



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

Institut für  
Fertigungstechnik und  
Photonische Technologien



## Diplomarbeit

# „Produktionsstrategie und produktionsgerechte Entwicklung einer multifunktionalen Vorrichtung zur Unterstützung der Lawinen- Risikobewertung im ungesicherten Gelände“

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines  
Diplom-Ingenieurs (Dipl.-Ing. oder DI), eingereicht an der TU Wien, Fakultät für  
Maschinenwesen und Betriebswissenschaften, von

**Paul OBERRAUCH**

Mat.Nr.: 01526211

Hauptstraße 102, 39018 Terlan (IT)

unter der Leitung von

A.o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Kittl

Institut für Fertigungstechnik und Photonische Technologien

Dipl.-Ing. Pöchgraber

Institut für Fertigungstechnik und Photonische Technologien

Wien, September 2021

---

Paul, Oberrauch

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

## **Diplomarbeit**

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt und aufgelistet habe. Die aus den Quellen wörtlich entnommenen Stellen, sind als solche kenntlich gemacht.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und, dass diese Arbeit mit der von den BegutachterInnen beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Ich nehme zur Kenntnis, dass die vorgelegte Arbeit mit den geeigneten und dem derzeitigen Stand der Technik entsprechenden Mitteln (Plagiatssoftware) elektronisch-technisch überprüft wird. Dies stellt einerseits sicher, dass bei der Erstellung der vorgelegten Arbeit die hohen Qualitätsvorgaben im Rahmen der geltenden Regeln zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis „Code of Conduct“ an der TU Wien eingehalten wurden. Zum anderen werden durch den Abgleich mit anderen studentischen Abschlussarbeiten Verletzungen meines persönlichen Urheberrechts vermieden.

Wien, im September 2021

---

Paul, Oberrauch

## Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all denjenigen bedanken, die mich bei dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Zuallererst gebührt mein Dank Herrn Dipl. Ing Gernot Pöchgraber, der meine Arbeit betreut hat und mir bei allen aufgetauchten Fragen und Problemen zur Seite stand. Für das motivierte Zusammenarbeiten, besonders in der Phase der Ideenfindung und des Prototyping möchte ich mich herzlich bedanken.

Ebenfalls möchte ich mich bei allen Mitarbeitern der Forschungsgruppe Prozessinnovation des Instituts für Fertigungstechnik und photonische Technologien bedanken, die mein Projekt mit viel Interesse verfolgten und zahlreiche Anregungen beisteuerten. Hervorzuheben ist an dieser Stelle die Unterstützung von Herrn Dipl. Ing. Fabian Singer, der mir über die ganze Dauer des Projektes hinweg wertvolle Hilfe leistete.

Ein besonderer Dank gilt auch den Experten Michael Larcher und Gerhard Mössmer, mit denen ich über die gegenständliche Produktentwicklung sprechen konnte und die mir wertvolles Feedback mitgaben.

Außerdem möchte ich Eva Rottensteiner und meinem Bruder Michael für das Korrekturlesen dieser Arbeit danken.

Abschließend möchte ich meinen Eltern danken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben.

## Kurzfassung

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem Thema Lawinen-Risikomanagement im alpinen Gelände und setzt sich zum Ziel, ein technisches Hilfsmittel zu entwickeln, welches die komplexe Problematik der Risikoeinschätzung im Gelände besonders für Anfänger erleichtert. Konkret handelt es sich dabei um eine Vorrichtung, die am Skistock montiert wird und die NutzerInnen bei der Bestimmung sowie der Interpretation der wichtigsten, sicherheitsrelevanten Parameter während einer Tour unterstützt.

Im Vorfeld der Entwicklung erfolgt ein Überblick über den Stand der Technik zu den am Markt erhältlichen, technischen Hilfsmitteln. Diese Produktrecherche wird durch eine Patentrecherche ergänzt, um eine mögliche Zweitentwicklung zu vermeiden und sich gegebenenfalls von bestehenden Lösungen inspirieren zu lassen. Im Anschluss daran wird eine Marktanalyse durchgeführt, womit einerseits Informationen über die Zielgruppe eingeholt und andererseits wichtige Kennzahlen des Marktes ermittelt werden.

Der Kern der Arbeit, die Produktentwicklung, knüpft an zwei vorangehende Arbeiten ([1] und [2]) an, worin bereits die grundlegenden Fragen der Problemanalyse geklärt und einige Lösungsansätze präsentiert wurden. Diese Lösungsansätze werden in der vorliegenden Arbeit gründlich evaluiert, um anschließend mit Methoden der klassischen Produktentwicklung sowie modernen Ansätzen des „Design Thinking“ ein neues, finales Lösungskonzept hervorzubringen. Im Zuge dieser Lösungsfindung werden mehrere Schleifen des „Design Thinking“-Mikrozyklus durchlaufen, an deren Ende je ein Prototyp unterschiedlichen Reifegrades steht. Damit kann schnell und wiederholt Feedback von potenziellen NutzerInnen eingeholt werden, was die Akzeptanz und Zweckmäßigkeit des Endprodukts sicherstellen soll. Nach zahlreichen Iterationen und Tests wird schließlich ein finaler Prototyp der geplanten Vorrichtung zur Risikobewertung präsentiert.

Im letzten Teil der Arbeit wird eine Strategie zur Umsetzung einer Serienproduktion des vorgestellten Prototyps bei festgelegter Stückzahl erarbeitet. Neben der Klärung der prinzipiellen Vorgehensweise werden auch die Gesamtkosten (Total Cost of Ownership) für drei verschiedene Losgrößen bestimmt und verglichen. Unter Berücksichtigung eines kompetitiven Preisrahmens zeigt sich, dass eine Unternehmung ab 1000 Stück rentabel, aber erst ab 5000 Stück wirtschaftlich sinnvoll ist.

## Abstract

This diploma thesis deals with the topic of avalanche risk management in alpine terrain and aims to develop a technical aid that facilitates the complex problem of decision-making during an excursion, especially for beginners. Specifically, this very device is mounted on the ski pole and supports the user in determining as well as interpreting the most important safety-relevant parameters during a tour.

Before starting the development, an overview of the state of the art of the technical aids available on the market is given. The product research is supplemented by a patent search to avoid infringements of property rights or to draw inspiration from unprotected existing solutions. This is followed by a market analysis, which is used to obtain information about the target group and to determine important key figures of the market.

The main part of this work, the product development, builds onto two previous works ([1] and [2]) in which the basic questions of the problem analysis were already clarified and some approaches to solutions were presented. These drafts are thoroughly evaluated in the present work to then generate a new, final concept using methods of classic product development as well as modern approaches of Design Thinking. During this solution-finding process, several loops of the Design Thinking micro-cycle are run through. At the end of each loop a prototype of varying resolution is created. This allows for quick and repeated feedback from potential users, which should ensure the acceptance and usefulness of the final product. After many iterations and tests a final prototype is presented.

In the last part of the thesis, a strategy is developed on how a series production of the presented prototype can be sensibly implemented with a fixed number of units. In addition to clarifying the basic approach, quotations are obtained from suppliers and the total cost of ownership (TCO) for three different batch sizes is determined and compared. The study shows, that considering a competitive price framework, launching a production is already profitable from a batch of 1000 units, but really starts getting economically reasonable from 5000 units.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	8
2	Stand der Technik .....	9
3	Methodik.....	19
3.1	Patentrecherche .....	19
3.2	Marktanalyse .....	20
3.2.1	Begriffserklärung und Motivation .....	21
3.2.2	Ablauf einer Marktforschung .....	21
3.2.3	Übersicht über die Methoden der Informationsbeschaffung .....	23
3.2.4	Erhebungsarten der Sekundärforschung .....	25
3.2.5	Erhebungsarten der Primärforschung .....	26
3.2.6	Alternative, moderne Ansätze der Marktforschung .....	29
3.2.7	Zusammenfassung der Methoden .....	36
3.2.8	Wichtige Marktkennzahlen.....	37
3.3	Vorgehensweise Produktentwicklung .....	38
3.3.1	Überblick.....	38
3.3.2	Der „Design Thinking“-Makrozyklus.....	38
3.3.3	Angewandte Werkzeuge und Methoden .....	42
3.4	Produktionsstrategie.....	54
3.4.1	Klärung der Rahmenbedingungen .....	54
3.4.2	Fertigungsverfahren.....	55
3.4.3	Fertigungs- und montagegerechtes Entwerfen .....	56
3.4.4	Auslegung der Supply Chain .....	59
3.4.5	Montageablaufplanung .....	62
3.4.6	Total Cost of Ownership (TCO) .....	62
4	Patentrecherche .....	64
4.1	Ergebnisse der Patentrecherche .....	64
4.1.1	Skistock mit Neigungsmesser.....	64
4.1.2	Multifunction Snowpack Measurement Tool .....	65
4.1.3	Ski Pole Shaft Inclinator As Sticker Or Image.....	67
4.1.4	Survival Information Ski Pole .....	69

4.1.5	Multifunctional Ski Pole.....	70
4.2	Erkenntnisse der Recherche .....	71
5	Marktanalyse.....	72
5.1	Auswahl der Methodik .....	72
5.2	Vorbereitung der Recherche .....	72
5.3	Sekundärforschung .....	74
5.3.1	Festlegung der Zielgruppe.....	74
5.3.2	Marktpotenzial, Marktvolumen und Marktanteil.....	81
5.3.3	Marktwachstum.....	83
5.3.4	Lead User und Trend in der Lawinenprävention .....	83
6	Produktentwicklung .....	85
6.1	Zusammenfassung Produktentwicklung.....	85
6.2	Problemerkennung.....	86
6.3	Erste Ideen und Konzepte.....	90
6.3.1	Bachelorarbeit – Konzept 1 .....	90
6.3.2	Bachelorarbeit – Konzept 2 .....	92
6.3.3	Projektarbeit – Konzept 3 .....	95
6.4	„Quality Function Deployment“ (QFD).....	100
6.5	Denken in Funktionen .....	106
6.6	Bisherige Lösungsvarianten – Morphologischer Kasten.....	109
6.7	Bewertung der bisherigen Konzepte .....	114
6.8	Erkenntnisse und Vision Prototype.....	119
6.8.1	Auswahl der besten, kombinierbaren Teillösungen .....	120
6.8.2	Gesamtlösung 4 – Der Vision Prototype.....	123
6.8.3	Realisierung des Vision Prototype und Feedback .....	126
6.9	X-is-finished-Prototype .....	129
6.9.1	Befestigung am Stock.....	130
6.9.2	Neigungsmessung, Lawinengefahrenstufe & Ergebnis .....	132
6.9.3	Exposition .....	140
6.9.4	Lawinenproblem und Geltungsbereich .....	143
6.10	Finaler Prototyp.....	145
6.10.1	Ansichten.....	145

6.10.2	Punktebewertung .....	147
6.10.3	Ausständige Anpassungen für das Serienprodukt.....	148
7	Produktionsstrategie .....	150
7.1	Prämissen .....	150
7.1.1	Festlegung der Stückzahl .....	150
7.1.2	Klassifizierung von Zukaufteilen .....	151
7.1.3	Festlegung der prinzipiellen Produktionsstrategie .....	152
7.1.4	Auswahl des Fertigungsverfahrens.....	153
7.2	Fertigungs- und montagegerechtes Entwerfen .....	153
7.3	Auslegung der Supply Chain .....	155
7.3.1	Planen .....	155
7.3.2	Beschaffen.....	156
7.3.3	Produzieren .....	157
7.3.4	Liefern.....	157
7.4	Montageablaufplanung.....	158
7.5	Total Cost of Ownership (TCO).....	161
7.5.1	Angebotspreise.....	161
7.5.2	Pipeline-Kosten.....	163
7.5.3	Interne Produktionskosten .....	164
7.5.4	Logistikkosten .....	165
7.5.5	Gesamtkosten – TCO .....	167
8	Conclusio .....	168
9	Schlussfolgerung / Resümee / Ausblick .....	171
10	Literaturverzeichnis .....	174
11	Abbildungsverzeichnis.....	179
12	Formelverzeichnis .....	182
13	Tabellenverzeichnis .....	183
14	Abkürzungsverzeichnis .....	184
15	Anhang.....	185

# 1 Einleitung

Der weltweite Skitourenboom hält an, und das seit 15 Jahren. Allein in Österreich gibt es mittlerweile rund 600.000 SkitourengeherInnen und der „Corona Winter“ 2020/21 dürfte die Zahl noch einmal deutlich nach oben schnellen lassen (um bis zu 20%, wie ExpertenInnen vermuten). [3] Damit sich dieser Anstieg nicht in gleicher Weise in den Unfallzahlen widerspiegelt, müssen alle Kanäle der präventiven Sicherheitsmaßnahmen genutzt werden. Neben der unverzichtbaren Aufklärungsarbeit der Alpenvereine und anderer Organisationen, kann auch die Technik einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit bei Skitouren leisten.

Auch diese Arbeit möchte sich an der Diskussion beteiligen und ein einfaches, aber wirkungsvolles Hilfsmittel zur Vermeidung von Lawinenunfällen entwickeln. Dieses Hilfsmittel soll ein Werkzeug darstellen, das am Skistock montiert wird und den BenutzerInnen durch die Messung von Geländeparametern und die Integration von Informationen aus dem Lawinenlagebericht eine Unterstützung bei der Risikobewertung im alpinen Gelände bietet.

Die Produktentwicklung stützt sich dabei auf zwei vorausgehende Arbeiten ([1] und [2]), worin bereits grundlegende Erkenntnisse bezüglich des Lawinen-Risikomanagements gewonnen wurden. Dazu zählt zum einen, dass die Komplexität des Schneedeckenaufbaus eine eindeutige Bezifferung der Gefahr unmöglich macht und zum anderen, dass ein sinnvoller Kompromiss zwischen der Anzahl an gemessenen Parametern und der Zuverlässigkeit des Ergebnisses gefunden werden muss. Letzteres führt dazu, dass sich die entwickelten Lösungsansätze auf die etablierten Risikobewertungsmethoden der Alpenvereine stützen und somit die fundamentalen Grundregeln, wie den zunehmenden Neigungsverzicht bei ansteigender Lawinengefahrenstufe, integrieren. Die hervorgebrachten Konzepte zeigten einen vielversprechenden Ansatz zur Problemlösung, sodass die Entwicklung in dieser Arbeit fortgesetzt und intensiviert werden soll.

