen Werte (Listing 57, Z. 135-141).

```
132 var expectedJson = {
133   'letzteBearbeitung': {'letzterStatus': 'fertig'},
134   'identifikatoren': {'massnahmenTitel': massnahmeTitle},
135   'massnahmenCharakteristika': {
136     'foerderklasse': 'aukm_ohne_vns',
137     'kategorie': 'extens',
138     'zielflaeche': 'al',
139     'zieleinheit': 'ha',
140     'hauptzielsetzungLand': 'biodiv'
141   },
142 };
```

Listing 57: Der Integrationstest klickt 5 weitere Karten, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/integration_test/app_test.dart](#)

Der Integrationstest ist damit aktualisiert. Die Implementierung ist jedoch noch gar nicht erfolgt. Die Selektions-Karten können nicht geklickt werden, da sie in der Oberfläche noch nicht auftauchen. Die neuen Schlüssel-Werte-Paare können nicht in der Hash-Tabelle auftauchen, da sie dem entsprechenden Werte-Typ noch nicht hinzugefügt wurden. Der Integrationstest kann also unmöglich erfolgreich sein. Der Quellcode kann noch nicht einmal kompilieren, da die entsprechenden Symbole – wie zum Beispiel `FoerderklasseChoice` – fehlen. Das hier angewendete Vorgehensmodell wird Test-Driven Development – deutsch Testgetriebene Entwicklung – genannt.

„Development is driven by tests. You test first, then code. Until all the tests run, you aren't done. When all the tests run, and you can't think of any more tests that would break, you are done adding functionality.“

— Kent Beck⁴⁴

Es folgt das Hinzufügen der fehlenden Symbole, damit der Quellcode wieder kompiliert werden kann. Anschließend erfolgt die Weiterentwicklung des Models, ViewModels und Views damit der Integrationstest erneut erfolgreich abschließt.

4.16.2 Hinzufügen der Auswahloptionen

Der Integrationstest selektiert unter anderem die Förderklasse mit der Abkürzung `aukm_ohne_vns`. Sie wird den Auswahloptionen hinzugefügt, wie in Listing 58 zu sehen ist. Die Liste aller hinzugefügten Auswahloptionen in diesem Schritt ist in Anhang D auf den Seiten 109 bis 111 zu finden.

```
11 static final aukum_ohne_vns = FoerderklasseChoice("aukm_ohne_vns",  
12     "Agrarumwelt-(und Klima)Maßnahmen, tw. auch mit Tierwohlaspekten, aber OHNE  
    ↳ Vertragsnaturschutz");
```

Listing 58: Die Klasse `FoerderklasseChoice`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/choices/choices.dart](#)

4.16.3 Aktualisierung des Models

Damit der Hash-Tabelle der Schlüssel `'massnahmenCharakteristika'` hinzugefügt wird, muss der entsprechende Eintrag im Werte-Typ `Massnahme` hinzugefügt werden. Die Getter-Methode `massnahmenCharakteristika`, die das Paket `„built_value“` dazu veranlaßt, den Quellcode für die Eigenschaft zu generieren, wird unterhalb der Getter-Methode `identifikatoren` hinzugefügt (Listing 59, Z. 15).

```
13 Identifikatoren get identifikatoren;  
14  
15 MassnahmenCharakteristika get massnahmenCharakteristika;
```

Listing 59: `massnahmenCharakteristika` wird `Massnahme` hinzugefügt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/data_model/massnahme.dart](#)

Bei dem Datentyp handelt es sich um einen weiteren Werte-Typ: `MassnahmenCharakteristika`, welcher in Listing 60 zu sehen ist. Die darin enthaltenen Getter-Methoden sind dagegen lediglich gewöhnliche Zeichenketten, da sie die Abkürzungen der ausgewählten Optionen abspeichern. Da sie auch im Entwurfsmodus auch nicht gefüllt sein können, wird ihnen mit dem Suffix `?` erlaubt, auch Null-Werte anzunehmen (Z. 70-74).

⁴⁴Beck, *Test-driven development: by example*, S. 9.

```

67 abstract class MassnahmenCharakteristika
68     implements
69         Built<MassnahmenCharakteristika, MassnahmenCharakteristikaBuilder> {
70     String? get foerderklasse;
71     String? get kategorie;
72     String? get zielflaeche;
73     String? get zieleinheit;
74     String? get hauptzielsetzungLand;

```

Listing 60: Der Werte-Typ `MassnahmenCharakteristika`, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/data_model/massnahme.dart](#)

Der Werte-Typ wurde hinzugefügt. Der Befehl `flutter pub run build_runner build` generiert den Quellcode für die Serialisierung und die Builder-Methoden.

4.16.4 Aktualisierung der Übersichtstabelle

Der Übersichtsbildschirm bzw. die Übersichtstabelle können auf das Model ohne den Umweg über das ViewModel zugreifen. Der Tabellenkopf listet die Überschriften der hinzugefügten Werte auf (Listing 61, Z. 23-27).

```

22 _buildColumnHeader(const Text("Maßnahmentitel")),
23 _buildColumnHeader(const Text("Förderklasse")),
24 _buildColumnHeader(const Text("Kategorie")),
25 _buildColumnHeader(const Text("Zielfläche")),
26 _buildColumnHeader(const Text("Zieleinheit")),
27 _buildColumnHeader(const Text("Hauptzielsetzung Land")),

```

Listing 61: Maßnahmencharakteristika werden dem Tabellenkopf hinzugefügt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/widgets/massnahmen_table.dart](#)

Für jede Zeile der Tabelle werden weitere selektierbare Zellen generiert (Listing 62, Z. 33-42). Im Unterschied zur Zelle des Maßnahmen-Titels können die Getter-Methoden der Maßnahmen-Charakteristika jedoch Null-Werte enthalten. Doch das `Text`-Widget akzeptiert keine Null-Werte als Argument. Deshalb wird der Operator `??` verwendet. Dabei handelt es sich um die „*If-null Expression*“. Sie überprüft den Ausdruck links vom Operator `??`. Ist er `null`, so wird der Wert rechts vom Operator verwendet. Ist der dagegen nicht `null`, so wird der Wert links vom Operator `??` genutzt.⁴⁵ Ist der Wert also nicht gefüllt, so wird in allen Fällen der leere String `""` als Argument übergeben.

```

32 _buildSelectableCell(m, Text(m.identifikatoren.massnahmenTitel)),
33 _buildSelectableCell(
34     m, Text(m.massnahmenCharakteristika.foerderklasse ?? ""),
35 _buildSelectableCell(
36     m, Text(m.massnahmenCharakteristika.kategorie ?? ""),
37 _buildSelectableCell(
38     m, Text(m.massnahmenCharakteristika.zielflaeche ?? ""),
39 _buildSelectableCell(
40     m, Text(m.massnahmenCharakteristika.zieleinheit ?? ""),
41 _buildSelectableCell(m,
42     Text(m.massnahmenCharakteristika.hauptzielsetzungLand ?? ""),

```

Listing 62: Maßnahmencharakteristika werden dem Tabellenkörper hinzugefügt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/widgets/massnahmen_table.dart](#)

⁴⁵Vgl. Google LLC, *Dart Programming Language Specification 5th edition*, S. 165.

4.16.5 Aktualisierung des ViewModels

Damit die Eingabefelder die neuen Werte eintragen können, muss das ViewModel oder die beobachtbaren Subjects bereitstellen (Listing 63, Z. 12-17). **Subjects und Observer in Schritt 1 erklären**

```
5 class MassnahmenFormViewModel {
6   final letzterStatus = BehaviorSubject<LetzterStatus?>.seeded(null);
7
8   final guid = BehaviorSubject<String?>.seeded(null);
9
10  final massnahmenTitel = BehaviorSubject<String>.seeded("");
11
12  final foerderklasse = BehaviorSubject<FoerderklasseChoice?>.seeded(null);
13  final kategorie = BehaviorSubject<KategorieChoice?>.seeded(null);
14  final zielflaeche = BehaviorSubject<ZielflaecheChoice?>.seeded(null);
15  final zieleinheit = BehaviorSubject<ZieleinheitChoice?>.seeded(null);
16  final hauptzielsetzungLand =
17    BehaviorSubject<ZielsetzungLandChoice?>.seeded(null);
```

Listing 63: Maßnahmencharakteristika werden dem ViewModel hinzugefügt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_form_view_model.dart](#)

Die Konvertierung des Models in das ViewModel erfolgt wie gewohnt über das Herausuchen des korrekten Objektes aus der Menge der Auswahloptionen über die Abkürzung (Listing 64, Z. 29-36).

```
19 set model(Massnahme model) {
20   guid.value = model.guid;
21
22   letzterStatus.value = letzterStatusChoices
23     .fromAbbreviation(model.letzteBearbeitung.letzterStatus);
24   massnahmenTitel.value = model.identifikatoren.massnahmenTitel;
25
26   {
27     final mc = model.massnahmenCharakteristika;
28
29     foerderklasse.value =
30       foerderklasseChoices.fromAbbreviation(mc.foerderklasse);
31     kategorie.value = kategorieChoices.fromAbbreviation(mc.kategorie);
32
33     zielflaeche.value = zielflaecheChoices.fromAbbreviation(mc.zielflaeche);
34     zieleinheit.value = zieleinheitChoices.fromAbbreviation(mc.zieleinheit);
35     hauptzielsetzungLand.value =
36       hauptzielsetzungLandChoices.fromAbbreviation(mc.hauptzielsetzungLand);
37   }
38 }
```

Listing 64: Konvertierung des Models in das ViewModel, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_form_view_model.dart](#)

Wenn in jeder Zeile der Ausdruck `model.massnahmenCharakteristika` stehen würde, wäre die Leserlichkeit stark eingeschränkt. Das würde für weitere Zeilenumbrüche sorgen. Deshalb speichert die lokale Variable `mc` den Ausdruck zwischen und kann in den folgenden Zeilen verwendet werden (Z. 27). Damit die variable `mc` jedoch nur Gültigkeit für die folgenden Zeilen hat, begrenzen die öffnenden und schließenden geschweiften Klammern den Sichtbarkeitsbereich (Z. 26,37).

Bei der Konvertierung des Models in das ViewModel wurde bereits beim letzten Schritt die Methode `update` verwendet, um das Objekt des geschachtelten Wertetyps `Identifikatoren` anzupassen (Listing 65, Z. 44). So ist es auch für den geschachtelten Wertetyp `MassnahmenCharakteristika`

der Fall. Der Unterschied: Es handelt sich um Auswahloptionen, weshalb nur die Abkürzungen abgespeichert werden (Z. 46-50), so wie es auch schon bei `letzterStatus` geschah (Z. 42).

```
40 Massnahme get model => Massnahme((b) => b
41   ..guid = guid.value
42   ..letzteBearbeitung.letzterStatus = letzterStatus.value?.abbreviation
43   ..letzteBearbeitung.letztesBearbeitungsDatum = DateTime.now().toUtc()
44   ..identifikatoren.update((b) => b..massnahmenTitel = massnahmenTitel.value)
45   ..massnahmenCharakteristika.update((b) => b
46     ..foerderklasse = foerderklasse.value?.abbreviation
47     ..kategorie = kategorie.value?.abbreviation
48     ..zielflaeche = zielflaeche.value?.abbreviation
49     ..zieleinheit = zieleinheit.value?.abbreviation
50     ..hauptzielsetzungLand = hauptzielsetzungLand.value?.abbreviation));
```

Listing 65: Konvertierung des ViewModels in das Model, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_form_view_model.dart](#)

4.16.6 Aktualisierung der Eingabemaske

Nach der Anpassung des ViewModels kann schließlich die Eingabemaske erweitert werden.

Im letzten Schritt nahm die Selektionskarte für den letzten Status 11 Zeilen ein **R**. Das wäre für jede weitere Karte nun auch der Fall. Damit die Übersichtlichkeit darunter nicht leidet, soll nun zunächst eine Methode erstellt werden, welche die Erstellung der Selektionskarten abstrahiert und damit den Aufruf auf 3 Zeilen reduziert. Dies erlaubt auch die Konfiguration der Selektionskarten außerhalb der Klasse `SelektionCard`. In den folgenden Schritten soll diese Konfigurationsmöglichkeit genutzt werden, um weitere Funktionalitäten hinzuzufügen, ohne die Klasse selbst zu manipulieren. Die Methode `buildSelectionCard` bekommt dazu nur die Argumente für die Liste aller Auswahloptionen `allChoices` (Listing 68, Z. 49) und das Subject `selectionViewModel` (Z. 50) übergeben. Nun übernimmt die Methode die Übergabe der Argumente an den Konstruktor der `SelektionCard`. Dazu verwendet die `SelektionCard` wie zuvor den Namen der Menge der Auswahloptionen als Titel (Z. 52). Außerdem wird dieselbe Menge unverändert an die `SelektionCard` weitergegeben (Z. 53).

```
48 Widget buildSelectionCard<ChoiceType extends Choice>(  
49   {required Choices<ChoiceType> allChoices,  
50   required BehaviorSubject<ChoiceType?> selectionViewModel}) {  
51   return SelektionCard<ChoiceType>(  
52     title: allChoices.name,  
53     allChoices: allChoices,  
54     initialValue: {  
55       if (selectionViewModel.value != null) selectionViewModel.value!  
56     },  
57     onSelect: (selectedChoice) => selectionViewModel.value = selectedChoice,  
58     onDeselect: (selectedChoice) => selectionViewModel.value = null,  
59   );  
60 }
```

Listing 66: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

Der Grund, warum die Klasse `SelektionCard` den Titel aus der Menge der Auswahloption nicht selbständig extrahiert ist, dass die Klasse auf diese Weise auch für mehrere Anwendungsgebiete genutzt werden kann. Es muss nicht immer der Fall sein, dass der Titel auf diese Art und Weise ausgelesen werden kann. Somit erlaubt die Methode `buildSelectionCard`

nun den Aufruf trotzdem zu vereinfachen und die Anwendbarkeit der Klasse `SelectionCard` durch dessen direkte Veränderung nicht einzuschränken.

Das betrifft auch das `ViewModel`. Durch die Methode `buildSelectionCard` muss lediglich das `BehaviorSubject` übergeben werden. Die Methode kümmert sich bei Initialisierung der Selektionskarte um das Auslesen des aktuellen Wertes (Z. 54-56) und die Aktualisierung dessen über die Methoden `onSelect` (Z. 57) `onDeselect` (Z. 58). Damit ist die Erstellung der Selektionskarte für den letzten Status mit 3 Zeilen (Listing 67) nun deutlich kürzer als die ursprüngliche Variante mit 11 Zeilen (siehe Seite 60).

```
77 buildSelectionCard(  
78     allChoices: letzterStatusChoices,  
79     selectionViewModel: vm.letzterStatus),
```

Listing 67: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

Unterhalb des Eingabefeldes für den Maßnahmen-Titel können nun die weiteren Selektionskarten ergänzt werden, die jeweils ebenfalls bloß 3 Zeilen einnehmen und damit eine hohe Übersichtlichkeit gewährleisten (Listing 68, Z. 82-98).

```
80 buildSectionHeadline("Identifikatoren"),  
81 createMassnahmenTitelTextFormField(),  
82 buildSectionHeadline("Maßnahmencharakteristika"),  
83 buildSelectionCard(  
84     allChoices: foerderklasseChoices,  
85     selectionViewModel: vm.foerderklasse),  
86 buildSelectionCard(  
87     allChoices: kategorieChoices,  
88     selectionViewModel: vm.kategorie),  
89 buildSubSectionHeadline("Zielsetzung"),  
90 buildSelectionCard(  
91     allChoices: zielflaecheChoices,  
92     selectionViewModel: vm.zielflaeche),  
93 buildSelectionCard(  
94     allChoices: zieleinheitChoices,  
95     selectionViewModel: vm.zieleinheit),  
96 buildSelectionCard<ZielsetzungLandChoice>(  
97     allChoices: hauptzielsetzungLandChoices,  
98     selectionViewModel: vm.hauptzielsetzungLand),
```

Listing 68: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

Auffällig hierbei sind Überschriften (Z. 80, 82) und eine Zwischenüberschrift (Z. 89) über den Selektionskarten. Sie sorgen für sichtbare Gruppierungen in der Oberfläche.

Die Hilfsmethode `buildSectionHeadline` und `buildSubSectionHeadline` bauen die Überschriften (Listing 69, Z. 131-134) bzw. Zwischenüberschriften (Z. 136-139) mit unterschiedlichen Abständen zur Außenkante (Z. 132, 137) und unterschiedlicher Schriftgröße (Z. 133, 138). Der benannte Konstruktor `fromLTRB` der Klasse `EdgeInsets` erlaubt die Abstände zur Außenkante im Uhrzeigersinn für jede Seite festzulegen. Die Abkürzung `LTRB` steht dabei für `left, top, right, bottom` – deutsch links, oben, rechts, unten.

Damit ist die Implementierung für Schritt 2 beendet.

Der Integrationstest kann nun verifizieren, dass die Eingaben erfolgen und in der `Json`-Datei auftauchen werden.

```

131 Widget buildSectionHeadline(String text) => Padding(
132     padding: const EdgeInsets.fromLTRB(0, 24, 0, 8),
133     child: Text(text, style: const TextStyle(fontSize: 22)),
134 );
135
136 Widget buildSubSectionHeadline(String text) => Padding(
137     padding: const EdgeInsets.fromLTRB(4, 12, 0, 4),
138     child: Text(text, style: const TextStyle(fontSize: 14)),
139 );

```

Listing 69: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

4.17 Schritt 3

In diesem Schritt soll die grundlegende Validierungsfunktion hinzugefügt werden. Maßnahmen, die als abgeschlossen markiert sind, dürfen keine leeren Eingabefelder enthalten und der Maßnahmentitel darf nicht doppelt belegt sein. `Flutter` stellt das Widget `Form` für die Validierung von Eingabefeldern bereit.

4.18 Einfügen des Form-Widgets

Das Widget `Form` ist ein Container, welcher die Validierung für alle Kinderelemente des Typs `FormField` ausführt. Damit es alle Eingabefelder im Formular umgibt, wird es oberhalb des `Stack` eingefügt (Listing 70, Z. 161). Das `Form`-Widget muss über einen `key` registriert werden (Z. 162), damit auf die Validierungsfunktionen zurückgegriffen werden kann.

```
161 child: Form(  
162   key: formKey,  
163   child: Stack(  
164     children: [  
165       SingleChildScrollView(  
166         child: Center(  

```

Listing 70: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-3/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

Die Erstellung des `formKey` findet zu Beginn der `build`-Methode des Eingabeformulars statt (Listing 71, Z. 20). Der `GlobalKey` identifiziert ein Element, welches durch ein Widget gebaut wurde, über die gesamte Applikation hinweg. Es erlaubt darüber hinaus auf das `State`-Objekt zuzugreifen, welches mit dem `StatefulWidget` verknüpft ist. Ohne Angabe eines Typparameters kann nur Zugriff auf Funktionen des Typs `State` gewährt werden. Doch die gewünschte Methode `validate` ist nur Teil des Typs `FormState`. Damit das Element, welches über den `GlobalKey` registriert wurde, auch den `FormState` liefert, kann der entsprechende Typparameter `<FormState>` bei der Erstellung des `GlobalKey` übergeben werden.

```
17 Widget build(BuildContext context) {  
18   final vm = AppState.of(context).viewModel;  
19   final model = AppState.of(context).model;  
20   final formKey = GlobalKey<FormState>();  

```

Listing 71: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-3/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

4.19 Validierung des Maßnahmentitels

Das Eingabefeld für den Maßnahmen-Titel ist ein `TextFormField` (Listing 72, Z. 88). Es erbt vom Typ `FormField` und wird daher mit dem Väterelement `Form` verknüpft. Es beinhaltet bereits einen Parameter für die Validierungsfunktion namens `validator` (Z. 93). Die übergebene Funktion erhält im ersten Parameter den für das Textfeld eingetragenen Wert. Die Funktion soll `null` zurückgeben, wenn keine Fehler in der Validierung geschehen sind. In jedem anderen Fall soll der Text zurückgegeben werden, der als Fehlermeldung angezeigt werden soll.

Sollte der Parameter `null` sein oder aber ein leerer String (Z. 94), so wird die entsprechende Fehlermeldung `'Bitte Text eingeben'` angezeigt (Z. 96). Damit der Benutzer direkt zu


```

83 Widget createMassnahmenTitelTextFormField() {
84   final focusNode = FocusNode();
85   return Card(
86     child: Padding(
87       padding: const EdgeInsets.all(16.0),
88       child: TextFormField(
89         focusNode: focusNode,
90         initialValue: vm.massnahmenTitel.value,
91         decoration: const InputDecoration(
92           hintText: 'Maßnahmentitel', labelText: 'Maßnahmentitel'),
93         validator: (title) {
94           if (title == null || title.isEmpty) {
95             focusNode.requestFocus();
96             return 'Bitte Text eingeben';
97           }
98           var massnahmeTitleDoesAlreadyExists =
99             model.storage.value.massnahmen.any((m) =>
100               m.guid != vm.guid.value &&
101               m.identifikatoren.massnahmenTitel ==
102                 vm.massnahmenTitel.value);
103
104           if (massnahmeTitleDoesAlreadyExists) {
105             focusNode.requestFocus();
106             return 'Dieser Maßnahmentitel ist bereits vergeben';
107           }
108           return null;
109         },
110         onChanged: (value) {
111           vm.massnahmenTitel.value = value;
112         },
113       ),
114     ),
115   );
116 }

```

Listing 72: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-3/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

dem fehlerhaften Eingabefeld geführt wird, kann ein Objekt der Klasse `FocusNode` verwendet werden. Er wird vor der Konstruktion der Karte erstellt (Z. 84) und dem Parameter `focusNode` des `TextFormField` übergeben (Z. 89). Sollte ein Fehler bei der Validierung gefunden werden, kann mit der Methode `requestFocus` angeordnet werden, den Cursor in das betreffende Feld zu setzen (Z. 95). Das sorgt auch dafür, dass das Eingabefeld in den sichtbaren Bereich gerückt wird.

Sollte das Textfeld nicht leer sein, so soll noch überprüft werden, ob der Maßnahmen-Titel bereits vergeben ist. Über das Model kann die Liste der Maßnahmen angefordert werden (Z. 99). Die Funktion `any` akzeptiert als Argument eine Funktion, die für alle Elemente der Liste ausgeführt wird (Z. 99-102). Wenn die Rückgabe der Funktion auch nur in einem Fall `true` ist, so evaluiert auch `any` mit `true`. Andernfalls ist die Rückgabe `false`. Die anonyme Funktion schließt zunächst den Vergleich mit derselben Maßnahme aus, welche sich gerade in Bearbeitung befindet. Der Vergleich der `guid` ist dafür ausreichend. Sollte es eine andere Maßnahme geben, welche den gleichen Titel hat (Z. 101-102), so wird Die lokale Variable `massnahmeTitleDoesAlreadyExists` auf `true` gesetzt. Der Benutzer bekommt die entsprechende Fehlermeldung `'Dieser Maßnahmentitel ist bereits vergeben'` zu lesen (Z. 106). Wenn keine der beiden Fallunterscheidungen das `return`-Statement (Z. 96, 106) auslöst, so erfolgt schließlich die Rückgabe von `null`. In dem Kontext der `validator`-Funktion bedeutet die Rückgabe von `null` (Z. 108), dass die Validierung erfolgreich war.

Das `Form`-Widget validiert lediglich Kindelemente vom Typ `FormField`. Dementsprechend wird das Widget `SelectionCard` nicht in die Validierung miteinbezogen. Es erbt nicht von `FormField`. Es wäre möglich, eine weitere Klasse zu erstellen, die von `FormField` erbt und alle Parameter für die Erstellung einer Selektions-Karte wiederverwendet. Doch das würde bedeuten, dass für alle folgenden Schritte jeder weitere Parameter in beiden Konstruktoren der Klassen gepflegt werden müsste. Um der Arbeit leichter folgen zu können, wurde sich für einen anderen, simpleren Weg entschieden: Die Selektionskarte kann ebenso von einem `FormField` umgeben werden (Listing 73, Z. 121-148), welches die Selektionskarte in der `builder`-Funktion erstellt und an den Parametern nichts ändert, außer einen weiteren hinzuzufügen: der Text für die Fehlermeldung (Z. 147). Der erste Parameter der `builder`-Funktion ist das `State`-Objekt des `FormField`. Es enthält die Getter-Methode `errorText`, die bei gegebenenfalls fehlgeschlagener Validierung die zurückgegebene Fehlermeldung enthält.

```

118 Widget buildSelectionCard<ChoiceType extends Choice>(
119     {required Choices<ChoiceType> allChoices,
120     required BehaviorSubject<ChoiceType?> selectionViewModel}) {
121     return FormField(
122         validator: (_) {
123             Iterable<Choice> choices = {
124                 if (selectionViewModel.value != null) selectionViewModel.value!
125             };
126
127             if (choices.isEmpty) {
128                 return "Feld ${allChoices.name} enthält keinen Wert!";
129             }
130
131             return null;
132         },
133         builder: (field) => SelectionCard<ChoiceType>(
134             title: allChoices.name,
135             allChoices: allChoices,
136             initialValue: {
137                 if (selectionViewModel.value != null)
138                     selectionViewModel.value!
139             },
140             onSelect: (selectedChoice) =>
141                 selectionViewModel.value = selectedChoice,
142             onDeselect: (selectedChoice) => selectionViewModel.value = null,
143             errorText: field.errorText,
144         ));
145 }

```

Listing 73: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-3/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

Die anonyme Funktion, die als Argument dem Parameter `validator` übergeben wird (Z. 122-132), erstellt eine temporäre Menge, die den Wert des `selectionViewModel` enthält, wenn dieser nicht `null` ist, andernfalls ist sie eine leere Menge (Z. 123-125). Die `validator`-Funktion gibt eine Fehlermeldung zurück, sollte die Menge leer sein (Z. 127-129). Ist die Menge dagegen gefüllt, so gibt sie `null` zurück, um mitzuteilen, dass die Validierung erfolgreich war (Z. 131).

Der `errorText` wird im Konstruktor der Klasse `SelectionCard` übergeben (Listing 74, Z. 29). Da er `null` sein darf, ist er mit dem Suffix `?` als Typ mit Null-Zulässigkeit gekennzeichnet (Z. 21).

Durch Einfügen einer `Column` zwischen der `Card` (Listing 75, Z. 53) und dem `ListTile` (Z. 57) kann die visuelle Repräsentation der Selektionskarte in der Höhe erweitert werden.

```

19 final OnSelect<ChoiceType> onSelect;
20 final OnDeselect<ChoiceType> onDeselect;
21 final String? errorText;
22
23 SelectionCard(
24   {required this.title,
25   required Iterable<ChoiceType> initialValue,
26   required this.allChoices,
27   required this.onSelect,
28   required this.onDeselect,
29   this.errorText,
30   Key? key})

```

Listing 74: errorText wird der SelectionCard hinzugefügt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-3/conditional_form/lib/widgets/selection_card.dart](#)

Sollte der errorText gesetzt sein (Z. 65), so erscheint unter dem Titel und dem Untertitel eine entsprechende Fehlermeldung (Z. 66-71).

```

53 return Card(
54   child: Column(
55     crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,
56     children: [
57       ListTile(
58         focusNode: focusNode,
59         title: Text(title),
60         subtitle: Text(
61           selectedChoices.map((c) => c.description).join(", "),
62           trailing: const Icon(Icons.edit),
63           onTap: navigateToSelectionScreen,
64         ),
65         if (errorText != null)
66           Padding(
67             padding: const EdgeInsets.all(8.0),
68             child: Text(errorText!,
69               style:
70                 const TextStyle(fontSize: 12.0, color: Colors.red)),
71           )
72       ],
73     ),
74 );

```

Listing 75: errorText wird ausgegeben, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-3/conditional_form/lib/widgets/selection_card.dart](#)

Oberhalb des vorhandenen `FloatingActionButton` wird nun ein weiterer eingefügt, der zum Speichern des Entwurfs mit der Funktion `saveDraftAndGoBackToOverviewScreen` genutzt werden soll (Listing 76, Z. 207-216). Der ursprüngliche `FloatingActionButton` speichert nun ausschließlich dann, wenn die Maßnahme als „in Bearbeitung“ markiert ist oder alle Eingabefelder valide sind. Dazu nutzt er die Hilfsfunktion `inputsAreValidOrNotMarkedFinal` (Z. 222). Ist das der Fall, so folgt die Speicherung der Maßnahme mithilfe der bereits implementierten Funktion `saveRecord` (Z. 223). Diese funktioniert wie in den letzten Schritten, nur dass sie keinen Rückgabewert mehr hat (siehe Listing 102 in Anhang E auf Seite 108). Anschließend wird der Navigator erneut aufgefordert, zum Übersichtsbildschirm zurückzukehren (Z. 224). Sollte es allerdings zur Ausführung des `else`-Blocks führen (Z. 225-227), da die Maßnahme doch als „abgeschlossen“ markiert und nicht alle Eingabefelder valide waren, so erhält der Benutzer eine Fehlermeldung. Die neu implementierte Hilfsfunktion `showValidationError` wird dafür verwendet (Z. 226).