Nach einer umfassenden Analyse des Marktes und der bisherigen Ergebnisse soll durch den Einsatz klassischer Methoden der Produktentwicklung sowie modernen Elementen des „Design Thinking“ ein finales Konzept entwickelt werden, das alle gesetzten Anforderungen erfüllt und die Bedürfnisse der NutzerInnen deckt.

Das Ziel ist ein marktfähiges Produkt, welches bis auf wenige, herstellungsspezifische Änderungen für eine Serienproduktion geeignet ist. Auch eine entsprechende Strategie, wie eine solche Produktion umgesetzt werden kann, soll in der Arbeit entwickelt werden.

## 2 Stand der Technik

In diesem Kapitel werden Produkte identifiziert, welche bereits Lösungen zu der hier thematisierten Problemstellung vorschlagen und damit konkurrierend zur gegenständlichen Produktentwicklung stehen könnten. Als solches werden Vorrichtungen verstanden, die präventiv bei der Risikobewertung unterstützen. Die dahinterliegenden, theoretischen Grundlagen der Risikobewertung wurden in der vorangegangenen Bachelorarbeit [1] ausführlich besprochen und sollen an dieser Stelle ausgeklammert werden.

Im Folgenden werden die als relevant befundenen Produkte aufgelistet und deren Nutzen und Funktion beschrieben.

- **ORTOVOX – Check and Ride**

„Check and Ride“ wurde von Ortovox in Zusammenarbeit mit der Freien Universität Bozen (UniBz) und den Lawinenwarndiensten Tirol und Bayern entwickelt. Das Produkt bietet die Möglichkeit der Einstellung und Speicherung der, im Lawinenlagebericht (LLB) angegebenen, Informationen, um im ungesicherten Gelände als eine Art Merkhilfe zu dienen. So soll die Risikoeinschätzung unterstützt werden. Zusätzlich ist ein Neigungsmesser und ein Kompass im Gerät integriert, um die wichtigen Faktoren Hangneigung und Hangexposition direkt vor Ort bestimmen zu können. Eine konkrete Bewertungshilfe wird nicht geboten. Die BenutzerInnen müssen die gewonnenen Erkenntnisse selbst kombinieren und interpretieren. [4]



Abbildung 2.1: ORTOVOX Check and Ride [5]

Das Ortovox Check and Ride wird aktuell nicht mehr produziert und kann nur mehr am Gebrauchtmart erworben werden. Der ursprüngliche Verkaufspreis lag bei 15€. [6]

- **AVATECH – Scope**

„The Scope“ ist ein Skistock, der Härteunterschiede in den Schneesichten sichtbar macht. Der Stock wird dabei ähnlich einer Sonde in den Schnee gebohrt und ein integrierter Kraftsensor zeichnet ein Kraft-Weg-Diagramm auf. Das Ergebnis der Messung wird per Bluetooth an ein Smartphone gesendet und auf der zugehörigen App angezeigt (siehe Abbildung 2.3). Ausschläge auf der Kraft-Achse weisen auf kritische Schichten im Lagenaufbau hin. [7] Das Vorhandensein von harten Lagen im Schneeaufbau stellt ein klares Warnsignal bei der Bewertung der Situation dar, wie auch schon einige der befragten Bergführer in [1] erklärten.



Abbildung 2.2: "Scope"-Skistock [8]

Der Kopf der Sonde mit dem integrierten Sensor und der Messelektronik befindet sich unter dem Skigriff und muss vor der Messung freigelegt werden.

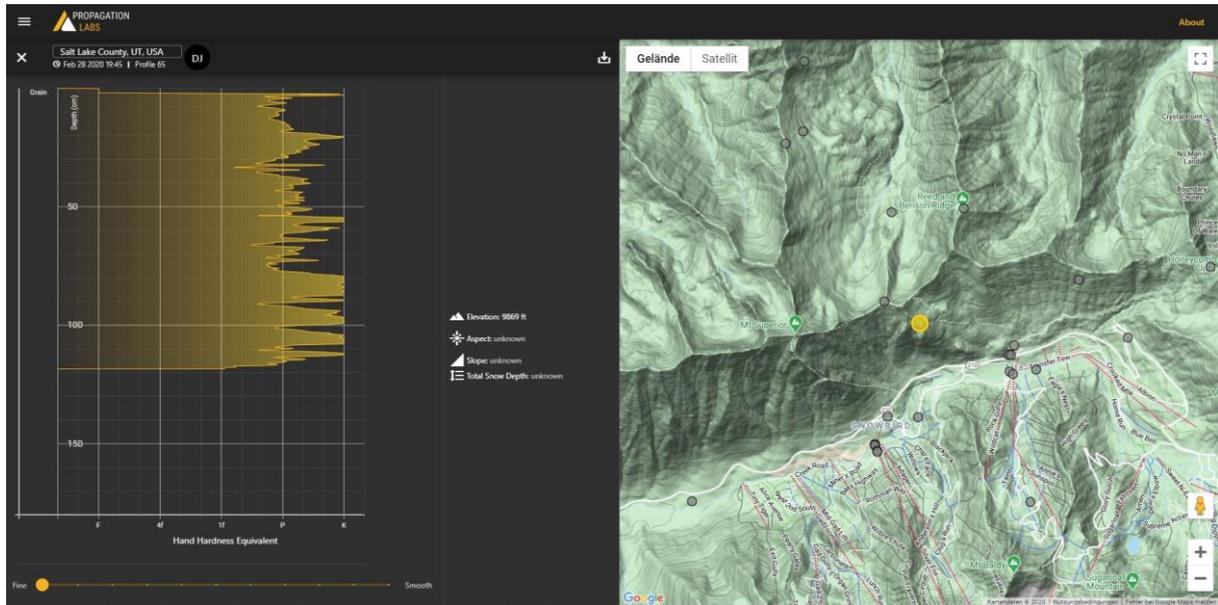


Abbildung 2.3: Screenshot der Online Anwendung von Propagation Hub [9]

Der Hersteller bietet neben der Hardware auch eine Plattform zum Teilen der Messergebnisse mit anderen BenutzerInnen an.

Der Preis des Skistockes inklusive Software liegt bei 984€<sup>1</sup> [7]

- **K2 – Lockjaw**

Die K2 „Lockjaw“ Skistock-Serie ist mit einem integrierten Steigungsmesser ausgestattet, der direkt unter dem Griff angeordnet ist. Die Messeinheit ist in Form einer Wasserwaage ausgeführt und weist einen Messbereich von 30 – 45 Grad auf. Die Stöcke werden sowohl in Karbon, als auch Aluminium angeboten und der Preis beträgt 99,95€ für die Karbon- und 79,95€ für die Aluminium-Variante. Abbildung 2.4 zeigt das Produkt und ein Detail des Neigungsmessers. [10]

<sup>1</sup>Mit einem Wechselkurs von 0,82 (am 21.05.2021) von US-Dollar in Euro umgerechnet.



Abbildung 2.4: Der K2 Lockjaw Carbon mit integrierter Wasserwaage [10]

- **Backcountry Access – Slope Meter**

Der Slope Meter von Backcountry Access ist ein einfaches Multifunktions-Tool, mit dem sich Steigung und Exposition bestimmen lassen. Die Hangneigung wird dabei über eine mit Flüssigkeit gefüllte, gebogene Röhre gemessen, in der sich eine Metallkugel befindet. Die Funktion ist ähnlich einer Wasserwaage, mit dem Unterschied, dass die Kugel im Gegensatz zur Luftblase nicht zum höchsten Punkt der Kurve, sondern zum tiefsten wandert. Entlang der Grad-Skala sind farbige Bereichsmarkierungen angebracht, die auf Hangneigungen mit erhöhter Lawinengefahr aufmerksam machen. Zur Messung der Hangrichtung ist ein Kompass vorgesehen. Zusätzlich kann die Rückseite der Vorrichtung mit seinen scharfen Kanten zum Abschaben des Schnees von den Skitouren-Fellen benutzt werden. Der Preis liegt bei 24,95€. Abbildung 2.5 zeigt das Produkt. [11]



Abbildung 2.5: Der "Slope Meter" von Backcountry Access [11]

- **PoleClinometer – Pole Clinometer**

Der Pole Clinometer wird vom gleichnamigen Hersteller als leichtester und schnellster Neigungsmesser der Welt beworben. Diese Eigenschaften verdankt das Messgerät seiner simplen Ausführung als Aufkleber, welcher auf die eigenen Skistöcke geklebt wird. [12]

Die genaue Funktionsweise erklärt sich am einfachsten anhand der folgenden Bilder (Abbildung 2.6 und Abbildung 2.7).

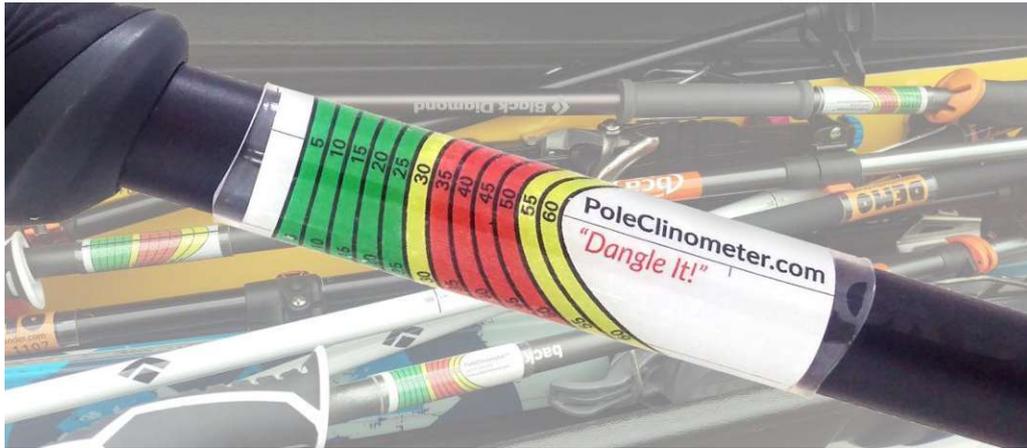
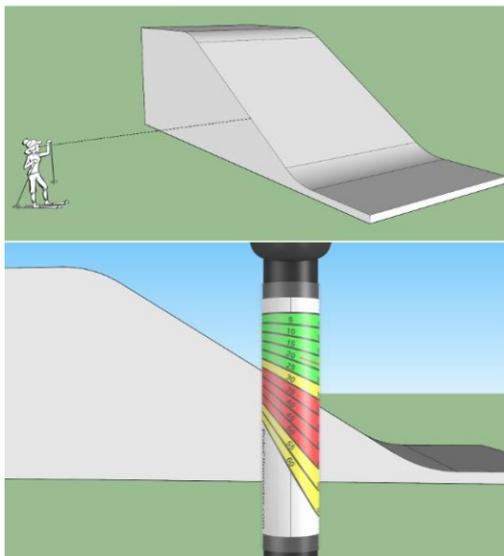


Abbildung 2.6: Der Aufkleber wird an den Schaft des Skistöckes geklebt [12]

**From the Side**  
Sighting Across the Slope



**From the Top**  
Sighting Down the Slope

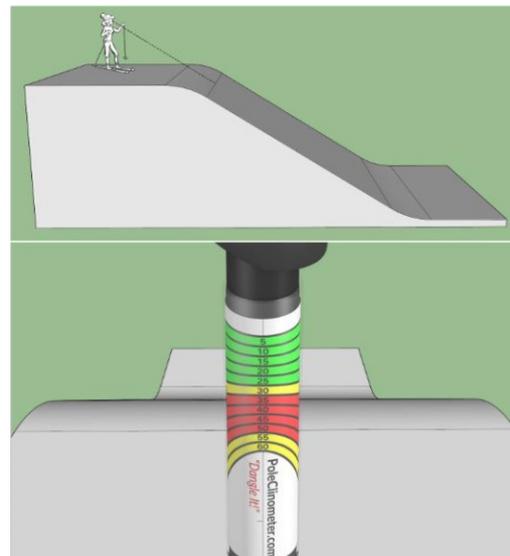


Abbildung 2.7: Die Hangneigung lässt sich sowohl von oben als auch seitlich zum Hang bestimmen [12]

Bei der Messung von der Seite (Abbildung 2.7 links) wird der Neigungswert an der zum Hang parallel laufenden Linie des Aufklebers abgelesen (im Beispiel rund 30 Grad).

Wird hingegen eine Messung von oben durchgeführt (Abbildung 2.7 rechts), markiert die waagrecht laufende Linie das Ergebnis (im Beispiel wieder rund 30 Grad).