Auch der `WillPopScope` erhält die gleiche Fehlerbehandlung (Listing 77). Hier wird ebenfalls

```

206 children: [
207   FloatingActionButton(
208     mini: true,
209     heroTag: 'save_draft_floating_action_button',
210     child: const Icon(Icons.paste, color: Colors.white),
211     backgroundColor: Colors.orange,
212     onPressed: saveDraftAndGoBackToOverviewScreen,
213   ),
214   const SizedBox(
215     height: 10,
216   ),
217   FloatingActionButton(
218     tooltip: saveMassnahmeTooltip,
219     heroTag: 'save_floating_action_button',
220     child: const Icon(Icons.check, color: Colors.white),
221     onPressed: () {
222       if (inputsAreValidOrNotMarkedFinal()) {
223         saveRecord();
224         Navigator.of(context).pop();
225       } else {
226         showValidationError();
227       }
228     },
229   )
230 ],

```

Listing 76: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-3/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

überprüft, ob die Maßnahme als „abgeschlossen“ markiert wurde und ob alle Eingabefelder valide sind (Z. 153). Falls ja, wird die Maßnahme direkt gespeichert Und ein Objekt des asynchronen Types `Future` zurückgegeben, welches direkt zu `true` evaluiert (Z. 155). Das führt dazu, dass dem Zurücknavigieren zum Übersichtsbildschirm zugestimmt wird. Sollte allerdings der `else`-Block ausgeführt werden, so erscheint erneut die entsprechende Fehlermeldung (Z. 157) und dieses Mal evaluiert das `Future`-Objekt zu `false`, um die Navigation zu unterbinden 158.

```

151 body: WillPopScope(
152   onWillPop: () {
153     if (inputsAreValidOrNotMarkedFinal()) {
154       saveRecord();
155       return Future.value(true);
156     } else {
157       showValidationError();
158       return Future.value(false);
159     }
160   },

```

Listing 77: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-3/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

Die Funktion `saveDraftAndGoBackToOverviewScreen` funktioniert ähnlich wie die nun ausgetauschte Funktion `saveRecord`. Sie zeigt dem Benutzer an, dass die Maßnahme im Entwurfsmodus gespeichert wird (Z. 23-26), speichert sie im Model ab (Z. 31), und navigiert zur letzten Route zurück (Z. 32), welcher der Übersichtsbildschirm ist. Einer der beiden Unterschiede ist, dass die Maßnahme zuvor umgebaut wird. Unerheblich dessen, welchen letzten Status sie aktuell besitzt, erhält sie den letzten Status `"in Bearbeitung"` (Z. 28-29). Der zweite der beiden Unterschiede ist, dass die Funktion nun keinen Rückgabewert hat, während `saveRecord` einen Wert vom Typ `Future<bool>` zurückgeben musste. Der Grund da-

für ist, dass die Funktion nur noch über den Aktionsbutton zum Speichern der Maßnahme im Entwurfsmodus ausgelöst wird. Der `FloatingActionButton` setzt keinen Rückgabewert der ausgelösten Funktion voraus.

```
22 void saveDraftAndGoBackToOverviewScreen() {
23   ScaffoldMessenger.of(context)
24     ..hideCurrentSnackBar()
25     ..showSnackBar(
26       const SnackBar(content: Text('Entwurf wird gespeichert ...')));
27
28   var draft = vm.model.rebuild((b) =>
29     b.letzteBearbeitung.letzterStatus = LetzterStatus.bearb.abbreviation);
30
31   model.putMassnahmeIfAbsent(draft);
32   Navigator.of(context).pop();
33 }
```

Listing 78: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-3/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

Die Hilfsfunktion `inputsAreValidOrNotMarkedFinal` überprüft zunächst, ob der letzte Status ein anderer ist als „abgeschlossen“ (Listing 79, Z. 71). Da in diesem Fall keine weiteren Überprüfungen notwendig sind, gibt die Funktion direkt `true` zurück (Z. 73). Andernfalls validiert das Formular die Eingabefelder (Z. 76). Dazu muss das Element vom Typ `Form` in den Väterelementen gefunden werden. Genauer gesagt wird dessen `State`-Objekt benötigt. Der Zugriff auf das Element ist einfach, da es über einen `GlobalKey` registriert wurde. Über `formKey.currentState` kann das `State`-Objekt des Elements abgerufen werden (Z. 76). Die Funktion `validate()` führt dann alle Funktionen aus, die jeweils als Argument dem Parameter `validator` aller Kindelemente des Typs `FormField` übergeben wurden. Sollten alle `validator`-Funktionen `null` zurückgegeben haben – was bedeutet, dass keine Fehler bei der Validierung geschehen sind – so erfolgt die Rückgabe von `true` (Z. 77). Anderenfalls bleibt nur die Rückgabe von `false` übrig (Z. 80).

```
71 bool inputsAreValidOrNotMarkedFinal() {
72   if (vm.letzterStatus.value != LetzterStatus.fertig) {
73     return true;
74   }
75
76   if (formKey.currentState!.validate()) {
77     return true;
78   }
79
80   return false;
81 }
```

Listing 79: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-3/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

Sollte es zu einem Fehler kommen, so zeigt die Hilfsfunktion `showValidationError` dem Benutzer die entsprechende Fehlermeldung an (Listing 80). Sie bietet ihm darüber hinaus an, über einen Button die Maßnahme direkt als Entwurf zu speichern. Das ist möglich, da die `SnackBar` (Z. 45) nicht nur die Anzeige von gewöhnlichem Text erlaubt, sondern von jedem beliebigen Widget. Zunächst kommt dazu das Widget `Row` zum Einsatz (Z. 46). Ähnlich wie das Widget `Column` erlaubt es Kindelemente in einer Reihe aufzulisten. Im Gegensatz zur `Column` allerdings nun horizontal statt vertikal. Als letztes Element der `Row` wird der `ElevatedButton` verwendet. Genauso wie bereits der `FloatingActionButton` zum Speichern der Maßnahme im Entwurfsmodus verwendet nun auch dieser `ElevatedButton` die

Funktion `saveDraftAndGoBackToOverviewScreen` (Z. 52).

```
44 void showValidationError() {
45   ScaffoldMessenger.of(context).showSnackBar(SnackBar(
46     content: Row(
47       children: [
48         Text(
49           'Fehler im Formular trotz Status "${letzterStatus.fertig.description}"',
50           const SizedBox(width: 4),
51           ElevatedButton(
52             onPressed: saveDraftAndGoBackToOverviewScreen,
53             child: Padding(
54               padding: const EdgeInsets.fromLTRB(4, 4, 8, 4),
55               child: Row(
56                 children: const [
57                   Icon(Icons.paste, color: Colors.white),
58                   SizedBox(width: 4),
59                   Text(
60                     "Entwurf speichern?",
61                     style: TextStyle(fontSize: 18.0, color: Colors.white),
62                   ),
63                 ],
64               ),
65             ),
66           ),
67         ],
68       ));
69 }
```

Listing 80: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-3/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

4.20 Schritt 4

Im Folgenden werden der Validierung die Bedingungen hinzugefügt, welche die Auswahloptionen untereinander haben.

4.20.1 Hinzufügen der Bedingungen zu den Auswahloptionen

Es gibt einfache Bedingungen wie beispielsweise die der Zielfläche „AL“. Dessen Auswahl kann nur dann erfolgen, wenn nicht die Kategorie „Anbau Zwischenfrucht/Untersaat“ ausgewählt ist (Listing 81).

```
79 static final al = ZielflaecheChoice("al", "AL",  
80     condition: (choices) => !choices.contains(KategorieChoice.zf_us));
```

Listing 81: XXXXX, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-4/conditional_form/lib/choices/choices.dart](#)

Doch es tauchen auch komplexe Bedingungen auf, wie etwa die Abhängigkeit der Zielfläche „Wald/Forst“ (Listing 82). Um sie auszuwählen, muss die Förderklasse eine von 3 Werten beinhalten: „Erschwernisausgleich“ (Z. 97), „Agrarumwelt-(und Klima)Maßnahme: nur Vertragsnaturschutz“ (Z. 98) oder „Agrarumwelt-(und Klima)Maßnahmen, tw. auch mit Tierwohlaspekten , aber OHNE Vertragsnaturschutz“ (Z. 99).

Gleichzeitig darf für die „Kategorie“ weder „Anbau Zwischenfrucht/Untersaat“ (Z. 100) noch „Förderung bestimmter Rassen / Sorten / Kulturen“ (Z. 101) gewählt sein.

Äußerst wichtig ist hier die Auswahl der richtigen logischen Operatoren. Innerhalb des gleichen Typs – wie etwa der „Förderklasse“ – muss das logische Oder `||` verwendet werden (Z. 97, 98, 100). Das logische Und würde hier keinen Sinn ergeben, da es unmöglich ist, in einem Einfachauswahlfeld gleichzeitig zwei Optionen ausgewählt zu haben. Um Bedingungen unterschiedlichen Typs miteinander zu verknüpfen, ist dagegen das logische und `&&` zu benutzen (Z. 99), denn die Bedingungen der „Förderklasse“ und der „Kategorie“ müssen gleichzeitig erfüllt sein. Hier ist wiederum das Nutzen des logischen Oders nicht angemessen, denn es wäre nicht ausreichend, wenn nur die Bedingungen eines der beiden Typen erfüllt wäre. Wäre also beispielsweise für die „Förderklasse“ die Option „Erschwernisausgleich“ gewählt, so wäre es völlig unerheblich, welche Auswahl für die „Kategorie“ selektiert wurde. Die Bedingung wäre trotzdem erfüllt, auch wenn für die „Kategorie“ die nicht erlaubte Option „Anbau Zwischenfrucht/Untersaat“ gewählt ist.

```
95 static final wald = ZielflaecheChoice("wald", "Wald/Forst",  
96     condition: (choices) =>  
97         (choices.contains(FoerderklasseChoice.ea) ||  
98             choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_nur_vns) ||  
99             choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns)) &&  
100         (!choices.contains(KategorieChoice.zf_us) ||  
101             !choices.contains(KategorieChoice.bes_kult_rass)));
```

Listing 82: XXXXX, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-4/conditional_form/lib/choices/choices.dart](#)

Für die Liste aller hinzugefügten Bedingungen siehe Anhang F auf den Seiten 112 bis 114.

Bei der Bedingungen handelt sich um eine Funktion, die einen Wahrheitswert `bool` zurückgibt und als Parameter die Menge aller bisher ausgewählten Auswahloptionen `Set<Choice>` übergeben bekommt. Die Signatur dieser Funktion wird als Typdefinition mit dem Namen

`Condition` deklariert (Listing 83, Z. 3). Über diese Typdefinition kann sie als Instanzvariable in der Klasse `Choice` deklariert werden (Z. 8). Der Konstruktor erhält einen weiteren Parameter für die Bedingung (Z. 12).

Er ist optional, da es Auswahloption gibt, die keine Bedingung haben. Deshalb wird mit der Notation `Condition?` erreicht, dass die Bedingung auch ausgelassen werden kann und in diesem Fall `null` ist. Sollte das der Fall sein, so soll eine Standardfunktion verwendet werden. Diese Standardfunktion ist `_conditionIsAlwaysMet` (Z. 15). Unerheblich davon welche Auswahloptionen in Vergangenheit gewählt wurden, gibt diese Funktion immer `true` zurück. Denn eine Auswahloption, die keine Bedingung hat, ist immer auswählbar. Sollte die übergebene Bedingungen ausgelassen worden und damit `null` sein, so wählt die „If-null Expression“ den Ausdruck rechts von dem `??` und damit die Standardfunktion `_conditionIsAlwaysMet` aus, welche der Instanzvariablen `condition` zugewiesen wird (Z. 13). Ansonsten speichert der Konstruktor die übergebene Funktion. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, dass die `condition` in der Instanzvariablen nur sein kann, weshalb sie ohne den Suffix `?` als Variable ohne zu null Zulässigkeit deklariert werden kann. Da der Ausdruck rechts von dem `??` nicht `null` sein kann, so kann auch der gesamte Ausdruck der vorliegenden „If-null Expression“ nicht `null` sein. Damit ist es möglich, die Instanzvariable `condition` ohne den Suffix `?` als Variable ohne Null-Zulässigkeit zu deklarieren. Die Instanzmethode `conditionMatches` ruft die übergebender Funktion für die Bedingung über die Methode `call` auf (Z. 10). Das erlaubt den Ausdruck durch vereinfacht darzustellen. Der Ausdruck `wald.condition(priorChoices)` kann dadurch durch die explizitere Schreibweise `wald.conditionMatches(priorChoices)` ersetzt werden.

```
3 typedef Condition = bool Function(Set<Choice> choices);
4
5 class Choice {
6   final String description;
7   final String abbreviation;
8   final Condition condition;
9
10  bool conditionMatches(Set<Choice> choices) => condition.call(choices);
11
12  const Choice(this.abbreviation, this.description, {Condition? condition})
13    : condition = condition ?? _conditionIsAlwaysMet;
14
15  static bool _conditionIsAlwaysMet(Set<Choice> choices) => true;
16 }
```

Listing 83: XXXXX, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-4/conditional_form/lib/choices/base/choice.dart](#)

4.20.2 Hinzufügen der Momentaufnahme aller ausgewählten Optionen im gesamten Formular

Die Menge der bisherigen Ausfülloptionen setzt sich aus den aktuellen Inhalten der Auswahlfelder zusammen. Sie ist also die Momentaufnahme aller Werte, die jeweils über die Getter-Methode `value` von allen `BehaviorSubject`-Objekten im `ViewModel` abgerufen werden kann. Doch genau diese Momentaufnahme muss immer dann neu erstellt werden, wenn sich auch nur ein Auswahlfeld ändert. Genau darum kümmert sich das `BehaviorSubject priorChoices` im `ViewModel` (Listing 84).