Testberichte loben die einfache und schnelle Messung, die zwar nicht auf den Grad genau funktioniert, aber eben durch den schnellen Vorgang viel öfters während einer Tour angewendet wird. Probleme ergeben sich allerdings bei schlechter Sicht und bei konkaven Hängen (wenn von oben in eine Mulde geschaut wird), denn hier kann keine exakte Peilung durchgeführt werden. [13]

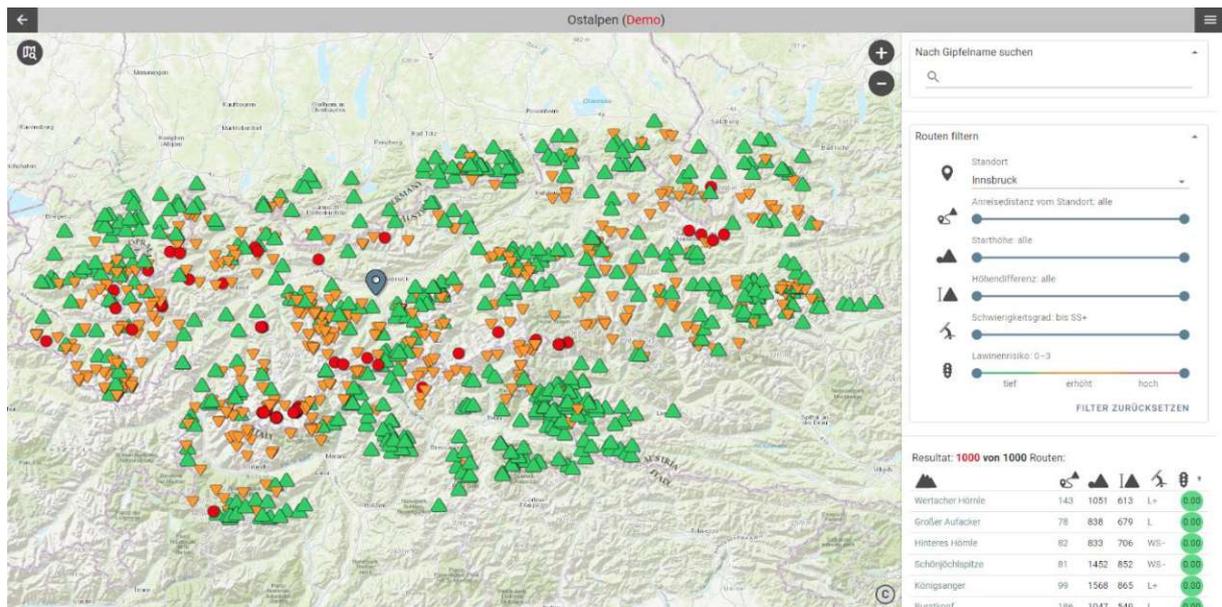
Der Preis des Aufklebers samt Schutzfolie (durchsichtiger Schrumpfschlauch) liegt bei 12,30€<sup>2</sup>. [12]

- **Skitouren guru – [www.skitouren guru.ch](http://www.skitouren guru.ch)**

*Skitouren guru* ist eine webbasierte, computergestützte Anwendung, die das Lawinenrisiko bereits in der Planungsphase einer Skitour berechnet und bewertet. Die Schweizer Plattform gibt es seit 2015 und seitdem wurde sie kontinuierlich weiterentwickelt. Mittlerweile deckt sie den gesamten Alpenraum ab und bietet einen Katalog von rund 3500 Touren an. 2018 stellten die EntwicklerInnen im Rahmen des „International Snow Science Workshop“ in Innsbruck eine eigens entwickelte „Quantitative Reduktionsmethode“ (QRM, siehe übernächste Seite) vor, welche seitdem die Berechnungsgrundlage des Algorithmus darstellt. Abbildung 2.8 zeigt einen Screenshot der besprochenen Online-Plattform. Zu sehen ist der Karten-Bereich für Österreich und Südtirol mit insgesamt 1000 eingespeicherten Tourenmöglichkeiten. Die Touren sind, abhängig vom automatisch kalkulierten Risiko, farblich markiert: Grün steht für geringes, Orange für erhöhtes und Rot für hohes Risiko. Durch die Einstellungsmöglichkeiten auf der rechten Seite der Website lassen sich Touren hinsichtlich Standort, Schwierigkeitsgrad, Höhendifferenz und Lawinenrisiko filtern und können anschließend durch Anklicken ausgewählt und näher betrachtet werden.

---

<sup>2</sup> Mit einem Wechselkurs von 0,82 (am 21.05.2021) von US-Dollar in Euro umgerechnet.



**Abbildung 2.8: Screenshot der Skitouren guru-Plattform für das österreichische Gebiet. Die Karte ist auf Demo geschaltet, da es z.Z. der Aufnahme (04.11.2020) keinen aktuellen LLB gab. [14]**

Abbildung 2.9 zeigt beispielhaft die Detailansicht einer ausgewählten Tour mit oranger Bewertung (Ellesspitze in Südtirol). Es wird die komplette Aufstiegsroute auf einer topografischen Karte angezeigt und dem Risiko entsprechend eingefärbt. Unabhängig vom aktuellen Lawinenlagebericht (LLB) sind ortsfeste, geländebedingte Gefahrenstellen mittels kleiner Ringe markiert und sollten während der Tour im Rahmen einer Einzelhang-Bewertung von den TourengerInnen selbst erneut beurteilt werden. Auf der rechten Seite im Bild sind die Eckdaten der Tour angegeben sowie eine Kennzahl für das automatisch kalkulierte Lawinenrisiko der gesamten Route. Die Berechnungsgrundlage und damit das QRM soll im Folgenden kurz erläutert werden.



Unfallbedingungen, setzt. Dadurch wird berücksichtigt, dass auch bei wenigen absoluten Unfallzahlen aber kleiner Begehungshäufigkeit das Risiko sehr groß sein kann. Bei Gefahrenstufe 4 („groß“) und ausgeprägtem Lawinengelände ereignen sich beispielsweise kaum Unfälle, da bei diesen Bedingungen praktisch niemand unterwegs ist. Das durch die Begehungshäufigkeit relativierte Risiko wird außerdem normiert und als Kennzahl ausgegeben. Die Grenze des grünen Bereichs liegt beim Wert 1.1 und es wird angegeben, dass sich bei Einhaltung dieses Bereiches 80% der Unfälle vermeiden lassen.

Die Quantitative Reduktionsmethode nutzt „Big Data“ und stützt sich dabei auf zwei große Datensätze: einerseits 1.469 Lawinenunfälle der Jahre 2001-2017 und andererseits 48.000 km GPS-Tracks von begangenen Skitouren in der Schweiz. Diese Daten wurden benutzt, um mithilfe von „Machine Learning“ den Algorithmus zu trainieren und in Kombination mit dem LLB und einer Lawinengeländekarte eine dynamisch, tagesaktuelle Risikokarte zu generieren. Abbildung 2.11 fasst zusammen, welche Daten in das Modell eingehen. [15–17]

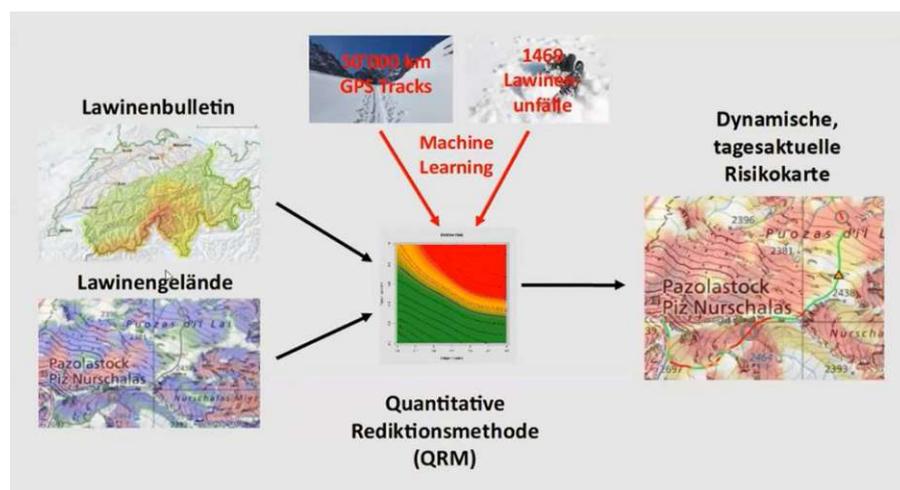


Abbildung 2.11: Entwicklung der QRM [17]

Ein neues Feature von [www.skitouren guru.ch](http://www.skitouren guru.ch) bietet eine Karten-Ebene, die alle prinzipiell möglichen Skitouren in Form von blauen Korridoren in die Karte einzeichnet. Diese Korridore wurden von einem Algorithmus automatisch errechnet und sind an keine Gipfel oder bekannten Aufstiegsrouten gebunden. Damit werden alternative Tourenvarianten sichtbar, die auch für Ortsansässige interessant sein können. Momentan ist der Layer nur für die Schweiz verfügbar. Abbildung 2.12 zeigt einen Ausschnitt der Karte mit den blau markierten Korridoren. [18]

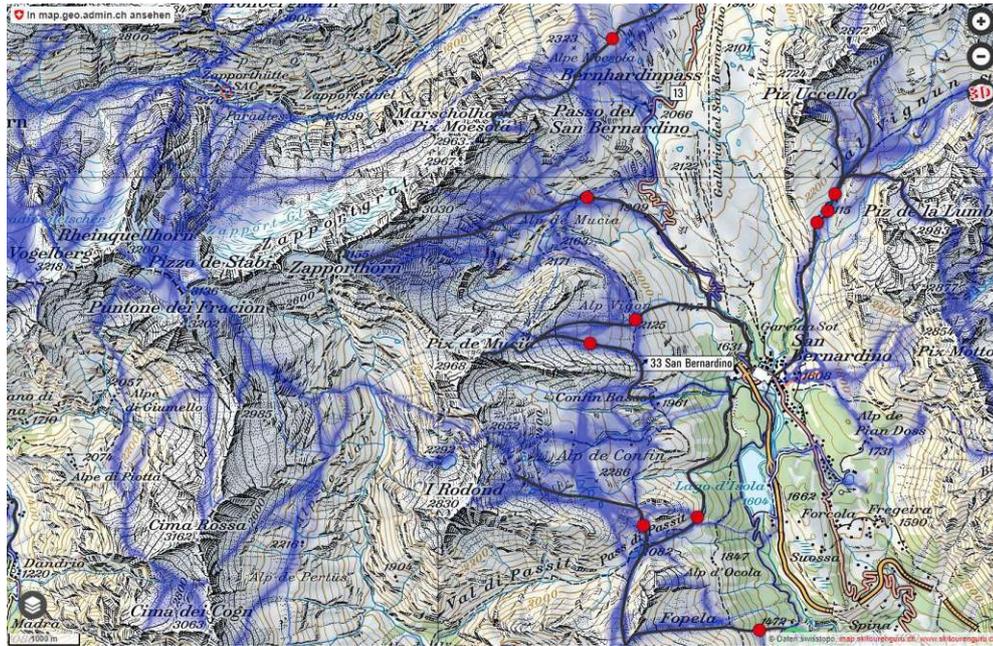


Abbildung 2.12: Automatisch generierte Tourenmöglichkeiten [14]

## 3 Methodik

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den notwendigen theoretischen Grundlagen der in dieser Arbeit angewandten Methoden und Vorgangsweisen. In den folgenden Abschnitten wird jedes der später praktisch angewandten Themen

- Patentrecherche,
- Marktanalyse,
- Produktentwicklung und
- Produktionsstrategie

einzelnen betrachten und die relevanten theoretischen Aspekte aufgearbeitet.

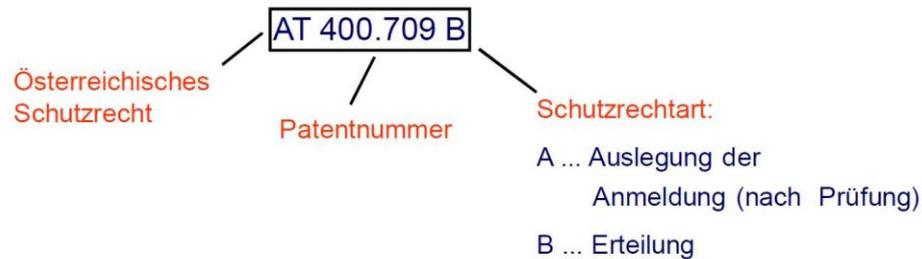
### 3.1 Patentrecherche

Durch die Patentrecherche in dieser Arbeit wird ein Überblick über geschützte Entwicklungen im Bereich der Lawinoprävention und multifunktionaler Skistöcke gewonnen, um eventuelle Doppelentwicklungen sowie Schutzrechtsverletzungen zu vermeiden. So sollen bereits vor der eigentlichen Konzipierungsphase mögliche Einschränkungen bezüglich patentierter Ideen oder Gebrauchsmuster ersichtlich werden und andererseits auch Ideen Anregungen durch ungeschützte Erfindungen generiert werden. [19]

Als Hilfsmittel bei der Recherche wird das Onlineportal des Europäischen Patentamtes ([www.worldwide.espacenet.com](http://www.worldwide.espacenet.com)) herangezogen. Das Portal bietet eine detaillierte Suchfunktion, mit welcher die Datenbank des Patentamtes gefiltert werden kann. Zunächst wird eine Stichwortsuche mit relevanten Schlüsselwörtern durchgeführt, um erste interessante Patentschriften zu finden. Diese Patente werden auf ihre Patentklasse untersucht, um damit die Suche weiter einzuschränken. Die Patentklasse ist eine Kodierung, welche ähnliche Erfindungen in Klassen zusammenfasst. Als Beispiel für die Struktur einer solchen Klassifikation sei auf Kapitel 4 verwiesen, wo der Code für den gegenständlichen Fall aufgeschlüsselt wird.

Bei den für die Arbeit relevanten Patenten wird die deutsche Beschreibung der Patentschrift verwendet oder die Beschreibung aus dem Englischen übersetzt. Festgehalten wird eine kurze Zusammenfassung der Erfindung sowie die wichtigsten darin angeführten Patentansprüche. Wichtig für die Überprüfung der Gültigkeit des Patentbesitzes sind die angegebene Schutzrechtsart, das Anmeldedatum und die Länder, in denen das Patent angemeldet wurde.

Die Schutzrechtsart ist in der Patentkennzeichnung identifizierbar. Abbildung 3.1 zeigt ein Beispiel für die Kennzeichnung eines österreichischen Patentbesitzes.



**Abbildung 3.1: Beispiel der Kennzeichnung eines österreichischen Patents [19]**

Die genauen Kennzeichnungen der Schutzrechtarten für das deutsche und europäische Schutzrecht sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Deutsches Schutzrecht	Europäisches Schutzrecht
A1 - Offenlegungsschrift (sachlich nicht geprüft)	A1 - Offenlegungsschrift mit Recherchebericht
C1 - Patenterteilung ohne vorige Offenlegungsschrift	A2 - Offenlegungsschrift ohne Recherchebericht
/	A3 - allein der nachgeholte Recherchebericht
C2 - Patenterteilung nach Offenlegungsschrift	B1 - Patenterteilung nach Offenlegungsschrift
C3 - Patenterteilung nach Einspruch	B2 - Patenterteilung nach Einspruch
U - Gebrauchsmuster	U - Gebrauchsmuster
T - Übersetzung eines Europäischen oder int. Patent, das in DE gelten soll	T - Übersetzung eines EP- oder PCT-Dokuments

**Tabelle 1: Patent Schutzrechtarten [19]**

## 3.2 Marktanalyse

Vor dem Beginn der Produktentwicklung sollen Informationen über den Markt eingeholt und analysiert werden. Im Folgenden wird die Vorgehensweise der betriebenen Marktforschung beschrieben sowie einige Methoden zur Informationsgewinnung vorgestellt. Am Ende des Kapitels werden die Methoden gegenübergestellt und passend zu den Zielen dieser Produktentwicklung eine davon ausgewählt, welche dann in Kapitel 5 angewandt wird.