Es wird mit dem Typparameter `Set<Choice>` deklariert (Z. 20) und mit einer Momentaufnahme initialisiert: einer leeren Menge) (Z. 21). Im Konstruktor des `ViewModels` wird dann auf Änderung aller `BehaviorSubject`-Objekte im `ViewModel` gehorcht. Dies wird durch die Funktion `combineLatest` des Pakets `rx.dart` ermöglicht 24. Sie erlaubt die Übergabe ei-


```

20 BehaviorSubject<Set<Choice>> priorChoices =
21     BehaviorSubject<Set<Choice>>.seeded({});
22
23 MassnahmenFormViewModel() {
24     Stream<Set<Choice>> choicesStream = Rx.combineLatest([
25         foerderklasse,
26         kategorie,
27         zielflaeche,
28         zieleinheit,
29         hauptzielsetzungLand,
30     ], (_) {
31         return {
32             if (foerderklasse.value != null) foerderklasse.value!,
33             if (kategorie.value != null) kategorie.value!,
34             if (zielflaeche.value != null) zielflaeche.value!,
35             if (zieleinheit.value != null) zieleinheit.value!,
36             if (hauptzielsetzungLand.value != null) hauptzielsetzungLand.value!,
37         };
38     });
39
40     choicesStream.listen((event) => priorChoices.add(event));
41 }

```

Listing 84: XXXX, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-4/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_form_view_model.dart](#)

ner Kollektion von Streams. In diesem Fall alle `BehaviorSubject`-Objekte des ViewModels (Z. 25-29). Wenn auch nur einer dieser Streams ein neues Ereignis sendet, so emittiert auch der kombinierte Stream ein neues Ereignis. Dem zweiten Parameter der Funktion `combinelatest` kann als Argument eine Funktion übergeben werden, die das zu emittierende Ereignis konstruiert (Z. 30-37). Der erste Parameter dieser Funktion enthält alle letzten Ereignisse der übergebenen Streams. Doch der vorliegende Aufruf hat keine Verwendung für den Parameter. Statt eines Variablennamens wird hier ein Unterstrich `_` verwendet (Z. 30).

In Sprachen wie etwa „*JavaScript*“ und „*Python*“ ist dies gängige Praxis für die Benennung von Parametern, die nicht genutzt werden. In Kotlin und Dart wurde diese Praxis zur Konvention gemacht^{46,47}. Die anonyme Funktion gibt eine Menge zurück, in welcher alle Werte der `BehaviorSubject`-Objekte integriert werden (Z. 31-37). Das „*Collection if*“ Statement schließt dabei jeweils den Wert `null` aus (Z. 32-36). Somit taucht niemals der Wert `null` in der Menge auf und damit kann die Menge mit dem Typparameter `Choice` ohne Null-Zulässigkeit deklariert werden. Sollte ein Auswahlfeld nicht gewählt und damit der Wert des `BehaviorSubject` `null` sein, so taucht diese Option einfach nicht in der Menge auf. Sind alle Auswahlfelder nicht belegt und damit `null`, so ist die Menge leer. Doch der kombinierte Stream `choicesStream` liefert immer nur die neuen Ereignisse und speichert nicht den zuletzt übermittelten Wert. Deshalb wird das `BehaviorSubject` `priorChoices` verwendet. Die Methode `listen` horcht auf Änderungen des `choicesStream`-Objekts und fügt das übertragene Ereignis immer `priorChoices` hinzu. Damit existiert immer ein Wert für die Momentaufnahme der aktuell ausgewählten Auswahloptionen. Sie ist ursprünglich die leere Menge `{}` und nachfolgend immer das zuletzt übermittelte Ereignis des `choicesStream`.

⁴⁶Vgl. Google LLC, *Dart - Effective Dart - Style - PREFER using _, __, etc. for unused callback parameters*.

⁴⁷Vgl. JetBrains s.r.o., *Kotlin - High-order functions and lambdas - Underscore for unused variables*.

4.20.3 Reagieren der Selektionskarte auf die ausgewählten Optionen

Dadurch, dass `priorChoices` nun im `ViewModel` verfügbar ist, kann es im Eingabeformular bei der Konstruktion der `SelectionCard` als Argument übergeben werden (Listing 85, Z. 143).

```
140 builder: (field) => SelectionCard<ChoiceType>(  
141     title: allChoices.name,  
142     allChoices: allChoices,  
143     priorChoices: vm.priorChoices,
```

Listing 85: Die Ausgabe der Formularfelder, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-4/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

Die Klasse `SelectionCard` deklariert die `priorChoices` als Instanzvariable (Listing 86, Z. 19) und initialisiert sie direkt bei der Übergabe im Konstruktor, ohne sie zu modifizieren (Z. 28).

```
15 class SelectionCard<ChoiceType extends Choice> extends StatelessWidget {  
16     final String title;  
17     final BehaviorSubject<BuiltSet<ChoiceType>> selectionViewModel;  
18     final Choices<ChoiceType> allChoices;  
19     final BehaviorSubject<Set<Choice>> priorChoices;  
20     final OnSelect<ChoiceType> onSelect;  
21     final OnDeselect<ChoiceType> onDeselect;  
22     final String? errorText;  
23  
24     SelectionCard(  
25         {required this.title,  
26         required Iterable<ChoiceType> initialValue,  
27         required this.allChoices,  
28         required this.priorChoices,  
29         required this.onSelect,  
30         required this.onDeselect,  
31         this.errorText,  
32         Key? key})
```

Listing 86: XXXX, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-4/conditional_form/lib/widgets/selection_card.dart](#)

Dadurch, dass das `BehaviorSubject` ein Stream ist, kann die Selektionskarte auf Änderungen reagieren, die sich an `priorChoices` vollziehen, obwohl diese Änderungen außerhalb der Klasse geschehen. Würde stattdessen eine Liste der bisherigen Auswahloptionen übergeben werden, so wäre diese eine Kopie. Diese Kopie hätte den Zustand einer Momentaufnahme aller bisherigen Auswahloptionen zum Zeitpunkt der Konstruktion des `SelectionCard`-Elementes. Alle Änderungen, die nach diesem Zeitpunkt an den Auswahloptionen geschehen sind, würden sich nicht darin widerspiegeln. Eine Selektionskarte würde daher auch keinen Fehler anzeigen, wenn ihre ausgewählten Optionen durch Änderungen von außen invalide werden würden. Der Grund dafür ist, dass sie noch eine alte Kopie der bisherigen Auswahloptionen verwendet.

Eine andere Möglichkeit wäre, eine Setter-Methode zu implementieren, die den Wert der bisherigen Auswahloptionen neu setzt. Doch das Programm verwaltet keine Referenzen auf alle gebauten Selektionskarten. Somit kann auch nicht über eine Referenz eine Setter-Methode aufgerufen werden, denn eine solche Referenz existiert nicht. Die übliche Vorgehensweise wäre in Flutter, das gesamte Widget neu zu zeichnen. Bei Einsatz eines „*Stateful-Widgets*“ und Zustandsänderungen über die `setState`-Methode würde dies das Neuzeichnen des gesamten Formulars bedeuten.

Performante ist es dagegen, wenn nur die Inhalte der Selektionskarten ausgetauscht werden. Anstatt ausschließlich auf die Änderungen der eigenen Auswahloptionen zu reagieren, horcht der `StreamBuilder` nun auf den Stream `priorChoices` (Listing 87, Z. 52) und damit auf die Änderungen aller Auswahlfelder. Vor der Konstruktion der Karte wird nun überprüft, ob einer der ausgewählten Auswahloptionen in `selectedChoices` eine invalide Auswahl enthält (Z. 55-56). Das kann über die Funktion `any` herausgefunden werden, indem für jede ausgewählte Option die Methode `conditionMatches` mit der Menge aller ausgewählten Optionen im gesamten Formular aufgerufen wird (Z. 56). Die rote Farbe der Selektionskarte wurde bereits bei der Validierung im letzten Schritt verwendet, wenn der dem Konstruktor ein `errorText` übergeben wurde. Nun wird diese Bedingung erweitert. Sollte es auch nur eine falsche Selektion geben oder aber der `errorText` gesetzt sein, so ist die Karte rot. Anderenfalls wird dem Parameter `tileColor` `null` übergeben (Z. 70). `null` bedeutet, dass keine Farbe übergeben und damit die Standardfarbe verwendet wird.

```
51 return StreamBuilder(  
52   stream: priorChoices,  
53   builder: (context, snapshot) {  
54     final selectedChoices = selectionViewModel.value;  
55     final bool wrongSelection = selectedChoices  
56       .any((c) => !c.conditionMatches(priorChoices.value));  
57  
58     return Card(  
59       child: Column(  
60         crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,  
61         children: [  
62           ListTile(  
63             focusNode: focusNode,  
64             title: Text(title),  
65             subtitle: Text(  
66               selectedChoices.map((c) => c.description).join(", "),  
67             trailing: const Icon(Icons.edit),  
68             onTap: navigateToSelectionScreen,  
69             tileColor:  
70               wrongSelection || errorText != null ? Colors.red : null,  
69
```

Listing 87: XXXX, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-4/conditional_form/lib/widgets/selection_card.dart](#)

4.20.4 Reagieren des Auswahlbildschirms auf die ausgewählten Optionen

Der Auswahlbildschirm wird im Folgenden um zwei weitere Funktionalitäten erweitert (Listing 88). Sollten durch neue Selektionen im Formular bereits selektierte Optionen im Auswahlbildschirm nun invalide sein, so werden diese rot gefärbt. Weiterhin erscheinen invalide Optionen, die nicht ausgewählt sind, am Ende der Liste ohne Checkbox zum Auswählen. Außerdem erhält die Option ein Kreuz-Icon als Indikator dafür, dass sie nicht ausgewählt werden kann.

Zu diesem Zweck konstruiert der `StreamBuilder` vor der Rückgabe des `ListView`s zwei Mengen. Die Menge `selectedAndSelectableChoices` (Z. 95) beinhaltet alle Auswahloptionen, die entweder selektiert oder selektierbar sind. Dies beinhaltet auch Optionen, die invalide und trotzdem selektiert sind. Die zweite Menge `unselectableChoices` (Z. 96) dagegen beinhaltet alle Optionen, die invalide sind, und nicht selektiert sind.

Eine Schleife iteriert über alle verfügbaren Optionen, welche der Auswahl Bildschirm anzeigt (Z. 90-105). Sollte die Option in den selektierten Optionen enthalten (Z. 99), oder aber mit den Selektionen aller anderen Auswahlfelder kompatibel sein, so wird sie der Menge `selectedAndSelectableChoices` hinzugefügt (Z. 101). In jedem anderen Fall wird die Option Teil der Menge `unselectableChoices` (Z. 103).

Für die Konstruktion der `CheckboxListTile`-Elemente wurde zuvor die Menge aller Auswahloptionen verwendet. Nun wird stattdessen nur die Menge der selektierbaren und selektierten Auswahloptionen genutzt (Z. 108). Neben dem Vergleich, ob die Option selektiert ist (Z. 109), erfolgt nur noch ein weiterer Vergleich, ob die Option inkompatibel mit den ausgewählten Optionen aller anderen Auswahlfelder ist (Z. 111). Das Ergebnis des Vergleiches wird in der lokalen Variable `selectedButDoesNotMatch` gespeichert.

Sollte diese Variable `true` sein, so erscheint das `CheckboxListTile`-Element mit einem rot eingefärbten im Hintergrund. Der Benutzer hat über die Checkbox dann die Möglichkeit, diese Auswahl zu deselektieren. Da das hinterlegte `ViewModel` durch diese Deselektion direkt aktualisiert wird (Z. 122-123), so baut der `StreamBuilder` auch den `ListView` neu. Die deselektierte Option wird dann Teil von der Menge `unselectableChoices` (Z. 103) sein. So erscheint sie dann – ganz genau wie alle anderen unselektierbaren Auswahloptionen – ohne roten Hintergrund aber auch ohne anklickbare Checkbox am Ende der Liste (Z. 134-142).

Solche unselektierbaren Optionen werden schlicht als `ListTile`-Element statt als `CheckCoxListTile` gezeichnet (Z. 135-139). Damit fehlt ihnen die Checkbox zum Selektieren. Über den Parameter `leading` kann jedoch anstelle der Checkbox ein beliebiges Widget – in diesem Fall ein Icon – eingefügt werden. `Icons.close` zeichnet ein Kreuz-Symbol, um zu signalisieren, dass diese Option nicht anwählbar ist.

```

88   title: Text(title),
89 ),
90 body: StreamBuilder(
91   stream: selectionViewModel,
92   builder: (context, snapshot) {
93     final selectedChoices = selectionViewModel.value;
94
95     Set<ChoiceType> selectedAndSelectableChoices = {};
96     Set<ChoiceType> unselectableChoices = {};
97
98     for (ChoiceType c in allChoices) {
99       if (selectedChoices.contains(c) ||
100         c.conditionMatches(priorChoices.value)) {
101         selectedAndSelectableChoices.add(c);
102       } else {
103         unselectableChoices.add(c);
104       }
105     }
106
107     return ListView(children: [
108       ...selectedAndSelectableChoices.map((ChoiceType c) {
109         bool isSelected = selectedChoices.contains(c);
110         bool selectedButDoesNotMatch =
111           !c.conditionMatches(priorChoices.value);
112
113         return CheckboxListTile(
114           key: Key(
115             "valid choice ${allChoices.name} - ${c.abbreviation}"),
116           controlAffinity: ListTileControlAffinity.leading,
117           title: Text(c.description),
118           tileColor: selectedButDoesNotMatch ? Colors.red : null,
119           value: isSelected,
120           onChanged: (selected) {
121             if (selected != null) {
122               selectionViewModel.value =
123                 selectionViewModel.value.rebuild((b) {
124                   b.replace(isSelected ? [] : [c]);
125                 });
126             }
127             if (selected) {
128               onSelect(c);
129             } else {
130               onDeselect(c);
131             }
132           });
133       }).toList(),
134       ...unselectableChoices.map((Choice c) {
135         return ListTile(
136           key: Key(
137             "invalid choice ${allChoices.name} - ${c.abbreviation}"),
138           title: Text(c.description),
139           leading: const Icon(Icons.close));
140       }).toList()
141     ]);

```

Listing 88: XXXX, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-4/conditional_form/lib/widgets/selection_card.dart](#)

4.20.5 Hinzufügen der Momentaufnahme zur Validierung

Alle bisher eingefügten Vergleiche hatten lediglich den Zweck, die invaliden Optionen einzufärben und von der Selektion durch den Benutzer auszuschließen. Doch noch sind sie nicht Teil der Validierung des Formulars. Sollte der Benutzer die aktuell eingetragene Maßnahmen im abgeschlossenen Status abspeichern wollen, so kann dies auch mit invaliden Optionen erfolgen. Um das zu verhindern, wird noch ein Vergleich zu der anonymen Funktion hinzugefügt, welche als Argument dem Parameter `validator` des `FormField` übergeben wird (Listing 89). Sollte auch nur eine der selektierten Optionen `choices` die ihr hinterlegte Bedingungen nicht erfüllen (Z. 132), so speichert die lokale Variable `atLeastOneValueInvalid` den Wert `true` ab (Z. 131).