### 3.2.1 Begriffserklärung und Motivation

In der Wirtschaft sind Informationen die Voraussetzung für Wettbewerbsfähigkeit und zukunftsgerichtete KundInnenorientierung. Gründliche und rechtzeitige Informationen über den Markt reduzieren Geschäftsrisiken und führen zu fundierteren Entscheidungen. In der Marktforschung wird genau festgelegt, welche Informationen benötigt werden, um Chancen und Risiken am Markt ermitteln und Maßnahmen ableiten zu können. Es werden außerdem Methoden der Informationsgewinnung gestaltet, der Datenerhebungsprozess geleitet und umgesetzt, Ergebnisse analysiert sowie die Befunde und die Möglichkeiten ihrer Anwendung mitgeteilt. [20, 21]

### 3.2.2 Ablauf einer Marktforschung

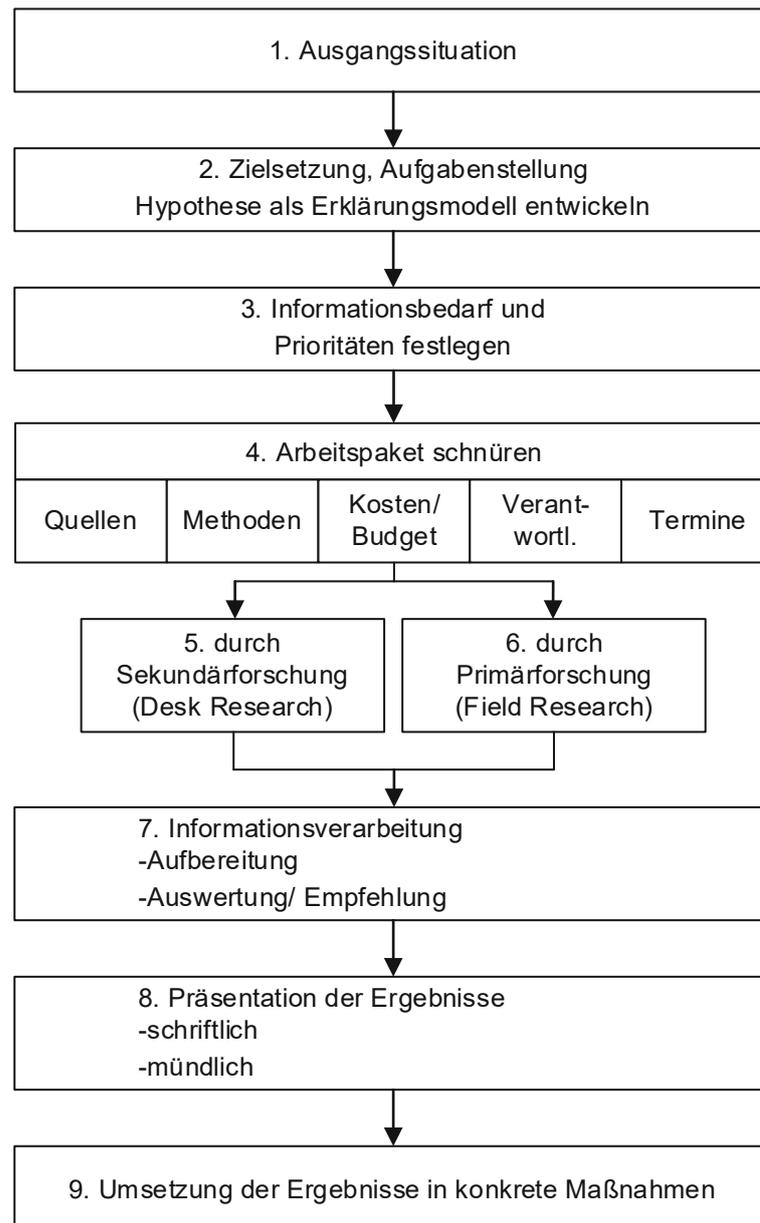
Bei der Analyse eines Marktes werden typische Phasen durchlaufen, welche im Folgenden kurz erklärt werden und in Abbildung 3.2 als Flussdiagramm dargestellt sind.

Zu Beginn einer Marktforschung steht stets ein Problem oder ein Ereignis, weswegen eine Untersuchung gestartet wird. Die Gründe dafür können unterschiedlich sein: Entwicklung neuer Produkte, Einstieg in neue Geschäftsmöglichkeiten, Erschließung neuer Auslandsmärkte, etc. Das Ereignis, das die Marktuntersuchung auslöst, wird im ersten Schritt kurz und präzise beschrieben.

Aus der Ausgangssituation wird im zweiten Schritt eine Aufgabenstellung abgeleitet und die Zielsetzungen werden schriftlich festgehalten. Die Themenabgrenzung erfolgt dabei in Bezug auf das Produkt, die Zielgruppe, die Region oder dem Markt, den Zeithorizont sowie den Umfang und das Budget. Bei manchen Aufgabenstellungen ist zu beachten, dass eine genaue Eingrenzung nicht möglich oder sinnvoll ist, wie etwa bei der Suche nach neuen Innovationen.

Im nächsten (dritten) Schritt wird festgelegt, welche Informationen im Einzelnen benötigt werden. Dafür eignet sich eine interne Besprechung mit den am Projekt beteiligten Personen. Auch ein Brainstorming kann als methodischer Ansatz zur Klärung des Informationsbedarfs durchgeführt werden. Die Vorgehensweise bei der Durchführung eines Brainstormings wurde bereits in [1] besprochen und wird an dieser Stelle nicht näher erläutert. Steht die Liste mit den benötigten Informationen fest, werden diese nach ihrer Bedeutung und Dringlichkeit in Prioritätsklassen eingeteilt. Es werden drei Klassen, A, B und C definiert, die wie folgt charakterisiert sind:

- A-Informationen: Informationen, die beschafft werden müssen
- B-Informationen: Informationen, die bereitgestellt werden sollten
- C-Informationen: Informationen, die berücksichtigt werden, falls sie ohne großen Aufwand miterhoben werden können [21]



**Abbildung 3.2: Typischer Ablauf einer Marktstudie aus betrieblicher Sicht [21]**

Im vierten Schritt werden Arbeitspakete geschnürt und Quellen, Methoden, Budget, Verantwortung und Termine festgelegt. Es ist zu klären, woher die benötigten Informationen beschafft und auf welche Art und Weise sie erhoben werden. Grundsätzlich unterscheidet man bei den Methoden zur Informationsgewinnung zwischen Sekundär- und Primärforschung (Schritt 5 und 6 in Abbildung 3.2), worauf in Abschnitt 3.2.4 und 3.2.5 genauer eingegangen wird. Die Sekundärforschung setzt auf die Recherche nach bereits vorhandenen Informationen, wogegen die Primärforschung Methoden zur selbstständigen Datenerhebung, beispielsweise durch Befragungen, umfasst. Üblicherweise wird mit einer Sekundärforschung begonnen und bei Bedarf durch eine Primärforschung ergänzt. Es soll außerdem eine Kostenabschätzung durchgeführt werden und ein Budget für die Untersuchung festgelegt werden. Berücksichtigt werden dabei Kosten für angekaufte Daten, interne

Kosten und eventuelle Kosten für Dritte, wie etwa Marktforschungsinstitute. Auch die Verantwortung für die Studie wird festgelegt und ein Projektleiter ausgewählt. Schließlich werden Meilensteine und Termine definiert, bis wann einzelne Ergebnisse vorliegen müssen.

Nachdem die selektierten Informationen gewonnen sind, werden sie in Schritt 7 verarbeitet. Daten und Informationen müssen teilweise aufbereitet werden: offene Fragen werden systematisiert und kodiert und ein einheitliches Tabellen- und Auswertungsraster wird festgelegt. Ebenfalls werden die Qualität und Plausibilität der Daten geprüft. Die Auswertung erfolgt entweder über rechnerische Verarbeitung, wie Häufigkeiten oder Prozentzahlen, oder textliche Interpretation der Ergebnisse. Schlussfolgerungen werden abgeleitet und Entscheidungsalternativen aufgezeigt. [21]

Die anschließende Präsentation und Umsetzung der Ergebnisse bedarf keiner tieferen methodischen Vorgangsweise und wird an dieser Stelle nicht näher erläutert.

### 3.2.3 Übersicht über die Methoden der Informationsbeschaffung

Wie bereits in Abschnitt 3.2.2 erwähnt, gliedert sich die Informationsbeschaffung in primäre und sekundäre Marktforschung. Die Primärforschung wird im Englischen als „Field Research“ (dt. „Feldforschung“) bezeichnet, was die Art der Methodik bildhaft beschreibt. Die Daten und Informationen werden nämlich direkt mittels eigener Nachforschung erhoben. Dabei können verschiedene Methoden zum Einsatz kommen, wie Befragungen, Beobachtungen oder Experimente bzw. Tests, welche wiederum nach unterschiedlichen Variablen gestaltet werden können. Abbildung 3.3 zeigt eine Übersicht der Methoden, wovon eine Auswahl in Abschnitt 3.2.5 genauer beschrieben wird.

Die zweite grundsätzliche Art der Informationsbeschaffung ist die sekundäre Marktforschung, bei welcher die Daten und Informationen bereits vorhanden sind und nicht originär gewonnen werden müssen. Die englische Bezeichnung „Desk Research“ (dt. „Forschung vom Schreibtisch aus“) beschreibt auch hier bildlich die Vorgehensweise, denn die Informationen werden lediglich durch Recherchearbeit gewonnen. Die Quellen der Informationen können dabei entweder intern im Unternehmen selbst oder extern in Veröffentlichungen, wie Statistiken, liegen. [21] [22]

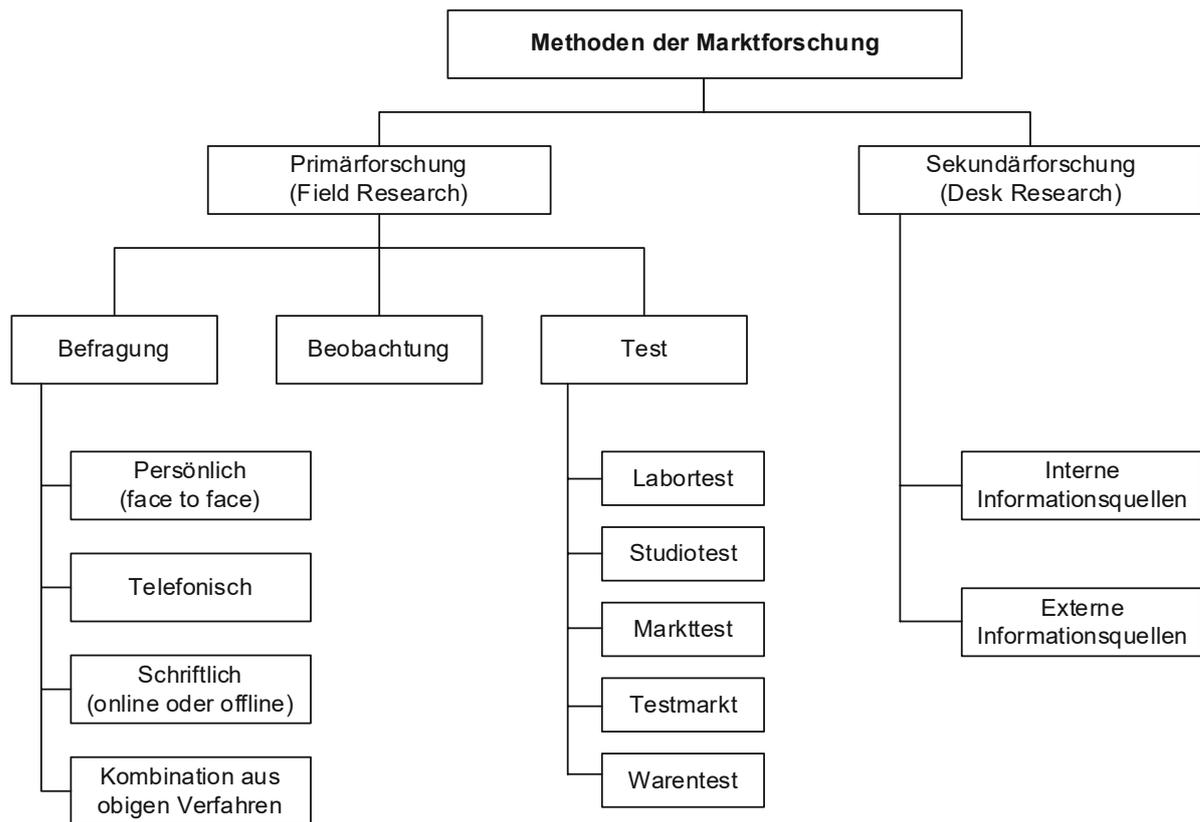


Abbildung 3.3: Übersicht über die Methoden der Marktforschung [21]

In aller Regel beginnt die Marktforschung mit der Sichtung von sekundärstatistischen Informationen. Diese stehen meist schneller und kostengünstiger zur Verfügung als primär erhobene Daten und führen somit effizienter zu den benötigten Ergebnissen. Allerdings sind die sekundär beschafften Informationen oft nicht hinreichend genau, vollständig oder aktuell. Außerdem liegen die Daten nur selten in der gewünschten Feingliederung oder Abgrenzung vor und wurden ursprünglich nicht für den Unternehmenszweck oder die konkrete Fragestellung ausgearbeitet. Es empfiehlt sich deshalb eine Primärforschung an die Sekundärforschung anzuschließen und somit die Unsicherheit im Entscheidungsprozess zu minimieren. Abbildung 3.4 zeigt den empfohlenen Ablauf bei der Informationsbeschaffung. [21] [22]

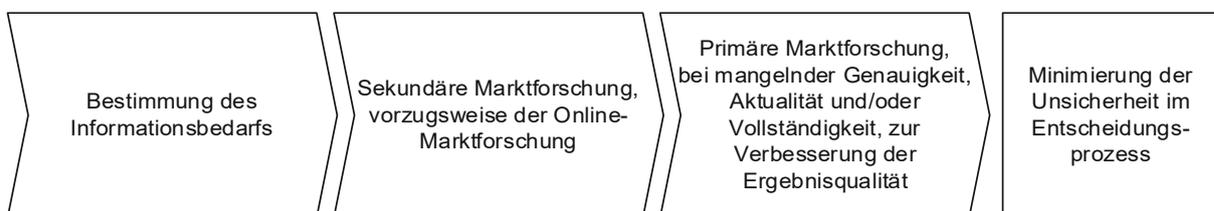


Abbildung 3.4: Die primäre folgt auf die sekundäre Marktforschung [22]

### 3.2.4 Erhebungsarten der Sekundärforschung

In diesem Abschnitt sollen einige Informationsquellen der Sekundärforschung vorgestellt werden. Grundsätzlich kann man je nach Herkunft der Informationen unterscheiden zwischen

- innerbetrieblichen, internen Informationsquellen und
- außerbetrieblichen, externen Informationsquellen.