In dem Fall gibt die Funktion die entsprechende Fehlermeldung an den Benutzer zurück (Z. 135). Somit ist es nun auch nicht mehr möglich, eine Maßnahme abzuspeichern, wenn sie invalide Auswahloptionen enthält. Erst wenn alle Auswahlfelder gefüllt sind und die gefüllten Optionen alle die jeweils hinterlegten Bedingungen erfüllen, so werden die `validator`-Funktionen `null` statt einer Fehlermeldung zurückgeben (Z. 138). Nur dann kann eine Maßnahme mit dem Status „abgeschlossen“ gespeichert werden.

```
121 return FormField(  
122   validator: (_) {  
123     Iterable<Choice> choices = {  
124       if (selectionViewModel.value != null) selectionViewModel.value!  
125     };  
126  
127     if (choices.isEmpty) {  
128       return "Feld ${allChoices.name} enthält keinen Wert!";  
129     }  
130  
131     bool atLeastOneValueInvalid =  
132       choices.any((c) => !c.conditionMatches(vm.priorChoices.value));  
133  
134     if (atLeastOneValueInvalid) {  
135       return "Wenigstens ein Wert im Feld ${allChoices.name} enthält ist fehlerhaft!";  
136     }  
137  
138     return null;  
139   },  
140   builder: (field) => SelectionCard<ChoiceType>(
```

Listing 89: Die Ausgabe der Formularfelder, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-4/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

4.21 Schritt 5

Im letzten Schritt wurde das primäre Problem der Formularanwendung gelöst: Auswahloptionen sollen nur dann anwählbar sein, wenn sie die ihr hinterlegte Bedingung erfüllen. Darüber hinaus können nur Maßnahmen gespeichert werden, deren Auswahloptionen untereinander kompatibel sind.

Durch das Lösen dieses Problems ist ein neues Problem entstanden: Alle Selektionskarten müssen bei einer Selektion neu gezeichnet werden. Bei einer geringen Anzahl von Auswahlfeldern sollte das noch keine gravierenden Auswirkungen auf das Laufzeitverhalten der Applikation haben. Doch je zahlreicher die Auswahlfelder werden, desto länger dauert die Aktualisierung der Oberfläche.

Das Problem kann folgendermaßen entschärft werden: Noch bevor das Widget `SelectionCard` den `StreamBuilder` in der `build`-Methode zurückgibt, wird ein neuer Stream namens `validityChanged` erstellt (Listing 90, Z. 51-54).

Es handelt sich um eine sogenannte Transformation des Streams `priorChoices`, welcher die Momentaufnahme aller ausgewählten Optionen im gesamten Formular übermittelt. Immer dann, wenn der Stream `priorChoices` ein neues Ereignis sendet, geschieht für die Abwandlung dieses Streams folgendes: Die Methode `map` wandelt jedes Ereignis in ein neues Objekt um (Z. 52). Die aktuelle Momentaufnahme der Auswahloptionen im Formular wird dazu im Parameter `choices` gespeichert. Bei der Umwandlung des Ereignisses werden die ausgewählten Optionen der aktuellen Selektionskarte über `selectionViewModel.value` abgerufen. Sollte es sich beispielsweise bei der aktuellen Selektionskarte um das Auswahlfeld der „Kategorie“ handeln, so könnte der ausgewählte Wert „Düngemanagement“ sein. Für den Wert oder die Werte wird nun überprüft, ob sie mit der neuen Momentaufnahme der Selektionen im Formular kompatibel sind. Wurde also beispielsweise bei der neuen Selektion in der „Förderklasse“ nun „Ökolandbau“ ausgewählt, so würde die Option „Düngemanagement“ nun invalide werden, da sie nur mit der Förderklasse „Agrarumwelt-(und Klima)Maßnahme: nur Vertragsnaturschutz“ bzw. „Agrarumwelt-(und Klima)Maßnahmen, tw. auch mit Tierwohl-aspekten, aber OHNE Vertragsnaturschutz“ kompatibel ist. Die Methode `map` wandelt also das neue Ereignis der Momentaufnahme aller Selektionen im Formular in einen einzigen Wahrheitswert um. Ist der Wahrheitswert `true`, bedeutet dies, dass alle ausgewählten Optionen in der aktuellen Selektionskarte valide sind. Ist er dagegen `false`, so ist wenigstens eine der Auswahloption mit den restlichen Auswahloptionen der anderen Auswahlfelder im Formularen nicht kompatibel.

Der resultierende Stream wird weiter transformiert: Durch die Funktion `distinct` (Z. 54) werden nur Ereignisse gesendet, sofern sie sich von dem letzten Ereignis unterscheiden. Ein Beispiel: Für die „Kategorie“ ist „Düngemanagement“ ausgewählt. Für die „Förderklasse“ ist „Erschwernisausgleich“ im letzten Ereignis ausgewählt worden. „Düngemanagement“ ist mit „Erschwernisausgleich“ nicht kompatibel, weshalb das letzte Ereignis des durch `map` transformierten Streams `false` war. Nun wird für die „Förderklasse“ eine weitere Selektion vorgenommen: „Ökolandbau“ wird ausgewählt. Auch diese Option ist mit „Düngemanagement“ nicht kompatibel. Der durch `map` transformierten Stream wird also erneut ein Ereignis mit dem Wert `false` senden. Doch bereits das letzte Ereignis war `false`. Die Methode `distinct` verhindert, dass dieses redundante Ereignis weitergeleitet wird. Nun erfolgt noch eine weitere Selektion: Für die „Förderklasse“ wird „Agrarumwelt-(und Klima)Maßnahme: nur Vertragsnaturschutz“ selektiert. Nun ist die „Kategorie“ „Düngemanagement“ mit der neuen Selektion kompatibel. Der aus der Methode `map` resultierende Stream liefert dieses Mal den Wert `true`. Das letzte Ereignis hatte den Wert `false`. Die Werte der beiden letzten Ereignisse unterscheiden sich also, was dazu führt, dass die Methode `distinct` das veränderte Ereignis nicht filtert sondern weiterleitet.

Der Stream `validityChanged` sendet also immer genau dann Ereignisse, wenn sich etwas an der Validität der Auswahloptionen der aktuellen Selektionskarte ändert. Doch dieser Stream kann nicht für den `StreamBuilder` benutzt werden. Denn wenn sich die Auswahl in der aktuellen Selektionskarte ändert und die Validität dadurch unverändert bleibt, so erfolgt kein neues Zeichnen der Selektionskarte. Deshalb ist eine Kombination der Streams `validityChanged` und `selectionViewModel` erforderlich. Das `BehaviorSubject` `needsRepaint` soll als diese Kombination fungieren (Z. 56). Es wird mit dem Wert (Z. true) initialisiert. Es ist unerheblich, welcher Wert in dem Stream aktuell gespeichert ist. Lediglich dass ein neues Ereignis hinzugefügt wird, um die Aktualisierung der Oberfläche auszulösen, ist wesentlich. Mit der Methode `listen` wird nun sowohl auf den Stream `validityChanged` (Z. 57) als auch auf `selectionViewModel` (Z. 58) gehorcht. Jedes empfangene Ereignis wird dabei dem `BehaviorSubject` `needsRepaint` hinzugefügt.

Dadurch, dass `needsRepaint` für den `StreamBuilder` verwendet wird (Z. 61), zeichnet sich die Selektionskarte immer dann neu, wenn sich die beinhaltenden Auswahloptionen oder aber dessen Validität ändert.

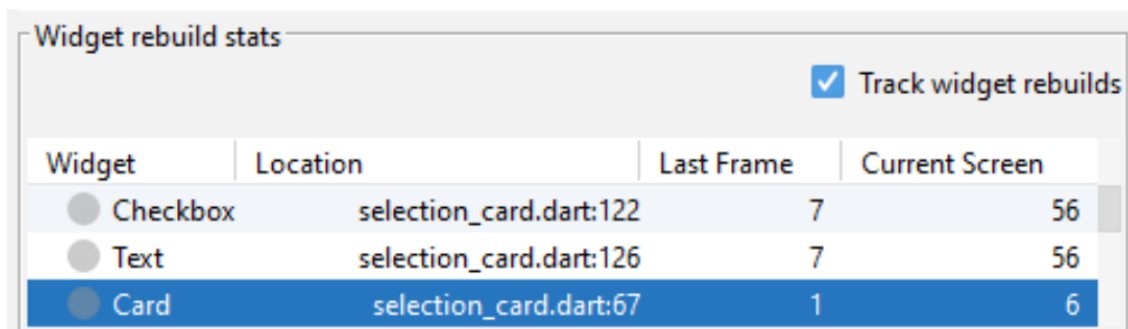
```

51 final validityChanged = priorChoices
52   .map((choices) =>
53     selectionViewModel.value.any((c) => !c.conditionMatches(choices)))
54   .distinct();
55
56 final needsRepaint = BehaviorSubject.seeded(true);
57 validityChanged.listen((value) => needsRepaint.add(true));
58 selectionViewModel.listen((value) => needsRepaint.add(true));
59
60 return StreamBuilder(
61   stream: needsRepaint,
62   builder: (context, snapshot) {
63     final selectedChoices = selectionViewModel.value;
64     final bool wrongSelection = selectedChoices
65       .any((c) => !c.conditionMatches(priorChoices.value));
66
67     return Card(
68       child: Column(
69         crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,
70         children: [
71           ListTile(

```

Listing 90: XXXX, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-5/conditional_form/lib/widgets/selection_card.dart](#)

Dieses Verhalten kann auch bei Ausführung der Applikation im Debugmodus in Android Studio beobachtet werden. Der „Flutter Performance“-Tab gibt eine Übersicht über die Anzahl der im letzten Frame neu gezeichneten Widgets (Abb. 12).



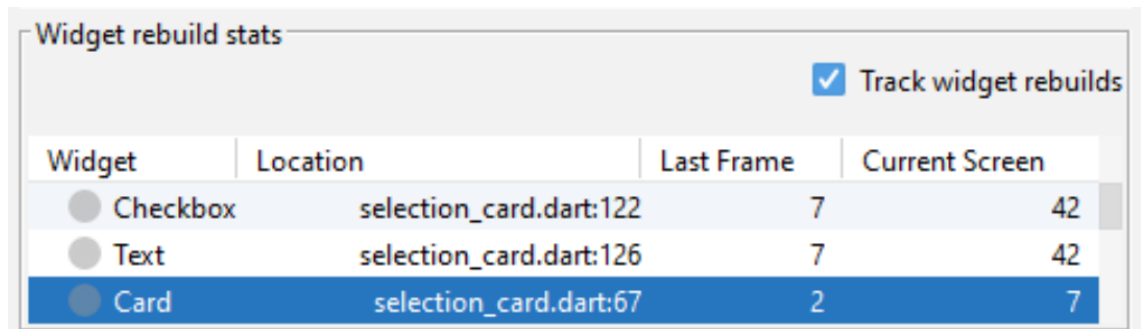
Widget	Location	Last Frame	Current Screen
Checkbox	selection_card.dart:122	7	56
Text	selection_card.dart:126	7	56
Card	selection_card.dart:67	1	6

Abbildung 12: XXXXX, Quelle: Eigene Abbildung

Angenommen für die „Förderklasse“ ist „Agrarumwelt-(und Klima)Maßnahme: nur Ver-

tragsnaturschutz“ und für die „Kategorie“ ist „Düngemanagement“ ausgewählt. Wenn nun für die Förderklasse die Option „Agrarumwelt-(und Klima)Maßnahmen, tw. auch mit Tierwohlaspekten, aber OHNE Vertragsnaturschutz“ selektiert wird, so ist im „Flutter Performance“-Tab zu beobachten, dass das Widget Card nur einmal neu gezeichnet wurde.

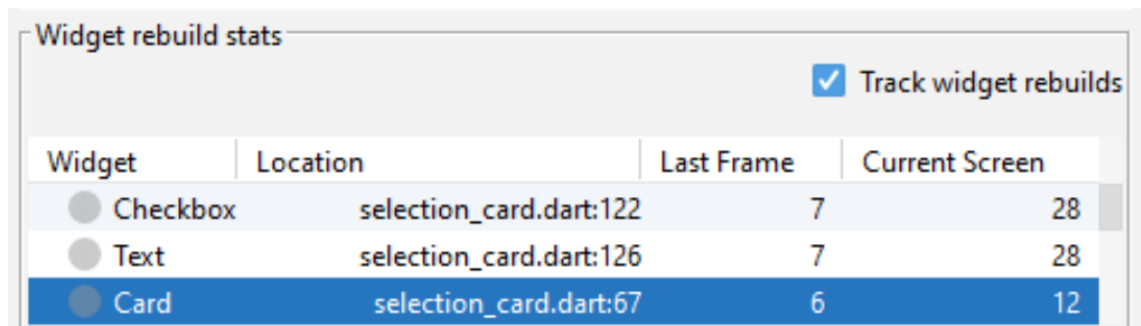
Das ergibt Sinn, denn es hat sich nichts an der Validität eines anderen Auswahlfeld geändert. Lediglich die Selektionskarte für die Förderklasse muss neu gezeichnet werden, da sich seine Selektion angepasst hat. Wird nun aber die „Förderklasse“ „Ökolandbau“ ausgewählt, so ist zu beobachten, dass das Card Widget zweimal gebaut wurde: Einmal für die Selektionskarte der „Förderklasse“, da sich dessen ViewModel änderte; Ein weiteres Mal für die Selektionskarte der „Kategorie“, da die Auswahl „Düngemanagement“ nicht länger valide ist und die Karte deshalb mit einem roten Hintergrund eingefärbt werden muss (Abb. 13).