**Interne Informationen** setzen sich aus den betriebsinternen Statistiken und Dokumentationen des allgemeinen kaufmännischen, betrieblichen und vertrieblichen Berichtswesen zusammen. Aufgrund dieser Daten lassen sich Vergleiche mit dem Markt ziehen. Für diese wissenschaftliche Arbeit sind innerbetriebliche Informationen von keiner großen Bedeutung, da kein Unternehmen an der gegenständlichen Entwicklung beteiligt ist.

Bei **externen Informationen** gibt es vor allem auf Branchenebene eine Vielzahl von Quellen. Hauptsächlich werden dabei die Fachliteratur und das Internet genutzt, sowie Kammern und Verbände, statistische Ämter, Konkurrenten, Banken oder allgemeine Medien.

Das Internet stellt bei der Recherche nach Informationen eine Hauptrolle dar und bietet enorme Daten- und Informationsmengen. Die größte Herausforderung dabei ist das Eingrenzen des Suchgebietes und die Selektion von brauchbaren Rechercheergebnissen. Ein zielgerichtetes Vorgehen kann dabei helfen. Grundsätzlich gibt es mindestens vier Herangehensweisen an ein Suchproblem, nämlich über:

- die Verwendung einer Metasuchmaschine (Beschreibung im nächsten Absatz)
- die Verwendung einer allgemeinen Internetsuchmaschine (z.B. Google)
- die Verwendung einer Suchmaschine, eines Kataloges oder Internetverzeichnis mit Spezialinhalten (Datenbanken)
- die Verwendung einer sonstigen, einschlägigen Internetadresse

Metasuchmaschinen sind den normalen Suchmaschinen übergeordnet. Sie leiten die eingegebene Suchanfrage parallel an mehrere Suchmaschinen und Verzeichnisse weiter, eliminieren Dubletten und listen die Ergebnisse anhand einer Bewertung. Beispiele solcher Metasuchmaschinen sind: [www.metacrawler.com](http://www.metacrawler.com), [www.metager.de](http://www.metager.de), [www.dino-online.de](http://www.dino-online.de), und [www.metasuchmaschinen.net](http://www.metasuchmaschinen.net).

Suchdienste mit Spezialinhalten bieten schnellen Zugang zu marktrelevanten Datenbanken. Hierbei kann gezielt nach Marketingfachbegriffen gesucht werden und erhalten wird eine Liste von Links zu den entsprechenden Datenbanken. Solche

Suchdienste sind überwiegend kostenpflichtig. Ein Beispiel ist <https://www.lexisnexis.de>.

### 3.2.5 Erhebungsarten der Primärforschung

In diesem Abschnitt soll auf ausgewählte Methoden der Primärforschung näher eingegangen werden. Wie in Abbildung 3.3 dargestellt, unterscheidet man bei der primären Informationsbeschaffung zwischen Befragung, Beobachtung und der Durchführung von Tests. Für diese Arbeit sind v.a. die Befragung und das Testen von Relevanz, weshalb sich die folgende Beschreibung auf diese beiden Methoden konzentrieren wird.

- **Befragung**

Bei den Methoden der Befragung kann eine Fülle von Unterscheidungen getroffen werden. Differenziert wird nach:

- der Kommunikationsart (persönlich/telefonisch/schriftlich)
- dem Auswahlverfahren (Quoten-/Zufallsauswahlverfahren)
- dem Stichprobenumfang (Einzel-/Gruppengespräche/kleine/große Stichprobe)
- dem Standardisierungsgrad (standardisiert/ teil-/nicht standardisiert)
- der Art der Fragestellung (offen/geschlossen)
- dem Befragten-Kreis (Verbraucher/Absatzmittler/Weiterverarbeiter/Endverbraucher/Experten)
- der Befragungsfrequenz (ad hoc-einmalig/mehrmalig-Panel)
- dem Untersuchungsgegenstand (Image/Zufriedenheit/neue Produkte)
- der statistischen Relevanz/Repräsentativität (quantitativ/qualitativ)
- der technischen Ausstattung bei der Erhebung (ohne/mit Computerunterstützung)

Die Befragung ist eine der gebräuchlichsten Erhebungsformen und kann für viele Zwecke eingesetzt werden. Damit sie erfolgreich verläuft, muss unter anderem von Befragten vorausgesetzt werden, dass diese auskunftsbereit sind, wahrheitsgemäße Aussagen treffen und überhaupt etwas zum Thema sagen können oder wollen. Außerdem kommt den Interviewenden eine wichtige Rolle zu, denn durch deren persönliche Eigenschaften und Einstellungen kann die Befragung beeinflusst werden (Interviewer-Bias). Diesem Störfaktor kann durch strukturierte Fragestellungen (Fragebogen) und Einsatz mehrerer Interviewer entgegengewirkt werden.

Bei der Durchführung einer Befragung muss zunächst entschieden werden welche Befragungsart, also Form der Kommunikation, verwendet wird. Hier wird unterschieden zwischen persönlich, telefonisch, schriftlich oder eine Kombination aus

genannten Verfahren. Im Folgenden wird eine kurze Übersicht über die wichtigsten Vor- und Nachteile der einzelnen Befragungsarten gegeben:

- **persönliche Befragung**
  - Treffende Methode für Intensivinterviews oder ExpertInnenbefragungen, da umfangreiche und detaillierte Informationen gesammelt und Unklarheiten oder Missverständnisse durch direktes Nachfragen beseitigt werden können.
  - Der zeitliche und kostenmäßige Aufwand gestaltet sich relativ groß im Vergleich zu anderen Verfahren. Durch den Einsatz von Vorlagen kann der Aufwand reduziert werden.
- **telefonische Befragung**
  - Läuft schnell und zielgerichtet ab und erfordert keine Anreise, weshalb sich der Kosten- und Zeitaufwand im Vergleich zur persönlichen Befragung geringer gestaltet.
  - Der Fragebogen sollte im Umfang kleiner als bei einer persönlichen Befragung sein (Dauer möglichst unter 10-15 Minuten), wodurch auch der Informationsgewinn schmaler ausfällt.
- **schriftliche Befragung**
  - Gestaltet sich kostengünstig und eignet sich gut für die Selbstanwendung sowie den Einsatz als Online-Befragung.
  - Rückfragen sind nicht möglich und daher muss der Fragebogen sehr verständlich und einfach aufgebaut sein. Dies führt dazu, dass oberflächliche Informationen gewonnen werden.

Die Vor- und Nachteile der einzelnen Befragungsarten können durch Kombination der Methoden teilweise ausgeglichen werden. Beispielsweise können durch eine telefonische Befragung zunächst potenzielle Informanten sichergestellt und anschließend durch eine schriftliche oder persönliche Befragung die Informationen zielgerichtet eingeholt werden.

Die direkte Befragung kann auch in kleineren Umfängen ein erfolgsversprechendes Instrument der Marktforschung sein, wenn man beispielsweise weniger repräsentative, aber wichtige Einzelgespräche mit Branchen- oder Technologie-ExpertInnen nutzt, um Informationen zu sammeln. Diese Ergebnisse sind zwar weder statistisch relevant noch für die Hochrechnung auf die Gesamtheit geeignet, liefern aber durchaus qualitative Argumente für unternehmerische Entscheidungen. [21]

- **Test/Experiment**

Der Test nimmt eine Sonderstellung in der Primärforschung ein, denn im Wesentlichen stellt er eine Mischung aus verschiedenen Methoden und Vorgehensweisen dar. Er kann aus einer Befragung und/oder einer Beobachtung bestehen und wird durch eine

Handlung der Testperson, z.B. das Ausprobieren eines Produktes, ergänzt. Durch Tests können die Reaktionen einer Zielgruppe auf bestimmte Produktmerkmale, Werbeaktionen oder Preise bereits vor der Markteinführung ermittelt und somit unternehmerische Risiken minimiert werden. In der Regel basieren Tests auf geringen Stichprobenumfängen und liefern eher qualitative als quantitative Ergebnisse, welche aber dennoch gute Indikatoren für die Absatzchancen am Gesamtmarkt darstellen.

Es wird zwischen drei verschiedenen Testarten unterschieden:

**1. Vergleich der Ergebnisse vor und nach einer Aktion**

(z.B. Vergleich der Verkaufszahlen vor und nach der Einführung einer Marketingmaßnahme.)

**2. Vergleich der Ergebnisse einer Testgruppe mit einer Kontrollgruppe**

(z.B. Abänderung einer Produkteigenschaft bei einem Teil der Testgruppe. Die Reaktionen der TeilnehmerInnen kann als Bewertung des Erfolgs der Maßnahme angesehen werden.)

**3. Der Produkttest**

(soll im Folgenden genauer beschrieben werden)

Der Produkttest ist eine wichtige Untersuchung im Vorfeld einer Markteinführung, welche einerseits die KundInnenorientierung, also die Akzeptanz der Zielgruppe, und andererseits die Wettbewerbsorientierung, also die Leistung des Produkts im Vergleich zur Konkurrenz ermittelt. Es gibt dabei drei unterschiedliche Verfahren, um den Erfolg von Produkten zu messen:

1. Der Labortest: unternehmensinterne Untersuchung in Versuchswerkstätten oder Laboratorien
2. Der Markttest/Feldtest: ein am Markt noch nicht erhältliches Produkt wird an eine Reihe von Testpersonen vergeben und von diesen unter realen Bedingungen über einen Zeitraum ausprobiert
3. Der Vergleichstest: Die Testperson bekommt mehrere Varianten eines Produktes mit unterschiedlichen Eigenschaften und muss diese vergleichend beurteilen

Der Labortest gehört bei der Entwicklung von Serien- und Massenprodukten zum Standard und ist bei marktorientierten Unternehmen eine Selbstverständlichkeit. Mit diesen herstellereigenen Versuchsreihen lassen sich festgelegte Produkteigenschaften leicht überprüfen und bereits früh im Entwicklungsprozess korrigieren. Da sich Labortests in einer isolierten Umgebung abspielen und somit keine realen Testbedingungen vorherrschen, sollte auch ein Markt- oder Feldtest an die Untersuchung anschließen. Die bereits im Labor getestete Vorserie wird dabei unter realen Umgebungs- und Marktbedingungen praktisch erprobt. Die Dauer des Tests wird in der Regel für mehrere Wochen angesetzt und die Anzahl der Testpersonen

sollte zwischen 20 und 30 liegen. Begleitet wird der Feldversuch von einer mündlichen oder schriftlichen Befragung, wobei verschiedenen Eindrücke anhand einer Skala nach Punktesystem bewertet werden. Um auch spontane Äußerungen zu erfassen, sollten einige Fragen auch offen, also ohne vorgefertigte Antwortmöglichkeiten, formuliert werden. Im Zuge dieser Befragung kann auch ein Vergleich mit anderen Produkten aus dem eigenen Haus oder von MitbewerberInnen abgefragt werden (Vergleichstest). [21]

### 3.2.6 Alternative, moderne Ansätze der Marktforschung

Neben der klassischen primären und sekundären Marktforschung bieten auch andere Ansätze die Möglichkeit, Informationen über den Markt einzuholen. Im Folgenden sollen zwei moderne Methoden vorgestellt werden, welche sich mit alternativen Zugängen dem Thema Marktforschung nähern.

- **Design Thinking**

Design Thinking ist keine spezifische Methode der Marktforschung. Vielmehr ist es „eine systematische Herangehensweise an komplexe Problemstellungen aus allen Lebensbereichen“, wie es das Hasso-Plattner-Institut (HPI) in Potsdam, ein Vorreiter in der Vermittlung der Methoden des Design Thinking, definiert. [23] Es ist gleichzeitig ein Prozess, ein Mindset und in vielen Fällen sogar Teil der Unternehmenskultur.

„Design Thinking“ stellt einen agilen Ansatz dar, der iteratives und intuitives Vorgehen kombiniert und die NutzerInnen in den Mittelpunkt der Entwicklung stellt. Die Wünsche und Bedürfnisse der Menschen leiten somit den Innovationsprozess und durch das wiederholte Durchlaufen von Feedbackschleifen werden Ergebnisse ständig hinterfragt und verbessert. Auf diesem Wege soll vermieden werden, dass an der eigentlichen Problemstellung vorbeigeforscht wird und das Produkt eine unzureichende Akzeptanz am Markt findet. [23, 24]

Der Design-Thinking-Prozess besteht aus sechs Phasen, welche zusammen auch als Mikrozyklus bezeichnet werden und in Abbildung 3.5 dargestellt sind: Verstehen („Comprehend“), Beobachten/Untersuchen („Observe“), Synthese/Standpunkt definieren („Point of View“), Ideenfindung („Idea Generation“), Prototyp entwickeln („Prototyping“) und Testen („Testing“). Die ersten drei Phasen konzentrieren sich dabei auf das Verstehen und Untersuchen der Frage und der eigentlichen Problemstellung. Die darauffolgenden Phasen beschäftigen sich mit der Ideengenerierung und Testen der Lösungsvorschläge. Es handelt sich dabei um einen iterativen Prozess, der mehrere Male durchlaufen wird und bei dem das Team situativ und flexibel entscheiden kann, ob es zu einer früheren Phase zurückkehren will oder den nächsten Schritt angehen möchte. Durch wiederholte Interaktionen mit den NutzerInnen werden laufend neue Inputs eingeholt und die Ideen zunächst vervielfältigt, um anschließend

Schritt für Schritt eingegrenzt und verfeinert zu werden. Man spricht von der Divergenz und der darauffolgenden Konvergenz des Problem- und Lösungsraums. Dies wird auch als Makrozyklus des Design Thinking bezeichnet. [24, 25]

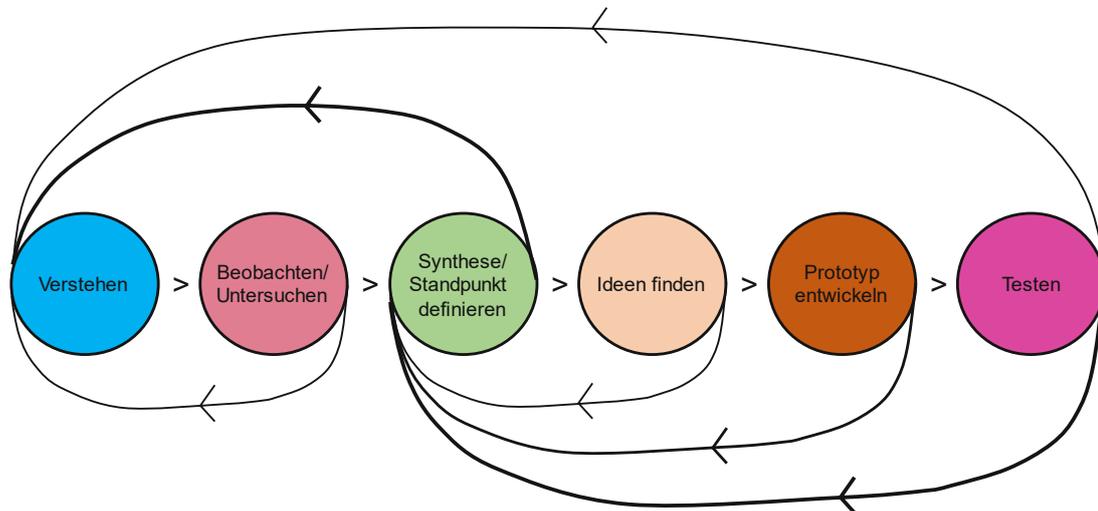


Abbildung 3.5: Mikrozyklus des Design Thinking [25]

Die in den verschiedenen Phasen des Design Thinking eingesetzten Methoden sind überwiegend qualitativer Natur und setzen vor allem auf das „sich in die Schuhe der NutzerInnen stellen“-Prinzip.

Im Sinne der in diesem Kapitel thematisierten Marktforschung soll an dieser Stelle die **Untersuchen**-Phase kurz näher beschrieben werden. In dieser Phase geht es darum, möglichst viele Informationen zum Thema zu sammeln, Stakeholder zu identifizieren und die typischen NutzerInnen verstehen zu lernen. Es wird in der Regel mit einer **Desk Research** (siehe Abschnitt 3.2.4) begonnen. Die gewonnenen Informationen werden nach thematischen Clustern gruppiert und anschließend Wissenslücken identifiziert. **ExpertInneninterviews** helfen das Themengebiet noch besser zu verstehen. Im nächsten Schritt sollen mithilfe einer s.g. „**Stakeholder-Map**“ alle relevanten Personengruppen gefunden und die Zielgruppe genauer abgesteckt werden. Diese Landkarte unterscheidet zwischen direkt und indirekt Betroffenen sowie der Umwelt. Auch s.g. „**Extreme Users**“ und „**Lead Users**“ können ausfindig gemacht werden. Als Erstere versteht man Personen, die das Produkt in einer gewissen Form besonders häufig oder exzessiv nutzen. „**Lead Users**“ hingegen sind trendführende NutzerInnen, dessen Bedürfnisse dem Massenmarkt vorausseilen. Sie können möglicherweise eine neue Perspektive zur Problemstellung geben. Aus der „Stakeholder-Map“ kann nun ein Recherche-Plan erstellt werden, der aufzeigt, welche

Informationen zu welchen Themen gefunden werden sollen und zu welchen Personen Empathie aufgebaut werden soll. Diese Personen werden sodann in einem „**Field-Trip**“ besucht und befragt. Zur Unterstützung der **Befragung** kommt ein im Vorfeld erstellter Interview-Leitfaden oder eine Fragenlandschaft zum Einsatz. Die Fragen können, im Unterschied zu einem Fragebogen, situationsbedingt in unterschiedlicher Reihenfolge gestellt werden und sollen lediglich eine grobe Richtung des Gesprächs sicherstellen. Solche Interviews werden auch als „**Needfinding-Gespräche**“ bezeichnet. Ergebnisse und interessante Aussagen werden zitiert.

Die gesammelten Informationen werden in weiterer Folge dazu verwendet eine oder mehrere **Personas** zu erstellen. Diese Personas sollen in verdichteter Form die GesprächspartnerInnen der „Needfinding-Gespräche“ beschreiben und auch Zitate oder relevante Geschichten beinhalten. Damit soll erreicht werden, dass sich das Team besser in die potenziellen NutzerInnen hinein fühlen kann. Gleichzeitig werden aus den gesammelten Zitaten auch Interpretationen abgeleitet. Hier beginnt bereits die **Synthese-Phase** des Zyklus. Es wird der „**Point of View**“ (Standpunkt) der einzelnen Interviewpartner definiert. Dieser beschreibt die Situation, in welcher sich die NutzerInnen aktuell befinden, welche Informationen über ihn als wichtig eingestuft wurden und wie sein Leben verbessert werden könnte. Als Vorlage dient der Lückentext:

1. Wir trafen...
2. Wir waren überrascht, dass...
3. Es würde sein/ihr Leben vollkommen verändern, wenn...

Die folgende Phase der **Ideenfindung** bedient sich einer Reihe intuitiver sowie iterativer Methoden, welche bereits in [1] beschrieben wurden.

Das „**Prototyping**“ soll den besten Ideen eine Gestalt verleihen und bereits vor der konkreten Ausarbeitung die prinzipielle Funktion des Lösungsvorschlags veranschaulichen. Kennzeichnend für das Design Thinking ist der frühe Zeitpunkt, an dem ein solches Funktionsmuster erstellt wird. Man spricht vom „**Rapid-Prototyping**“, denn möglichst schnell und ressourcensparend soll gebaut werden. Einfachste Materialien wie Papier, Knetmasse und Draht reichen dafür aus.

Mit diesen einfachen Prototypen kann zum ersten Mal ein Feedback der potenziellen NutzerInnen eingeholt werden (**Test-Phase**). Die Testpersonen bekommen den Prototypen in die Hand gelegt und werden dazu aufgefordert, beim Ausprobieren laut zu denken. Somit können einzelne Gedankenschritte vom Team besser nachvollzogen werden. Auf Erklärungen und Kommentare wird seitens des Entwicklungsteams gezielt verzichtet, um möglichst unbewusste und authentische Handhabungen zu generieren und damit neue Erkenntnisse zu gewinnen. Die Ergebnisse des Tests werden in einem Feedback-Kreuz, wie in Abbildung 3.9 (in Kapitel 3.3.3) dargestellt, geclustert. Dort

wird festgehalten, was den Testpersonen gut gefallen hat und was nicht, welche neuen, zusätzlichen Ideen geäußert wurden und was nicht verstanden wurde. [24, 25]

- **„Case-Based Evidence“**

„Case-based Evidence“ ist eine Methode zur Einschätzung und Verbesserung der Akzeptanz von Produkten, Dienstleistungen und Projekten. Sie kombiniert dabei Aspekte der analytischen Akzeptanzforschung mit Elementen der qualitativen Marktforschung.

Abbildung 3.6 zeigt, wie das „Case-based-evidence“-Verfahren in der Akzeptanzforschung eingeordnet wird.

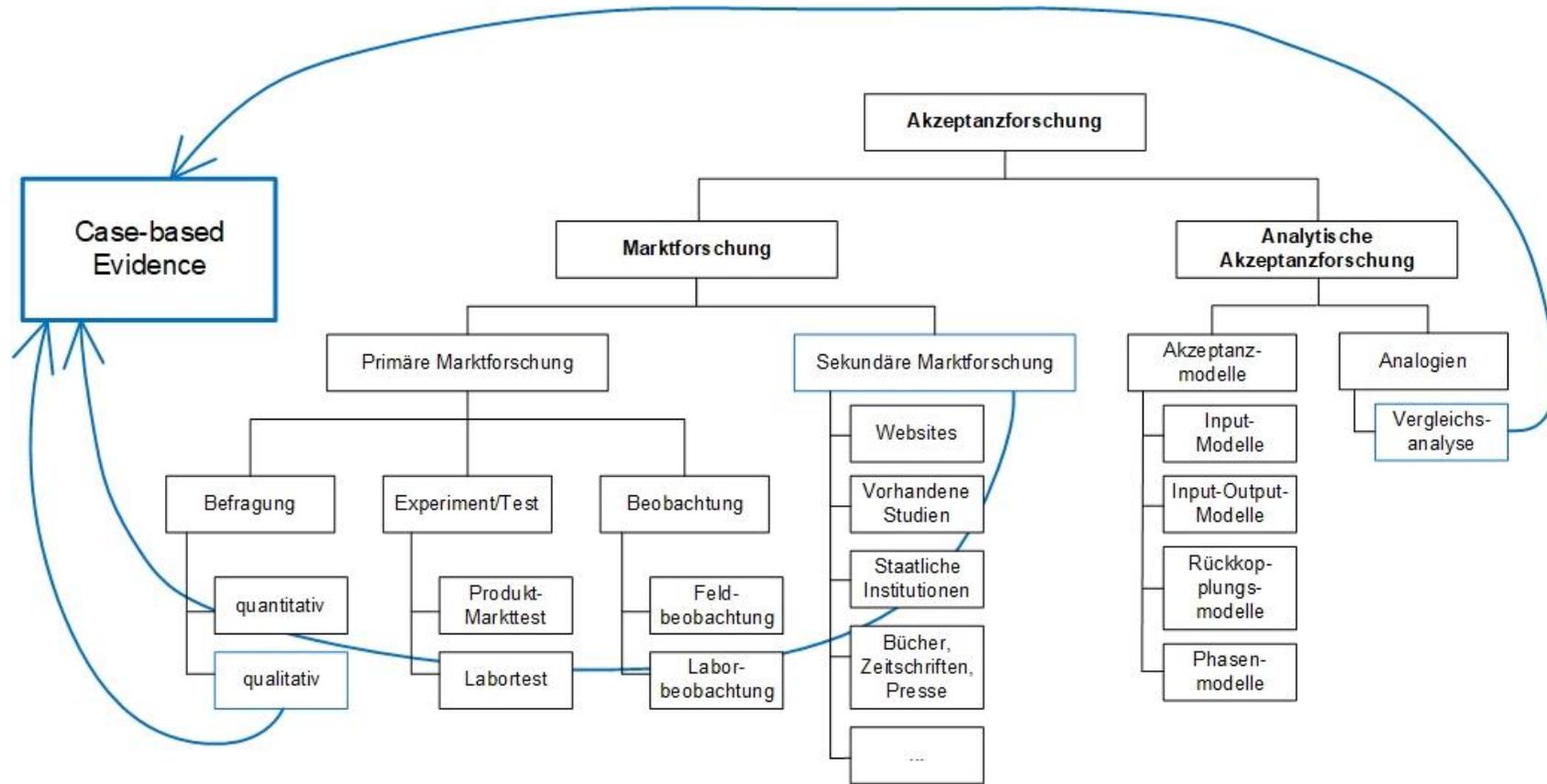


Abbildung 3.6: „Case-based Evidence“ als Kombination verschiedener Ansätze der Akzeptanzforschung [26]

Zur Entstehung einer Nachfrage für ein neuartiges Produkt ist die Akzeptanz des Angebots seitens der BedarfsträgerInnen eine absolut zentrale und notwendige Voraussetzung. Das reine „Matching“ der in der Produktentwicklung definierten Anforderungen mit dem objektiven Bedarf der NutzerInnen reicht hierfür oft nicht aus. Zahlreiche andere Faktoren nehmen Einfluss auf diese marktwirtschaftliche Problematik, worunter vor allem das Vertrauen in die anbietende Partei und der zu erwartende Nutzwert des Produktes oder der Dienstleistung eine zentrale Bedeutung innehaben. Potenzielle KundenInnen werden ein Angebot nur akzeptieren, wenn sie einen Nutzwert darin erkennen und bereit sind, einen Vertrauensvorschuss zu gewähren. Dementsprechend stellt die Risikowahrnehmung, also die Angst oder die Unsicherheit, dass das bislang investierte Vertrauen nicht gerechtfertigt ist, den kritischsten Faktor für die Akzeptanz dar. Für eine erfolgreiche Vermarktung eines Produktes müssen deshalb vertrauensbildende Maßnahmen, wie das Bewerben positiver ExpertInnenmeinungen zum Produkt, zur Risikominimierung ergriffen werden.

Es gibt allerdings, wie oben erwähnt, zahlreiche weitere Akzeptanzfaktoren, welche in Abbildung 3.7 grafisch dargestellt sind und entweder vom Akzeptanzobjekt, -subjekt oder -kontext ausgehen können. Eine der ersten Schritte der „Case-based-evidence“-Methode ist es, die relevanten Faktoren für den gegebenen Fall zu identifizieren.

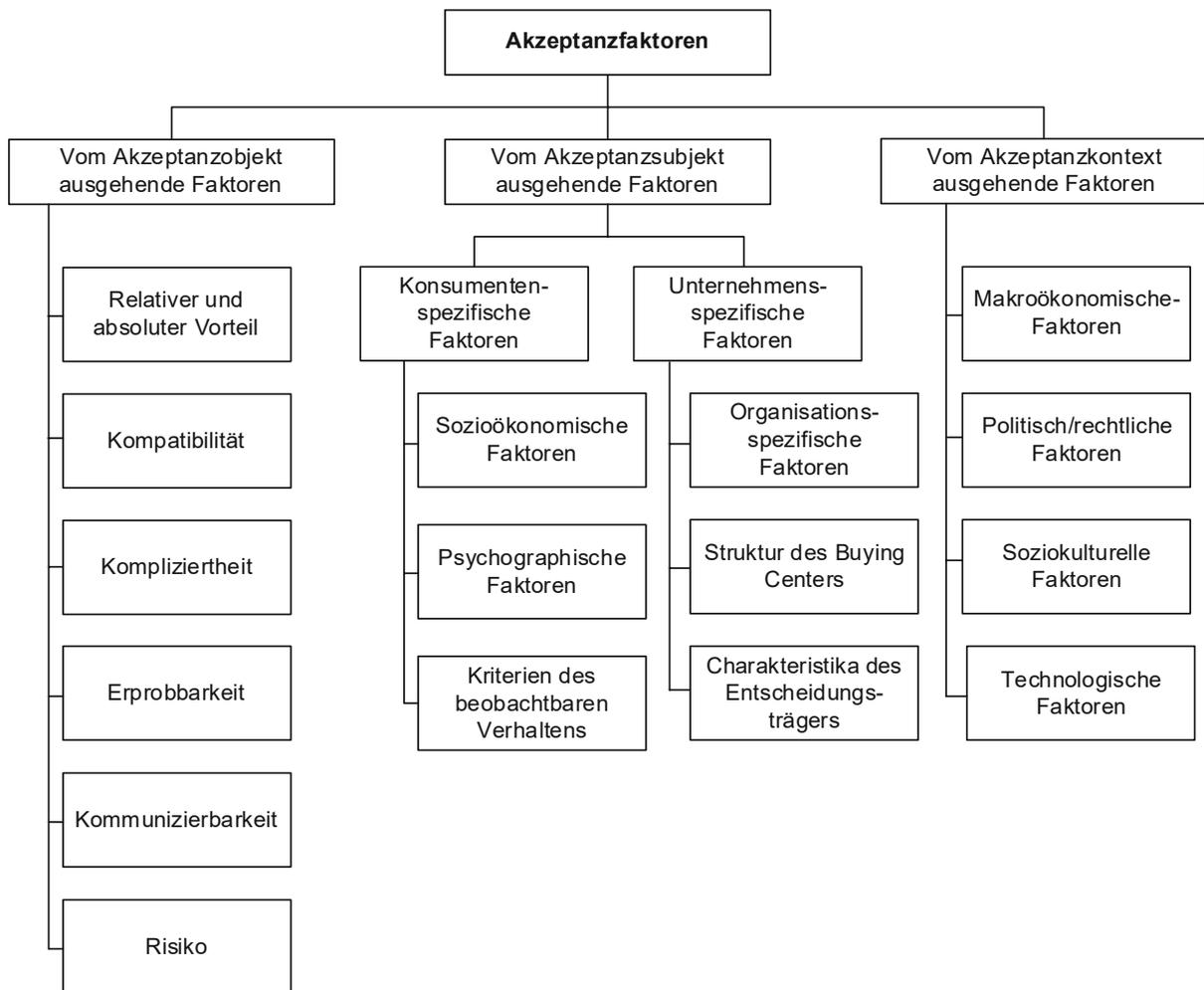


Abbildung 3.7: Einteilung der Akzeptanzfaktoren [26]