Widget	Location	Last Frame	Current Screen
Checkbox	selection_card.dart:122	7	42
Text	selection_card.dart:126	7	42
Card	selection_card.dart:67	2	7

Abbildung 13: XXXXX, Quelle: Eigene Abbildung

Ohne die Änderungen in diesem Schritt zeigt der „Flutter Performance“-Tab, dass sich bei jeder Auswahl einer Option sechs Card-Elemente aktualisieren (Abb. 14). Das ist der Fall, weil es in Summe sechs Auswahlfelder gibt.



Widget	Location	Last Frame	Current Screen
Checkbox	selection_card.dart:122	7	28
Text	selection_card.dart:126	7	28
Card	selection_card.dart:67	6	12

Abbildung 14: XXXXX, Quelle: Eigene Abbildung

Teil III

Anhang

A Technologiewahl Anhang

A.1 Stimmen verwendeter Frameworks

Auf diesen Anhang verweisen!

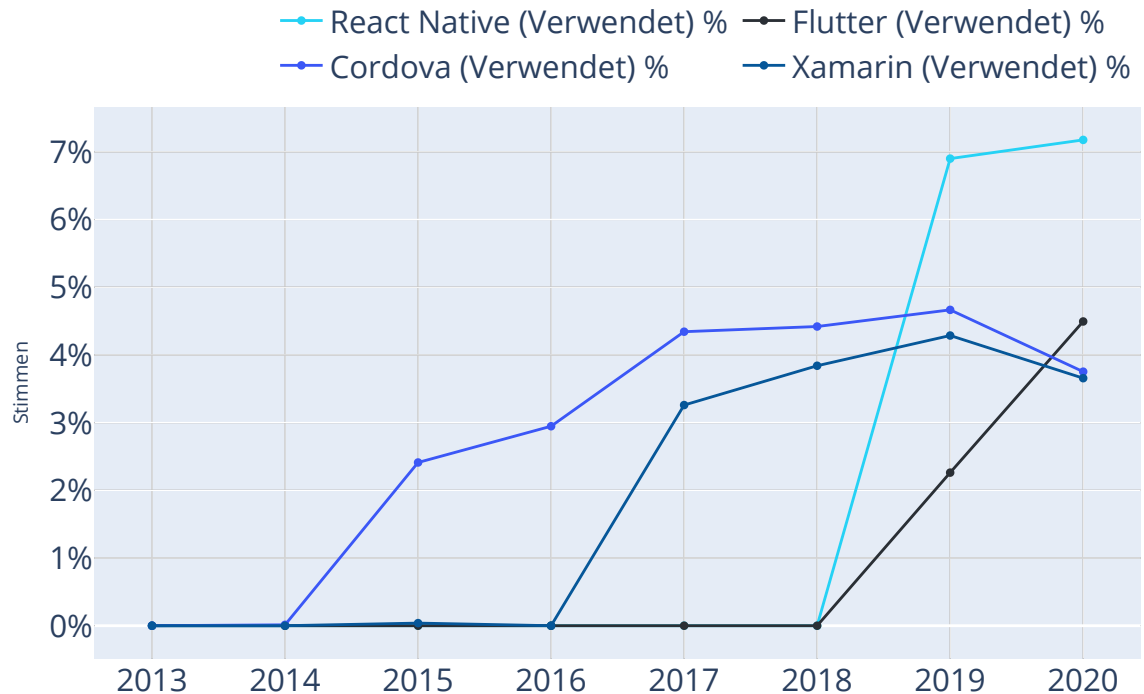


Abbildung 15: Stimmen verwendeter Frameworks, Quelle: Eigene Abbildung, Notebook: [Charts/StackOverflowUmfrage/StackOverflowUmfrage.ipynb](#), Daten-Quelle: FEHLT!

A.2 Stimmen gewünschter Frameworks

Auf diesen Anhang verweisen!

B Vergleich React Native und Flutter Anhang

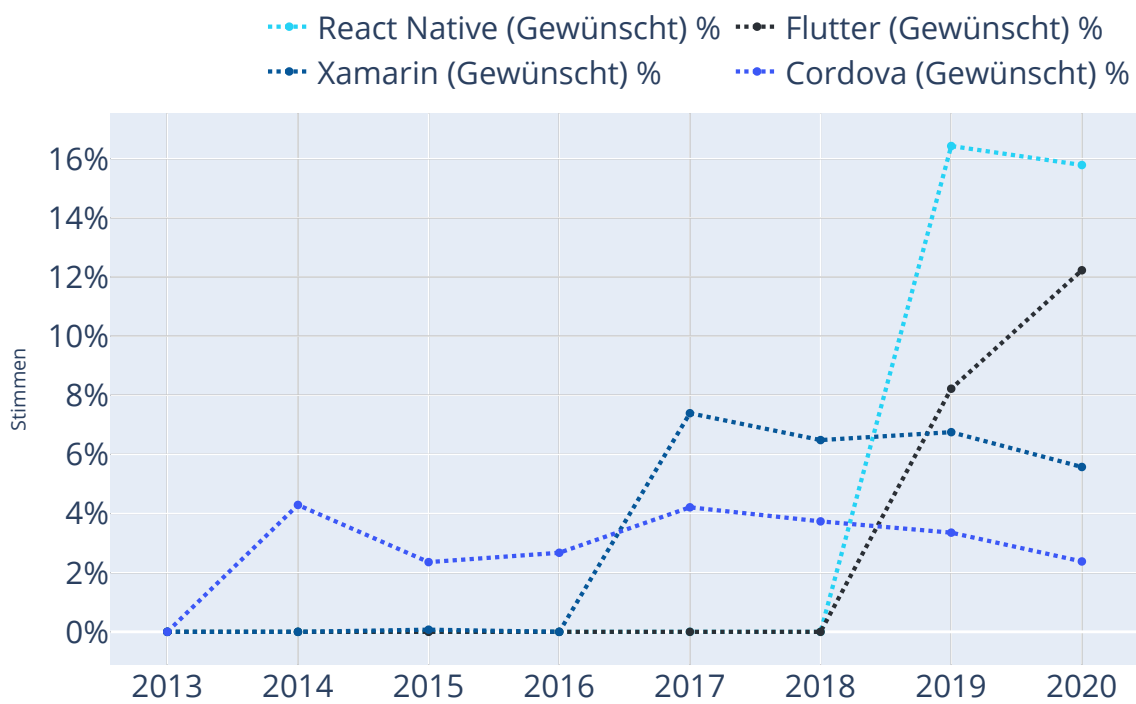


Abbildung 16: Stimmen gewünschter Frameworks, Quelle: Eigene Abbildung, Notebook: [Charts/StackOverflowUmfrage/StackOverflowUmfrage.ipynb](#), Daten-Quelle: **FEHLT!**

```

1 import 'package:flutter/material.dart';
2 import 'validation.dart';
3
4 void main() => runApp(MyApp());
5
6 class MyApp extends StatelessWidget {
7   @override
8   Widget build(BuildContext context) => MaterialApp(
9     home: Scaffold(
10       body: MyCustomForm(),
11     ),
12   );
13 }
14
15 class MyCustomForm extends StatefulWidget {
16   @override
17   MyCustomFormState createState() => MyCustomFormState();
18 }
19
20 class MyCustomFormState extends State<MyCustomForm> {
21   final _formKey = GlobalKey<FormState>();
22
23   @override
24   Widget build(BuildContext context) => Form(
25     key: _formKey,
26     child: Padding(
27       padding: const EdgeInsets.all(8.0),
28       child: Column(
29         children: [
30           TextFormField(
31             decoration: const InputDecoration(labelText: "Name"),
32             validator: (String? value) =>
33               validateNotEmpty("Name", value)),
34           TextFormField(
35             decoration: const InputDecoration(labelText: "Email"),
36             validator: (String? value) => validateEmail("Name", value)),
37           TextFormField(
38             decoration: const InputDecoration(labelText: "Password"),
39             validator: (String? value) =>
40               validateNotEmpty("Password", value)),
41           Padding(
42             padding: const EdgeInsets.symmetric(vertical: 16.0),
43             child: ElevatedButton(
44               onPressed: () {
45                 if (_formKey.currentState!.validate()) {
46                   ScaffoldMessenger.of(context).showSnackBar(
47                     SnackBar(content: Text('Processing Data')));
48                 }
49               },
50               child: Text('Submit'),
51             ),
52           ),
53         ],
54       ),
55     ),
56   );
57 }

```

Listing 91: , Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Vergleich/form-in-flutter/lib/main.dart](#)

```

1 final emailPattern = RegExp(
2     r'^(([^<>()\[\]\\\.,;:\s@"]+(\.[^<>()\[\]\\\.,;:\s@"]+)*|"(."+)")@((\[[0-9]{1,3}\. \_]|
    ↪ [0-9]{1,3}\. [0-9]{1,3}\. [0-9]{1,3}\)|((\[[a-zA-Z\-0-9]+\.\.)+[a-zA-Z]{2,}))$')';
3
4 String? validateEmail(String label, String? value) {
5     if (value == null || value.isEmpty) {
6         return '$label is required';
7     } else if (!emailPattern.hasMatch(value)) {
8         return 'Invalid Email Format';
9     } else {
10         return null;
11     }
12 }
13
14 String? validateNotEmpty(String label, String? value) {
15     if (value == null || value.isEmpty) {
16         return '$label is required';
17     } else {
18         return null;
19     }
20 }

```

Listing 92: , Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Vergleich/form-in-flutter/lib/validation.dart](#)

```

1  import * as React from 'react';
2  import {
3    Text,
4    View,
5    StyleSheet,
6    Button,
7    Alert,
8    ScrollView,
9  } from 'react-native';
10 import { KeyboardAwareScrollView } from 'react-native-keyboard-aware-scroll-view';
11
12 import Constants from 'expo-constants';
13 import { useForm } from 'react-hook-form';
14
15 // You can import from local files
16 import Input from './components/Input';
17 import Form from './components/Form';
18 import validation from './validation';
19 import Hero from './Hero';
20
21 type FormData = {
22   name: string;
23   email: string;
24   password: string;
25 };
26
27 export default () => {
28   const { handleSubmit, register, setValue, errors } = useForm<FormData>();
29
30   const onSubmit = (data: FormData) => {
31     Alert.alert('data', JSON.stringify(data));
32   };
33
34   return (
35     <KeyboardAwareScrollView
36       contentContainerStyle={styles.container}
37       style={{ backgroundColor: '#181e34' }}>
38       <Hero />
39       <View style={styles.formContainer}>
40         <Form {...{ register, setValue, validation, errors }}>
41           <Input name="name" label="Name" />
42           <Input name="email" label="Email" />
43           <Input name="password" label="Password" secureTextEntry={true} />
44           <Button title="Submit" onPress={handleSubmit(onSubmit)} />
45         </Form>
46       </View>
47     </KeyboardAwareScrollView>
48   );
49 };
50
51 const styles = StyleSheet.create({
52   container: {
53     flex: 1,
54     justifyContent: 'center',
55     paddingTop: Constants.statusBarHeight,
56     backgroundColor: '#181e34',
57   },
58   formContainer: {
59     padding: 8,
60     flex: 1,
61   },
62   button: {
63     backgroundColor: 'red',
64   },
65 });

```

Listing 93: , Quelle: <https://dev.to/elaziziyousseuf/forms-in-react-native-the-right-way-4d46>,
Datei: Quellcode/Vergleich/form-in-react-native-the-right-way/App.tsx

```

1 import * as React from 'react';
2 import { Text, View, StyleSheet, Image } from 'react-native';
3
4 export default () => {
5   return (
6     <View style={styles.container}>
7       <Image style={styles.logo} source={require('./assets/hero.jpg')} />
8       <Text style={styles.paragraph}>
9         Form in React Native, The right Way!
10      </Text>
11    </View>
12  );
13 }
14
15 const styles = StyleSheet.create({
16   container: {
17     justifyContent: 'center',
18     flex: 1,
19   },
20   paragraph: {
21     margin: 24,
22     marginTop: 0,
23     fontSize: 34,
24     fontWeight: 'bold',
25     textAlign: 'center',
26     color: '#FFF'
27   },
28   logo: {
29     width: '100%',
30     height: 200
31   }
32 });

```

Listing 94: , Quelle: <https://dev.to/elaziziyoussouf/forms-in-react-native-the-right-way-4d46>,
Datei: [Quellcode/Vergleich/form-in-react-native-the-right-way/Hero.tsx](#)

```

1 export default {
2   name: {required: {value: true, message: 'Name is required'}}},
3   email: {
4     required: {value: true, message: 'Email is required'},
5     pattern: {
6       value: /^(~<>()\[\\]\.\,;\s@"]+(\.~<>()\[\\]\.\,;\s@"]+)*|(".*")@_|
7         ↳ ((\[0-9]{1,3}\.[0-9]{1,3}\.[0-9]{1,3}\.[0-9]{1,3}\]|([a-zA-Z\-0-9]+\.\_|
8         ↳ )+[a-zA-Z]{2,}))$/,
9       message: 'Invalid Email Format',
10    },
11  },
12  password: {
13    required: {value: true, message: 'Password is required'},
14  },
15 };

```

Listing 95: , Quelle: <https://dev.to/elaziziyoussouf/forms-in-react-native-the-right-way-4d46>,
Datei: [Quellcode/Vergleich/form-in-react-native-the-right-way/validation.tsx](#)


```

1 import * as React from 'react';
2 import { TextInput, KeyboardAvoidingView, findNodeHandle } from 'react-native';
3 import { ValidationOptions, FieldError } from 'react-hook-form';
4
5 interface ValidationMap {
6   [key: string]: ValidationOptions;
7 }
8
9 interface ErrorMap {
10   [key: string]: FieldError | undefined;
11 }
12
13 interface Props {
14   children: JSX.Element | JSX.Element[];
15   register: (
16     field: { name: string },
17     validation?: ValidationOptions
18   ) => void;
19   errors: ErrorMap;
20   validation: ValidationMap;
21   setValue: (name: string, value: string, validate?: boolean) => void;
22 }
23
24 export default ({
25   register,
26   errors,
27   setValue,
28   validation,
29   children,
30 }: Props) => {
31   const Inputs = React.useRef<Array<TextInput>>([]);
32
33   React.useEffect(() => {
34     (Array.isArray(children) ? [...children] : [children]).forEach((child) => {
35       if (child.props.name)
36         register({ name: child.props.name }, validation[child.props.name]);
37     });
38   }, [register]);
39
40   return (
41     <>
42       {(Array.isArray(children) ? [...children] : [children]).map(
43         (child, i) => {
44           return child.props.name
45             ? React.createElement(child.type, {
46               ...{
47                 ...child.props,
48                 ref: (e: TextInput) => {
49                   Inputs.current[i] = e;
50                 },
51                 onChangeText: (v: string) =>
52                   setValue(child.props.name, v, true),
53                 onSubmitEditing: () => {
54                   Inputs.current[i + 1]
55                     ? Inputs.current[i + 1].focus()
56                     : Inputs.current[i].blur();
57               },
58               //onBlur: () => triggerValidation(child.props.name),
59               blurOnSubmit: false,
60               //name: child.props.name,
61               error: errors[child.props.name],
62             },
63           )}
64           : child;
65         }
66       )}
67     </>
68   );
69 };

```

```

1  import * as React from 'react';
2  import {
3    View,
4    TextInput,
5    Text,
6    StyleSheet,
7    ViewStyle,
8    TextStyle,
9    TextInputProps,
10 } from 'react-native';
11 import { FieldError } from 'react-hook-form';
12 interface Props extends TextInputProps {
13   name: string;
14   label?: string;
15   labelStyle?: TextStyle;
16   error?: FieldError | undefined;
17 }
18
19 export default React.forwardRef<any, Props>((
20   (props, ref): React.ReactElement => {
21     const { label, labelStyle, error, ...inputProps } = props;
22
23     return (
24       <View style={styles.container}>
25         {label && <Text style={[styles.label, labelStyle]}>{label}</Text>}
26         <TextInput
27           autoCapitalize="none"
28           ref={ref}
29           style={[styles.input, { borderColor: error ? '#fc6d47' : '#c0cbd3' }]}
30           {...inputProps}
31         />
32         <Text style={styles.textError}>{error && error.message}</Text>
33       </View>
34     );
35   }
36 );
37
38 const styles = StyleSheet.create({
39   container: {
40     marginVertical: 8,
41   },
42   input: {
43     borderStyle: 'solid',
44     borderWidth: 1,
45     borderRadius: 5,
46     paddingVertical: 5,
47     paddingLeft: 5,
48     fontSize: 16,
49     height: 40,
50     color: '#c0cbd3',
51   },
52   label: {
53     paddingVertical: 5,
54     fontSize: 16,
55     fontWeight: 'bold',
56     color: '#c0cbd3',
57   },
58   textError: {
59     color: '#fc6d47',
60     fontSize: 14,
61   },
62 });

```

Listing 97: , Quelle: <https://dev.to/elaziziyoussouf/forms-in-react-native-the-right-way-4d46>,
 Datei: [Quellcode/Vergleich/form-in-react-native-the-right-way/components/Input.tsx](#)

Teil IV

Implementierung

C Schritt 1 Anhang

Ich wurde zwischengeparkt

Strategie Entwurfsmuster Das Strategie Entwurfsmuster ist ein Verhaltensmuster. Es erlaubt Algorithmen zu kapseln und auszutauschen. Die Typdefinition `OnSelectCallback` (Z. 4) kann nach dem Strategie-Entwurfsmuster als die Schnittstelle namens „*Strategie*“ interpretiert werden. Sie definiert, welche Voraussetzung an die Schnittstelle gegeben ist. In diesem Fall ist die Voraussetzung, dass es sich um eine Funktion ohne Rückgabewert handelt, der eine Maßnahme als erstes Argument übergeben wird. Dementsprechend ist der Parameter `onSelect` im Konstruktor die sogenannte „*konkrete Strategie*“, die dieser Schnittstelle entsprechen muss. Der „*Kontext*“ ist schließlich die aufrufende Oberfläche `MassnahmenMasterScreen`. Die konkrete Strategie, die der Übersichts-Bildschirm der Tabelle übergibt, verwendet die selektierte Maßnahme, um damit die Eingabemaske zu öffnen.

Ich wurde zwischengeparkt

```
48 test('Storage with one Massnahme deserialises without error', () {
49   var json = {
50     "massnahmen": [
51       {
52         "guid": "test massnahme id",
53         "letzteBearbeitung": {
54           "letztesBearbeitungsDatum": 0,
55           "letzterStatus": "bearb"
56         },
57         "identifikatoren": {"massnahmenTitel": "Massnahme 1"}
58       }
59     ]
60   };
61
62   var expectedStorage = Storage();
63   expectedStorage =
64     expectedStorage.rebuild((b) => b.massnahmen.add(Massnahme((b) => b
65       ..guid = "test massnahme id"
66       ..identifikatoren.massnahmenTitel = "Massnahme 1"
67       ..letzteBearbeitung.update((b) {
68         b.letztesBearbeitungsDatum =
69           DateTime.fromMillisecondsSinceEpoch(0, isUtc: true);
70       })))));
71
72   var actualStorage = serializers.deserializeWith(Storage.serializer, json);
73
74   expect(actualStorage, equals(expectedStorage));
```

Listing 98: Ein automatisierter Testfall überprüft, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-1/conditional_form/test/data_model/storage_test.dart](#)

D Schritt 2 Anhang

E Schritt 3 Anhang

```

5 class FoerderklasseChoice extends Choice {
6   static final oelb = FoerderklasseChoice("oelb", "Ökolandbau");
7   static final azl = FoerderklasseChoice("azl", "Ausgleichszulage");
8   static final ea = FoerderklasseChoice("ea", "Erschwerenausgleich");
9   static final aukm_nur_vns = FoerderklasseChoice("aukm_nur_vns",
10     "Agrarumwelt-(und Klima)Maßnahme: nur Vertragsnaturschutz");
11   static final aukm_ohne_vns = FoerderklasseChoice("aukm_ohne_vns",
12     "Agrarumwelt-(und Klima)Maßnahmen, tw. auch mit Tierwohlaspekten, aber OHNE
13     ↳ Vertragsnaturschutz");
14   static final twm_ziel = FoerderklasseChoice(
15     "twm_ziel", "Tierschutz/Tierwohlmaßnahmen mit diesem als Hauptziel");
16   static final contact =
17     FoerderklasseChoice("contact", "bitte um Unterstützung");
18   FoerderklasseChoice(String abbreviation, String description,
19     {bool Function(Set<Choice> choices)? condition})
20     : super(abbreviation, description);
21 }
22
23 final foerderklasseChoices = Choices<FoerderklasseChoice>({
24   FoerderklasseChoice.oelb,
25   FoerderklasseChoice.azl,
26   FoerderklasseChoice.ea,
27   FoerderklasseChoice.aukm_nur_vns,
28   FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns,
29   FoerderklasseChoice.twm_ziel,
30   FoerderklasseChoice.contact
31 }, name: "Förderklasse");
32
33 class KategorieChoice extends Choice {
34   static final zf_us =
35     KategorieChoice("zf_us", "Anbau Zwischenfrucht/Untersaat");
36   static final anlage_pflege =
37     KategorieChoice("anlage_pflege", "Anlage/Pflege Struktur");
38   static final dungmang = KategorieChoice("dungmang", "Düngemanagement");
39   static final extens = KategorieChoice("extens", "Extensivierung");
40   static final flst = KategorieChoice("flst", "Flächenstilllegung/Brache");
41   static final umwandlg = KategorieChoice("umwandlg", "Nutzungsumwandlung");
42   static final bes_kult_rass = KategorieChoice(
43     "bes_kult_rass", "Förderung bestimmter Rassen / Sorten / Kulturen");
44   static final contact = KategorieChoice("contact", "bitte um Unterstützung");
45
46   KategorieChoice(String abbreviation, String description)
47     : super(abbreviation, description);
48 }
49
50 final kategorieChoices = Choices<KategorieChoice>({
51   KategorieChoice.zf_us,
52   KategorieChoice.anlage_pflege,
53   KategorieChoice.dungmang,
54   KategorieChoice.extens,
55   KategorieChoice.flst,
56   KategorieChoice.umwandlg,
57   KategorieChoice.bes_kult_rass,
58   KategorieChoice.contact
59 }, name: "Kategorie");

```

Listing 99: Die Mengen foerderklasseChoices und kategorieChoices , Quelle: Eigenes Listing, Datei: Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/choices/choices.dart

```

61 class ZielflaecheChoice extends Choice {
62   static final ka = ZielflaecheChoice("ka", "keine Angabe/Vorgabe");
63   static final al = ZielflaecheChoice("al", "AL");
64   static final gl = ZielflaecheChoice("gl", "GL");
65   static final lf = ZielflaecheChoice("lf", "LF");
66   static final dk_sk = ZielflaecheChoice("dk_sk", "DK/SK");
67   static final hff = ZielflaecheChoice("hff", "HFF");
68   static final biotop_le =
69     ZielflaecheChoice("biotop_le", "Landschaftselement/Biotop o.Ä.");
70   static final wald = ZielflaecheChoice("wald", "Wald/Forst");
71   static final contact = ZielflaecheChoice("contact", "bitte um Unterstützung");
72
73   ZielflaecheChoice(String abbreviation, String description)
74     : super(abbreviation, description);
75 }
76
77 final zielflaecheChoices = Choices<ZielflaecheChoice>({
78   ZielflaecheChoice.ka,
79   ZielflaecheChoice.al,
80   ZielflaecheChoice.gl,
81   ZielflaecheChoice.lf,
82   ZielflaecheChoice.dk_sk,
83   ZielflaecheChoice.hff,
84   ZielflaecheChoice.biotop_le,
85   ZielflaecheChoice.wald,
86   ZielflaecheChoice.contact
87 }, name: "Zielfläche");
88
89 class ZieleinheitChoice extends Choice {
90   static final ka = ZieleinheitChoice("ka", "keine Angabe/Vorgabe");
91   static final m3 = ZieleinheitChoice("m3", "m³ (z.B. Gülle)");
92   static final pieces =
93     ZieleinheitChoice("pieces", "Kopf/Stück (z.B. Tiere oder Bäume)");
94   static final gve = ZieleinheitChoice("gve", "GV/GVE");
95   static final rgve = ZieleinheitChoice("rgve", "RGV");
96   static final ha = ZieleinheitChoice("ha", "ha");
97   static final contact = ZieleinheitChoice("contact", "bitte um Unterstützung");
98
99   ZieleinheitChoice(String abbreviation, String description)
100     : super(abbreviation, description);
101 }
102
103 final zieleinheitChoices = Choices<ZieleinheitChoice>({
104   ZieleinheitChoice.ka,
105   ZieleinheitChoice.m3,
106   ZieleinheitChoice.pieces,
107   ZieleinheitChoice.gve,
108   ZieleinheitChoice.rgve,
109   ZieleinheitChoice.ha,
110   ZieleinheitChoice.contact
111 }, name: "Zieleinheit");

```

Listing 100: Die Mengen zielflaecheChoices und zieleinheitChoices, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/choices/choices.dart](#)

```

113 class ZielsetzungLandChoice extends Choice {
114   static final ka = ZielsetzungLandChoice("ka", "keine Angabe/Vorgabe");
115   static final bsch = ZielsetzungLandChoice("bsch", "Bodenschutz");
116   static final wsch = ZielsetzungLandChoice("wsch", "Gewässerschutz");
117   static final asch = ZielsetzungLandChoice("asch", "Spezieller Artenschutz");
118   static final biodiv = ZielsetzungLandChoice("biodiv", "Biodiversität");
119   static final struktviel =
120     ZielsetzungLandChoice("struktviel", "Erhöhung der Strukturvielfalt");
121   static final genet_res = ZielsetzungLandChoice("genet_res",
122     "Erhaltung genetischer Ressourcen (Pflanzen, z. B. im Grünland, und Tiere, z. B.
123     ↳ bedrohte Rassen)");
124   static final tsch = ZielsetzungLandChoice(
125     "tsch", "Tierschutz/Maßnahmen zum Tierwohl im Betrieb");
126   static final klima = ZielsetzungLandChoice("klima", "Klima");
127   static final contact =
128     ZielsetzungLandChoice("contact", "bitte um Unterstützung");
129   ZielsetzungLandChoice(String abbreviation, String description)
130     : super(abbreviation, description);
131 }
132
133 final _zielsetzungLandChoices = {
134   ZielsetzungLandChoice.ka,
135   ZielsetzungLandChoice.bsch,
136   ZielsetzungLandChoice.wsch,
137   ZielsetzungLandChoice.asch,
138   ZielsetzungLandChoice.biodiv,
139   ZielsetzungLandChoice.struktviel,
140   ZielsetzungLandChoice.genet_res,
141   ZielsetzungLandChoice.tsch,
142   ZielsetzungLandChoice.klima,
143   ZielsetzungLandChoice.contact
144 };
145
146 final hauptzielsetzungLandChoices = Choices<ZielsetzungLandChoice>(
147   _zielsetzungLandChoices,
148   name: "Hauptzielsetzung Land");

```

Listing 101: Die Menge hauptzielsetzungLandChoices, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-2/conditional_form/lib/choices/choices.dart](#)

```

35 void saveRecord() {
36   ScaffoldMessenger.of(context)
37     ..hideCurrentSnackBar()
38     ..showSnackBar(
39       const SnackBar(content: Text('Massnahme wird gespeichert ...')));
40
41   model.putMassnahmeIfAbsent(vm.model);
42 }

```

Listing 102: Die Maßnahmencharakteristika Selektionskarten werden ergänzt, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-3/conditional_form/lib/screens/massnahmen_detail/massnahmen_detail.dart](#)