Neben dem Finden der kritischen Positionen werden auch Strukturen gesucht, die für den vorliegenden Fall typisch sind. Die Kenntnis über die Charakteristik des Zusammenspiels von Akzeptanzobjekt, -subjekt und -kontext ist hilfreich, um vom konkreten Fall zu abstrahieren. Es werden Analogieziele festgelegt und im nächsten Schritt wird begonnen nach analogen Fällen, den Analogiequellen, zu suchen. Als analoge Fälle werden dabei jene Fälle verstanden, welche eine Übereinstimmung von Systemkomponenten nach Maßgabe einer oder mehrerer Merkmale aufweisen.

„Gute“ Analogiefälle haben das zur Untersuchung stehende, akzeptanzkritische Problem schon gelöst. Um diese zu finden, kann ein Brainstorming eingesetzt werden, wobei häufig eine treffende Formulierung der relevanten Analogiekomponenten ausreicht, um zu analogen Fällen geleitet zu werden. Es sollten zwischen zwei und fünf solcher Fälle gefunden werden.

Ein wesentlicher Bestandteil des „Case-based Evidence“ ist die Bildung eines synoptischen Modells, welches auf Basis der gefundenen analogen Fälle erstellt wird. Alle relevanten Komponenten der Analogiequellen, welche auf das Analogieziel

übertragbar sind, werden damit dargestellt und kritische Faktoren der Akzeptanz abgebildet.

Zur Verifizierung der „Case-based Evidence“ werden im nächsten Schritt ausgewählte ExpertInnen interviewt, welche fachlich im gegenständlichen Themenbereich ausgewiesen sind. Auf diesem Wege sollen die abgeleiteten Analogieschlüsse bewertet und vertieft werden, sowie neue Schlüsse hervorgebracht werden. Eine statistisch repräsentative Umfrage ist dabei explizit nicht das Ziel, sondern es gilt vielmehr durch wenige Gespräche qualitativ hochwertige Hinweise zu erhalten.

Im letzten Schritt werden die Ergebnisse der Analogieschlüsse und ExpertInneninterviews zusammengefasst und geeignete Empfehlungen abgeleitet. [26]

### 3.2.7 Zusammenfassung der Methoden

In diesem Kapitel wurden drei prinzipielle Vorgehensweisen der Marktforschung beschrieben:

- Der klassische Ansatz mit sekundärer und primärer Marktforschung
- Das „Design Thinking“ als ganzheitlicher Ansatz der Produktentwicklung
- Die „Case-based-evidence“-Methode mit Fokus auf der Akzeptanz des Angebotes

Alle drei der vorgestellten Verfahren beinhalten interessante Methoden und Ansätze für die Aufgabenstellung der gegenständlichen Arbeit und weisen trotz der Unterschiede einige Gemeinsamkeiten auf.

Die Untersuchung beginnt stets mit einer Zielsetzung und Klärung des Informationsbedarfs. Im „Design Thinking“ wird dies durch die „Verstehen“-Phase und im „Case-based“ Evidence durch die Formulierung der Forschungsfrage abgedeckt. Es folgt ein s.g. „Desk-Research“, bei dem sekundäre Informationsquellen durchsucht werden und erste Erkenntnisse und Daten aus dem Markt oder über das Problem eingeholt werden.

Der klassische, sowie der „Design Thinking“ Ansatz gehen in der nächsten Phase in die Primär-Marktforschung über, wobei durch Befragungen, Beobachtungen und Tests eigenständige Erhebungen angestellt werden. Das „Design Thinking“ fokussiert dabei auf die NutzerInnen und bedient sich vor allem qualitativer Methoden, um Aussagen über die Akzeptanz und die Bedürfnisse der potenziellen KäuferInnen treffen zu können. Über eine zyklische Vorgehensweise zieht sich diese NutzerInnenorientierung mit wiederholten Feedbackschleifen über die gesamte Produktentwicklung hindurch, sodass am Ende das fertige Produkt mit geringem Risiko und hoher Akzeptanz in den Markt eingeführt werden kann.

In der klassischen Marktforschung hingegen wird von einem linearen Prozess der Produktentwicklung ausgegangen und die Untersuchung wird demnach im Vorfeld der Entwicklung angesetzt. An dieser Stelle soll erwähnt sein, dass, wie oben bereits beschrieben, Marktforschung nicht zwingend mit einer Produktentwicklung verbunden ist. Sie wird beispielsweise auch bei der Erschließung neuer Märkte oder zur Untersuchung von geplanten Marketingmaßnahmen durchgeführt. Im Kontext dieser Arbeit soll aber das Szenario der Einführung eines neuartigen Produktes im Vordergrund stehen. Die Primärforschung kommt dabei nur zum Einsatz, wenn nach der Sekundärforschung noch Informationslücken oder Unklarheiten bestehen.

Die „Case-based-evidence“-Methode unterscheidet sich von den anderen Verfahren, indem sie den Fokus der Untersuchung auf die akzeptanzrelevanten Faktoren legt. Dabei sind vor allem das Vertrauen in die anbietende Partei und der zu erwartende Nutzwert seitens der BedarfsträgerInnen für die Akzeptanz entscheidend. Der zur Untersuchung stehende Fall wird auf akzeptanzkritische Komponenten analysiert und anschließend wird versucht, passende analoge Fälle zu finden, welche für einen Vergleich herangezogen werden können. Es wird dabei nicht auf technischer Ebene verglichen, sondern vielmehr das menschliche, psycho-soziale Verhalten in dahingehend als vergleichbaren Fällen betrachtet. Von den analogen Fällen können dann Rückschlüsse auf den vorliegenden Fall gezogen werden und Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung getroffen werden.

### 3.2.8 Wichtige Marktkennzahlen

Abschließend sollen einige wichtige Größen der Marktanalyse vorgestellt und beschrieben werden.

- **Marktpotenzial**  
Als Marktpotenzial wird das theoretisch mögliche Absatzvolumen für ein Produkt verstanden.
- **Marktvolumen**  
Das Marktvolumen entspricht der tatsächlichen Absatzmenge, also dem tatsächlichen Umsatz, den alle AnbieterInnen des entsprechenden Segments gemeinsam erzielen.
- **Marktanteil**  
Der Marktanteil gibt den prozentuellen Anteil des Absatzes/Umsatzes eines Anbieters am Gesamtvolumen an. [21]

Bei der Ermittlung des Marktvolumens kann zwischen zwei prinzipiellen Ansätzen unterschieden werden:

- **Der Top-Down-Ansatz:** Das Volumen wird von der Angebotsseite ermittelt. Übergeordnete wirtschaftliche Größen, wie Bedarfsindikatoren, können herangezogen werden.
- **Der Bottom-Up-Ansatz:** Das Volumen wird von der Bedarfsseite, also den BedarfsträgerInnen, aus ermittelt. Informationen der NutzerInnen werden ausgewertet und bilden die Basis einer Hochrechnung auf das Gesamtvolumen.

Beide Ansätze bedienen sich der weiter oben vorgestellten Methoden der primären und/oder sekundären Marktforschung. [21]

### 3.3 Vorgehensweise Produktentwicklung

In diesem Kapitel soll die methodische Vorgehensweise der in dieser Arbeit durchgeführten Produktentwicklung besprochen werden.

#### 3.3.1 Überblick

Als Richtlinie im Entwicklungsprozess wird die Philosophie des Design Thinking herangezogen und mit klassischen Methoden der Produktentwicklung ergänzt. Das Konzept des „Design Thinking“-Makrozyklus (siehe Abschnitt 3.3.2) schafft dabei einen guten Überblick über die schrittweise Entwicklung des Produktes. Der erste Abschnitt dieses Makrozyklus besitzt einen divergierenden Charakter, was bedeutet, dass besonders viele und riskante Ideen sowie Prototypen generiert werden sollen. Diese Phase wurde in der ebenfalls zu diesem Thema veröffentlichten Bachelor- und Projektarbeit durchlaufen. Durch die intensive Auseinandersetzung mit der Problemstellung hat man einige erste Konzepte und Prototypen entwickelt. In vorliegender Arbeit sollen die Erkenntnisse dieser Phase dazu verwendet werden, eine Vision der finalen Lösung zu erarbeiten und diese Schritt für Schritt zu konkretisieren. Damit ordnet sich die Produktentwicklung der gegenständlichen Arbeit in die „Groan Zone“ sowie in die konvergierende Phase des Makrozyklus ein.

Im Folgenden wird näher auf den bereits beschriebenen Makrozyklus eingegangen und die angewendeten Methoden werden vorgestellt.

#### 3.3.2 Der „Design Thinking“-Makrozyklus

Das ganzheitliche Konzept des „Design Thinking“ wurde bereits im Abschnitt 3.2.6 des Kapitels Marktforschung vorgestellt und soll an dieser Stelle noch vertieft werden.

Grundsätzlich unterscheidet man im „Design Thinking“ zwischen dem Mikro- und dem Makrozyklus. Im Mikrozyklus werden die Phasen

- Verstehen,
- Beobachten,
- Standpunkt definieren,
- Ideen finden,
- Prototyp entwickeln und
- Testen

durchlaufen und dabei wird schrittweise vom Problem- in den Lösungsraum gewechselt. Dieser Mikrozyklus ist wie eine Einheit anzusehen und wird mehrmals durchlaufen. Das Design Thinking gestaltet sich somit als iterativer Prozess.

Die aneinandergereihten Mikrozyklen sind im Makrozyklus eingebettet. Hierbei geht es darum, das Problem zu verstehen und eine Vision der Lösung zu konkretisieren. Die ersten Schleifen im Makrozyklus haben **divergierenden Charakter** und zielen darauf ab, möglichst viele und wilde Ideen zu entwickeln (in Abbildung 3.8 Schritt 1-5). Einige dieser Ideen werden als Prototyp greifbar gemacht und ersten Experimenten unterzogen. Es kommen viele Kreativitätsmethoden und Werkzeuge zum Einsatz, welche größtenteils in der Bachelorarbeit [1] beschrieben wurden und situativ eingesetzt werden.

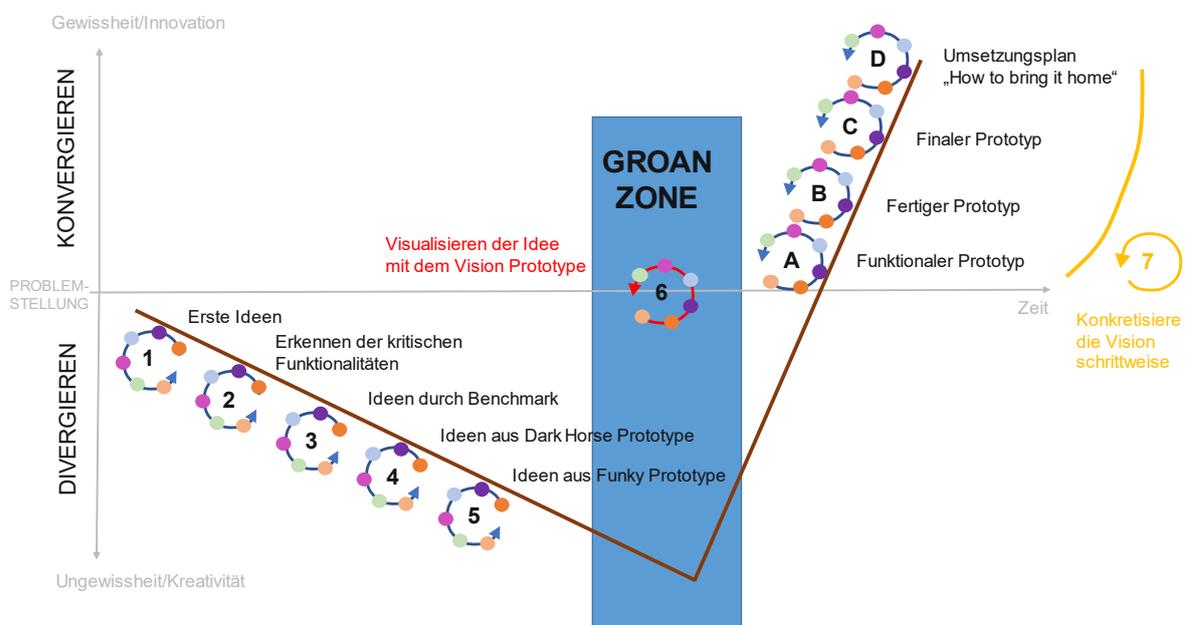


Abbildung 3.8: Der „Design Thinking“-Makrozyklus [25]

Abbildung 3.8 schlägt folgende Schritte 1-5 in der divergierenden Phase vor:

**1. Erste Ideen**

Mithilfe eines Brainstormings nähert sich das Team der Aufgabe und erarbeitet erste potenzielle Ideen und Lösungen.