F Schritt 4 Anhang

```
33 class KategorieChoice extends Choice {
34   static final zf_us = KategorieChoice(
35     "zf_us", "Anbau Zwischenfrucht/Untersaat",
36     condition: (choices) =>
37       choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns));
38   static final anlage_pflege = KategorieChoice(
39     "anlage_pflege", "Anlage/Pflege Struktur",
40     condition: (choices) =>
41       choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_nur_vns) ||
42       choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns));
43   static final dungmang = KategorieChoice("dungmang", "Düngemanagement",
44     condition: (choices) =>
45       choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_nur_vns) ||
46       choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns));
47   static final extens = KategorieChoice("extens", "Extensivierung");
48   static final flst = KategorieChoice("flst", "Flächenstilllegung/Brache",
49     condition: (choices) =>
50       choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_nur_vns) ||
51       choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns));
52   static final umwandlg = KategorieChoice("umwandlg", "Nutzungsumwandlung",
53     condition: (choices) =>
54       choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_nur_vns) ||
55       choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns));
56   static final bes_kult_rass = KategorieChoice(
57     "bes_kult_rass", "Förderung bestimmter Rassen / Sorten / Kulturen",
58     condition: (choices) => !choices.contains(FoerderklasseChoice.ea));
59   static final contact = KategorieChoice("contact", "bitte um Unterstützung");
60
61   KategorieChoice(String abbreviation, String description,
62     {bool Function(Set<Choice> choices)? condition})
63     : super(abbreviation, description, condition: condition);
64 }
```

Listing 103: XXXXX, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-4/conditional_form/lib/choices/choices.dart](#)


```

77 class ZielflaecheChoice extends Choice {
78   static final ka = ZielflaecheChoice("ka", "keine Angabe/Vorgabe");
79   static final al = ZielflaecheChoice("al", "AL",
80     condition: (choices) => !choices.contains(KategorieChoice.zf_us));
81   static final gl = ZielflaecheChoice("gl", "GL");
82   static final lf = ZielflaecheChoice("lf", "LF");
83   static final dk_sk = ZielflaecheChoice("dk_sk", "DK/SK",
84     condition: (choices) => !choices.contains(FoerderklasseChoice.twm_ziel));
85   static final hff = ZielflaecheChoice("hff", "HFF");
86   static final biotop_le = ZielflaecheChoice(
87     "biotop_le", "Landschaftselement/Biotop o.Ä.",
88     condition: (choices) =>
89       (choices.contains(FoerderklasseChoice.azl) ||
90         choices.contains(FoerderklasseChoice.ea) ||
91         choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_nur_vns) ||
92         choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns)) &&
93       (!choices.contains(KategorieChoice.zf_us) ||
94         !choices.contains(KategorieChoice.bes_kult_rass)));
95   static final wald = ZielflaecheChoice("wald", "Wald/Forst",
96     condition: (choices) =>
97       (choices.contains(FoerderklasseChoice.ea) ||
98         choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_nur_vns) ||
99         choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns)) &&
100       (!choices.contains(KategorieChoice.zf_us) ||
101         !choices.contains(KategorieChoice.bes_kult_rass)));
102   static final contact = ZielflaecheChoice("contact", "bitte um Unterstützung");
103
104   ZielflaecheChoice(String abbreviation, String description,
105     {bool Function(Set<Choice> choices)? condition})
106     : super(abbreviation, description, condition: condition);
107 }

```

Listing 104: XXXXX, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-4/conditional_form/lib/choices/choices.dart](#)

```

121 class ZieleinheitChoice extends Choice {
122   static final ka = ZieleinheitChoice("ka", "keine Angabe/Vorgabe");
123   static final m3 = ZieleinheitChoice("m3", "m3 (z.B. Gülle)",
124     condition: (choices) =>
125       (choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_nur_vns) ||
126         choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns)) &&
127       (choices.contains(KategorieChoice.dungmang) ||
128         choices.contains(KategorieChoice.extens)) &&
129       (!choices.contains(ZielflaecheChoice.ka) &&
130         !choices.contains(ZielflaecheChoice.contact)));
131   static final pieces = ZieleinheitChoice(
132     "pieces", "Kopf/Stück (z.B. Tiere oder Bäume)",
133     condition: (choices) =>
134       (choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_nur_vns) ||
135         choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns) ||
136         choices.contains(FoerderklasseChoice.twm_ziel)) &&
137       (!choices.contains(KategorieChoice.zf_us) ||
138         !choices.contains(KategorieChoice.flst) ||
139         !choices.contains(KategorieChoice.umwandlg)) &&
140       (!choices.contains(ZielflaecheChoice.ka) &&
141         !choices.contains(ZielflaecheChoice.contact)));
142   static final gve = ZieleinheitChoice("gve", "GV/GVE",
143     condition: (choices) =>
144       (choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_nur_vns) ||
145         choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns) ||
146         choices.contains(FoerderklasseChoice.twm_ziel)) &&
147       (!choices.contains(KategorieChoice.zf_us) ||
148         !choices.contains(KategorieChoice.anlage_pflege) ||
149         !choices.contains(KategorieChoice.flst) ||
150         !choices.contains(KategorieChoice.umwandlg)) &&
151       (!choices.contains(ZielflaecheChoice.ka) &&
152         !choices.contains(ZielflaecheChoice.contact)));
153   static final rgve = ZieleinheitChoice("rgve", "RGV",
154     condition: (choices) =>
155       (choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_nur_vns) ||
156         choices.contains(FoerderklasseChoice.aukm_ohne_vns) ||
157         choices.contains(FoerderklasseChoice.twm_ziel)) &&
158       (!choices.contains(KategorieChoice.zf_us) ||
159         !choices.contains(KategorieChoice.anlage_pflege) ||
160         !choices.contains(KategorieChoice.flst) ||
161         !choices.contains(KategorieChoice.umwandlg)) &&
162       (!choices.contains(ZielflaecheChoice.ka) &&
163         !choices.contains(ZielflaecheChoice.contact)));
164   static final ha = ZieleinheitChoice("ha", "ha",
165     condition: (choices) =>
166       !choices.contains(ZielflaecheChoice.ka) &&
167       !choices.contains(ZielflaecheChoice.contact));
168   static final contact = ZieleinheitChoice("contact", "bitte um Unterstützung");
169
170   ZieleinheitChoice(String abbreviation, String description,
171     {bool Function(Set<Choice> choices)? condition})
172     : super(abbreviation, description, condition: condition);
173 }

```

Listing 105: XXXXX, Quelle: Eigenes Listing, Datei: [Quellcode/Schritt-4/conditional_form/lib/choices/choices.dart](#)

Literatur

- <Formik /> | Formik Docs API. Juni 2021. URL: https://web.archive.org/web/20210409184616if_/https://formik.org/docs/api/formik (Zitiert auf der Seite 26).
- Adobe Inc. *FAQ | PhoneGap Docs*. Aug. 2016. URL: <https://web.archive.org/web/20200806024626/http://docs.phonegap.com/phonegap-build/faq/> (Zitiert auf der Seite 23).
- *Update for Customers Using PhoneGap and PhoneGap Build*. Aug. 2020. URL: <https://web.archive.org/web/20200811121213/https://blog.phonegap.com/update-for-customers-using-phonegap-and-phonegap-build-cc701c77502c?gi=df435eca31bb> (Zitiert auf der Seite 23).
- Beck, Kent. *Test-driven development: by example*. Addison-Wesley Professional, 2003. URL: <https://archive.org/details/extremeprogrammi00beck/page/9> (Zitiert auf der Seite 74).
- Borenkraout, Matan. *Native Testing Library Introduction | Testing Library Docs*. Nov. 2020. URL: <https://web.archive.org/web/20210128142719/https://testing-library.com/docs/react-native-testing-library/intro/> (Zitiert auf der Seite 27).
- Bray, Brandon. *Async in 4.5: Worth the Await*. Apr. 2012. URL: <https://web.archive.org/web/20210702135551/https://devblogs.microsoft.com/dotnet/async-in-4-5-worth-the-await/> (besucht am 09.08.2021) (Zitiert auf der Seite 19).
- Does redux-form work with React Native?* Juni 2021. URL: <https://web.archive.org/web/20210602234346/https://redux-form.com/7.3.0/docs/faq/reactnative.md/> (Zitiert auf der Seite 25).
- Facebook Inc. *The React Native Ecosystem*. Juni 2021. URL: <https://web.archive.org/web/20210602191504/https://github.com/facebook/react-native/blob/d48f7ba748a905818e8c64fe70fe5b24aa098b05/ECOSYSTEM.md> (Zitiert auf der Seite 27).
- Fowler, Martin. *Inversion of Control Containers and the Dependency Injection pattern*. Jan. 2004. URL: <http://web.archive.org/web/20210707041912/https://martinfowler.com/articles/injection.html> (Zitiert auf der Seite 43).
- *InversionOfControl*. Juni 2005. URL: <http://web.archive.org/web/20050628234825/https://martinfowler.com/bliki/InversionOfControl.html> (Zitiert auf der Seite 56).
- Gamma, Erich u. a. *Entwurfsmuster: Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software*. Pearson Deutschland GmbH, 2009 (Zitiert auf den Seiten 37, 68).
- Google LLC. *Build a form with validation*. Juni 2021. URL: <https://web.archive.org/web/20210122020924/https://flutter.dev/docs/cookbook/forms/validation> (Zitiert auf der Seite 26).
- *Dart - Effective Dart - Style - PREFER using _, __, etc. for unused callback parameters*. URL: https://web.archive.org/web/20210728114518/https://dart.dev/guides/language/effective-dart/style#prefer-using-_-etc-for-unused-callback-parameters (besucht am 08.08.2021) (Zitiert auf der Seite 89).
 - *Dart - Language tour - spread operator*. Juli 2021. URL: <https://web.archive.org/web/20210625070139/https://dart.dev/guides/language/language-tour#spread-operator> (besucht am 08.07.2021) (Zitiert auf der Seite 54).
 - *Dart Programming Language Specification 5th edition*. Apr. 2021. URL: <https://web.archive.org/web/20210702071617/https://dart.dev/guides/language/specifications/DartLangSpec-v2.10.pdf> (Zitiert auf den Seiten 30, 31, 35, 75).
 - *Dart: The platforms*. URL: <https://web.archive.org/web/20210719180726/https://dart.dev/overview#platform> (besucht am 09.08.2021) (Zitiert auf der Seite 14).
 - *Desktop support for Flutter*. Juni 2021. URL: <https://web.archive.org/web/20210531034514/http://flutter.dev/desktop/> (Zitiert auf der Seite 12).
 - *Flutter - Beautiful native apps in record time*. Juni 2021. URL: <https://web.archive.org/web/20210630233338/https://flutter.dev/> (Zitiert auf der Seite 13).

- Google LLC. *Flutter - Introduction to widgets*. Juni 2021. URL: <http://web.archive.org/web/20210603081649/https://flutter.dev/docs/development/ui/widgets-intro> (Zitiert auf der Seite 13).
- *Forms | Flutter Docs Cookbook*. Juni 2021. URL: <https://web.archive.org/web/20201102003629/https://flutter.dev/docs/cookbook/forms> (Zitiert auf der Seite 26).
 - *Häufig gestellte Fragen zu Google Trends-Daten - Google Trends-Hilfe*. Mai 2021. URL: <https://support.google.com/trends/answer/4365533> (Zitiert auf der Seite 21).
 - *Web support for Flutter*. Mai 2021. URL: <http://web.archive.org/web/20210506012158/https://flutter.dev/web> (Zitiert auf der Seite 13).
- Gosling, James u. a. *The Java® Language Specification Java SE 16 Edition*. Feb. 2021. URL: <https://web.archive.org/web/20210514051033/https://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se16/jls16.pdf> (Zitiert auf den Seiten 30, 31).
- Gossman, John. *Introduction to Model/View/ViewModel pattern for building WPF apps*. Okt. 2005. URL: <https://web.archive.org/web/20101103111603/http://blogs.msdn.com/b/johngossman/archive/2005/10/08/478683.aspx> (Zitiert auf der Seite 42).
- JetBrains s.r.o. *Kotlin - High-order functions and lambdas - Underscore for unused variables*. URL: http://web.archive.org/web/20210331062820if_/https://kotlinlang.org/docs/lambdas.html#underscore-for-unused-variables (besucht am 08.08.2021) (Zitiert auf der Seite 89).
- Johnson, Ralph E und Brian Foote. „*Designing reusable classes*“. In: *Journal of object-oriented programming* 1.2 (1988), S. 22–35 (Zitiert auf der Seite 43).
- Lynch, Max. *The Last Word on Cordova and PhoneGap*. März 2014. URL: <https://web.archive.org/web/20210413012559/https://blog.ionicframework.com/what-is-cordova-phonegap/> (Zitiert auf der Seite 22).
- MDN contributors. *async function - JavaScript | MDN*. Juni 2021. URL: https://web.archive.org/web/20210608034309/https://developer.mozilla.org/de/docs/Web/JavaScript/Reference/Statements/async_function (besucht am 06.08.2021) (Zitiert auf der Seite 19).
- *Promise - JavaScript | MDN*. Mai 2021. URL: https://web.archive.org/web/20210516053958/https://developer.mozilla.org/de/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Promise (besucht am 06.08.2021) (Zitiert auf der Seite 18).
- React Native | Formik Docs*. Juni 2021. URL: https://web.archive.org/web/20210507005917if_/https://formik.org/docs/guides/react-native (Zitiert auf der Seite 25).
- React Native | React Hook Form - Get Started*. Juni 2021. URL: https://web.archive.org/web/20210523042601if_/https://react-hook-form.com/get-started/ (Zitiert auf der Seite 25).
- reduxForm | Redux Form - API*. Juni 2021. URL: <https://web.archive.org/web/20210506221401/https://redux-form.com/7.4.2/docs/api/reduxform.md/#code-validate-values-object-props-object-gt-errors-object-code-optional> (Zitiert auf der Seite 26).
- register | React Hook Form - API*. Juni 2021. URL: <https://web.archive.org/web/20210406032209/https://react-hook-form.com/api/useform/register> (Zitiert auf der Seite 26).
- Spolsky, Joel. „*How Hard Could It Be?: The Unproven Path*“. In: *inc.com* (Nov. 2008). URL: <http://web.archive.org/web/20081108094045/http://www.inc.com/magazine/20081101/how-hard-could-it-be-the-unproven-path.html> (Zitiert auf der Seite 21).
- Stack Exchange, Inc. *Stack Overflow Insights - Developer Hiring, Marketing, and User Research*. Mai 2021. URL: <https://insights.stackoverflow.com/survey/> (Zitiert auf den Seiten 21, 22).