**2. Erkennen kritischer Funktionalitäten**

Es wird versucht die kritischen Funktionalitäten zu finden, die für die NutzerInnen unabdingbar sind.

**3. Ideen durch „Benchmarks“**

Es werden Ideen und Lösungen aus anderen Industrien, Branchen oder Erfahrungen gesucht, welche sich auf die Problemstellung adaptieren lassen.

**4. Ideen aus „Dark Horse Prototype“**

Das Team versucht seine Kreativität auf das Maximum zu steigern und alle Grenzen und Risiken aufzuheben. So sollen radikale Möglichkeiten entwickelt werden, die noch nicht betrachtet wurden. Anregungen können dabei durch das Weglassen wesentlicher Elemente gewonnen werden, z.B. „Wie würde ein Scheibenwischer ohne Scheibe aussehen?“.

**5. Ideen aus „Funky Prototype“**

Der Bau eines Funky Prototype steigert nochmals die Kreativität. Es soll dabei der Fokus hauptsächlich auf den Nutzen gelegt werden und potenzielle Kosten oder Budget-Restriktionen ausgeblendet werden. Kernfragen sind etwa: „Welche verrückten Ideen sind supercool?“, „Bei welcher Idee müsste man am Ende um Vergebung bitten?“, oder „Wie sieht die Idee aus, welche ad hoc realisiert und nicht geplant wird?“.

Die beschriebene Vorgangsweise muss nicht eingehalten werden und der Übergang in die „**Groan Zone**“ (**Schritt 6**) kann jederzeit passieren. Diese Zone markiert den Übergang von der divergierenden in die konvergierende Phase. Die bisher gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen werden dazu genutzt, eine erste Vision der Lösung zu gewinnen. Mit dem „Vision Prototype“ soll eine physische Form der Lösung gebaut werden und damit eine Kombination aus:

- dem Vorwissen,
- den besten ersten Ideen,
- den wichtigsten kritischen Funktionalitäten,
- den neuen Ideen aus anderen Branchen und Erfahrungen,
- der ersten „User Experience“,
- den interessantesten Erkenntnissen, z.B. des „Dark Horse“, und
- der einfachsten möglichen Lösung

gemacht werden. Der Prototyp soll mit mindestens drei potenziellen NutzerInnen getestet werden und aus dessen Feedback können in weiterer Folge wichtige Schlüsse gezogen werden.

Es folgt die **konvergierende Phase (Schritt 7)**, in der die Vision schrittweise konkretisiert wird. Die Idee wird ausgearbeitet und iterativ verbessert sowie erweitert. Zunächst sollte der Fokus auf die kritischen Funktionalitäten gelegt werden. Außerdem soll versucht werden, die elementaren Bestandteile des Prototyps in einer funktionalen Art und Weise zu realisieren. Darauf aufbauend können andere Elemente ergänzt werden. Einzelne Komponenten der Lösung können auch separat gebaut und getestet und erst dann in den finalen Prototypen integriert werden. Auf dem Weg dorthin unterscheidet man zwischen drei verschiedenen Arten von Prototypen:

#### **A. Funktionaler Prototyp**

Der Fokus liegt auf den kritischen Variablen des zukünftigen Produktes und auf das Testen dieser mit potenziellen NutzerInnen. Es müssen nicht alle Funktionalitäten integriert sein, wichtig ist jedoch eine gewisse Einsatzfähigkeit des Prototyps, um ihn unter realen Bedingungen testen zu können. Hauptziel ist das Erlebar-machen der Hauptfunktionen des späteren Produktes. Man spricht auch von einem „Minimal Viable Product“ (MVP), also einem minimal funktionsfähigen Produkt. MVPs bilden die Basis für den fertigen Prototyp, indem schrittweise immer mehr Funktionalitäten hinzugefügt werden.

#### **B. Fertiger Prototyp („X-is-finished“)**

Während beim funktionalen Prototyp das grobe Gesamtkonzept mit den Hauptfunktionen im Vordergrund steht, wird beim fertigen Prototyp mehr Wert auf die einzelnen Detaillösungen gelegt. Diese Art von Prototyp wird auch „**X-is-finished**“-Prototyp genannt, wobei das „X“ für eine spezielle Funktion steht. Solche Prototypen sind entscheidend für die Interaktion mit NutzerInnen und bilden eine wichtige Basis für den finalen Prototyp.

#### **C. Finaler Prototyp**

Der finale Prototyp schließt die Phase der Problemlösung ab. Er beinhaltet alle Teillösungen und sollte einfach und elegant sein. Häufig geht die Einfachheit durch komplizierte oder plumpe Teillösungen verloren und sollte an dieser Stelle noch einmal überprüft werden. Es ist darauf zu achten, dass nur die wirklich wichtigen Funktionen integriert werden und keine überladenen Lösungen umgesetzt werden.

### 3.3.3 Angewandte Werkzeuge und Methoden

Die divergierende Phase des Design Thinking Makrozyklus wurde, wie bereits in Abschnitt 3.2.7 erklärt, in der Bachelorarbeit durchgeführt. In dieser Arbeit sollen die Ergebnisse dieser Phase kurz präsentiert und diskutiert werden (siehe Kapitel 6.3). Die Erkenntnisse aus den einzelnen Ideen und Konzepten werden in einem Feedback-Raster festgehalten.

- **Feedback-Raster**

Das Feedback-Raster wurde bereits in Abschnitt 3.2.6 kurz vorgestellt. Dieses Tool hat den Zweck in sehr einfacher Form Tests zu dokumentieren und herauszufinden, wie gut ein zuvor identifiziertes NutzerInnen-Problem gelöst wurde. In aller Kürze werden darin die wichtigsten Eindrücke aus einem Test geclustert und festgehalten. Es wird gruppiert in:

- Dinge, die gefallen haben,
- Dinge, die nicht gefallen haben, und/oder was gewünscht wurde,
- Ideen und Anregungen, die sich aus der Erfahrung oder Präsentation ergeben haben und
- Aspekte, die nicht verstanden wurden, sowie Fragen, die sich ergeben haben.



Abbildung 3.9: Feedback-Raster [24]

Um von der divergierenden in die konvergierende Phase zu wechseln, wird in der „Groan Zone“ gründlich über die bisherigen Ideen und Lösungsvorschläge reflektiert. Es soll noch einmal auf die KundInnenbedürfnisse eingegangen werden und die

kritischen Funktionalitäten festgehalten werden. Als Werkzeug wird hierfür ein „Quality Function Deployment“ (QFD) verwendet, welches im Folgenden erklärt wird.

- **„Quality Function Deployment“ (QFD)**

Das QFD ist ein Werkzeug zur Umsetzung von KundenInnenwünschen in technische Merkmale. Der Entwickler Yoji Akao definiert das Konzept wie folgt:

*„QFD ist die Planung und Entwicklung der Qualitätsfunktion eines Produktes entsprechend den von KundInnen geforderten Qualitätseigenschaften.“ [27]*

QFD ist keine Methode des Design Thinking, jedoch eignet es sich durch seine starke Kundenorientierung dazu, die Vorgehensweise des Design Thinking zu ergänzen.

Die zentralen Fragestellungen lauten:

- Was wollen die KundInnen wirklich?
- Welche Erwartungen haben die KundInnen?
- Werden die Erwartungen der KundInnen dazu genutzt den Produktentwicklungsprozess zu steuern?
- Was kann das Produktentwicklungsteam tun, um die Zufriedenheit der KundInnen zu erreichen?

Das „House of Quality“ (Abbildung 3.10) dient als Gerüst der Methode:

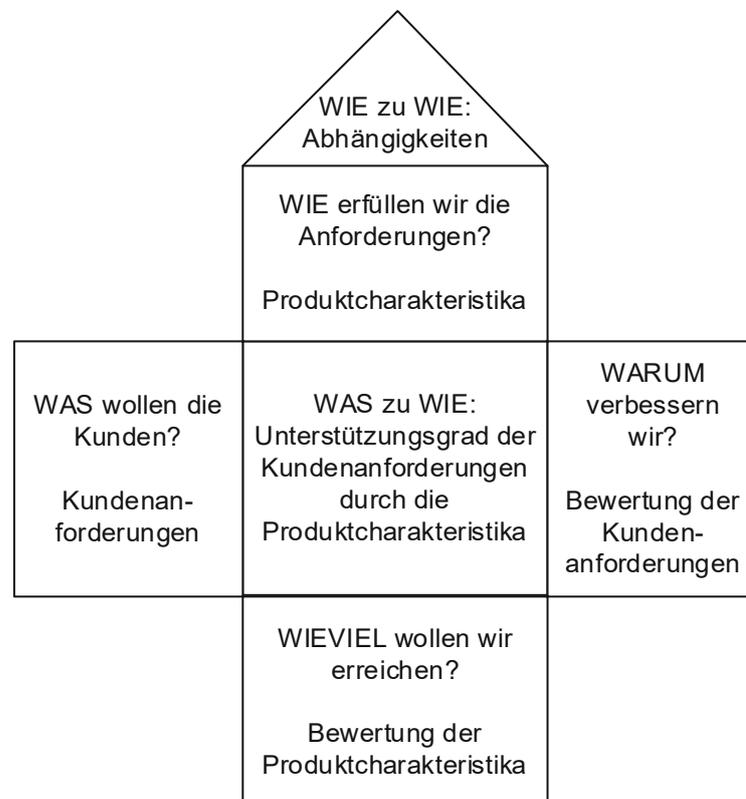


Abbildung 3.10: „House of Quality“ – Übersicht [27]

Das „House of Quality“ besteht aus acht Arbeitsschritten, welche in Abbildung 3.11 aufgelistet sind und nachfolgend detailliert beschrieben werden.

### Arbeitsschritte im „House of Quality“

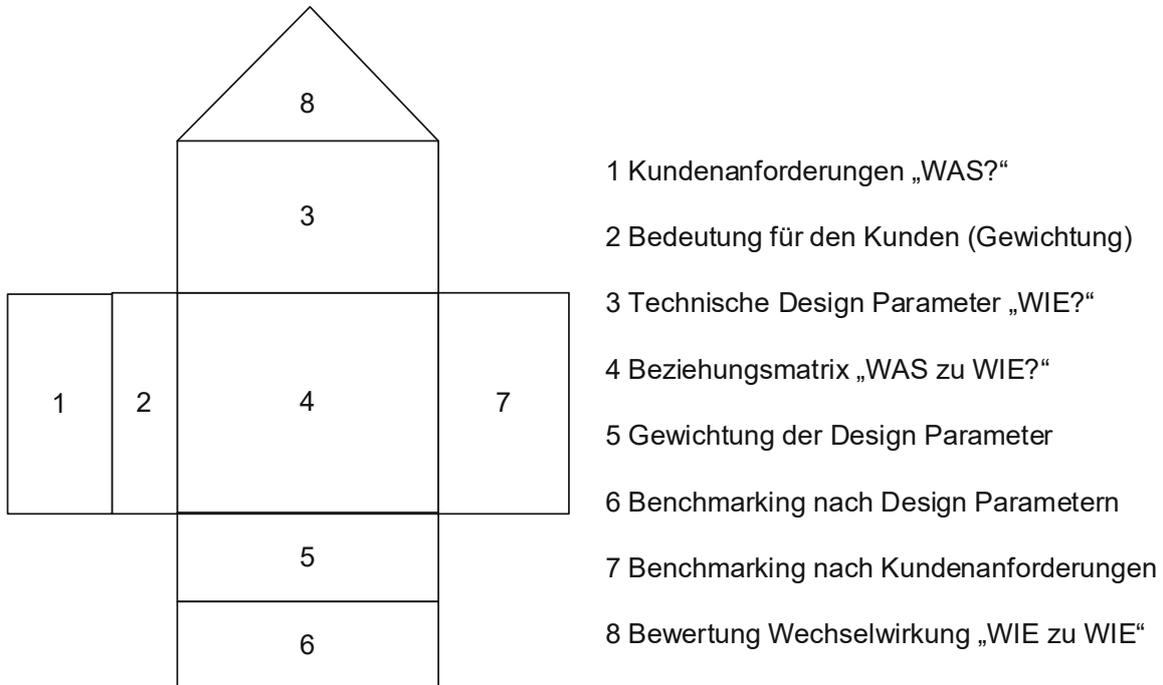


Abbildung 3.11: House of Quality – Schritte [27]

#### 1. KundInnenanforderungen „WAS?“

Zunächst soll die KundInnen-Zielgruppe festgelegt werden. Aus einer Marktforschung und KundInnenbefragung lassen sich dann Anforderungen ableiten. Der konkrete Ablauf bei der Definition der Zielgruppe sowie der Durchführung einer Marktforschung wurde bereits in Kapitel 3.2 besprochen.

#### 2. Bedeutung für die KundInnen (Gewichtung)

Die ermittelten Anforderungen werden in diesem Schritt mit einer Gewichtung versehen. Die Werte dafür liegen entweder aus der Marktforschung vor oder können mittels paarweisen Vergleiches bestimmt werden.

Beim paarweisen Vergleich werden die Anforderungen in einer Matrix gegenübergestellt und paarweise in Bezug auf ihre Wichtigkeit verglichen. Als Werteskala werden die Zahlen 0 bis 2 verwendet: wichtiger (2), gleich wichtig (1), weniger wichtig (0). Nachdem alle Kriterien miteinander verglichen wurden, wird die Punktesumme (zeilenweise) für jede Anforderung gebildet. Der prozentuale Anteil an der Gesamtsumme stellt dann die Gewichtung der Anforderung dar. Nachfolgende Tabelle 2 zeigt ein Beispiel für die Durchführung.

<b>als wichtiger</b>	Kriterium 1	Kriterium 2	Kriterium 3	Kriterium 4	Punkte- summe	Gewichtung in %
Kriterium 1		1	0	2	3	25%
Kriterium 2	1		2	1	4	33%
Kriterium 3	2	0		1	3	25%
Kriterium 4	0	1	1		2	17%
					12	100%

Tabelle 2: Paarweiser Vergleich

### 3. Technische Design Parameter „WIE?“

In diesem Schritt geht es darum die Qualitätsmerkmale hinter den KundInnenanforderungen zu erkennen und als technische Spezifikationen aufzunehmen.

Zur Unterstützung beim Auffinden der technischen Parameter kann ein Ursache-Wirkungs-Diagramm eingesetzt werden. In Form eines Fischgrätendiagramms sollen dabei alle Ursachen oder Parameter eines Problems oder einer Anforderung gefunden werden. Abbildung 3.12 zeigt die Vorlage eines solchen Diagrammes.

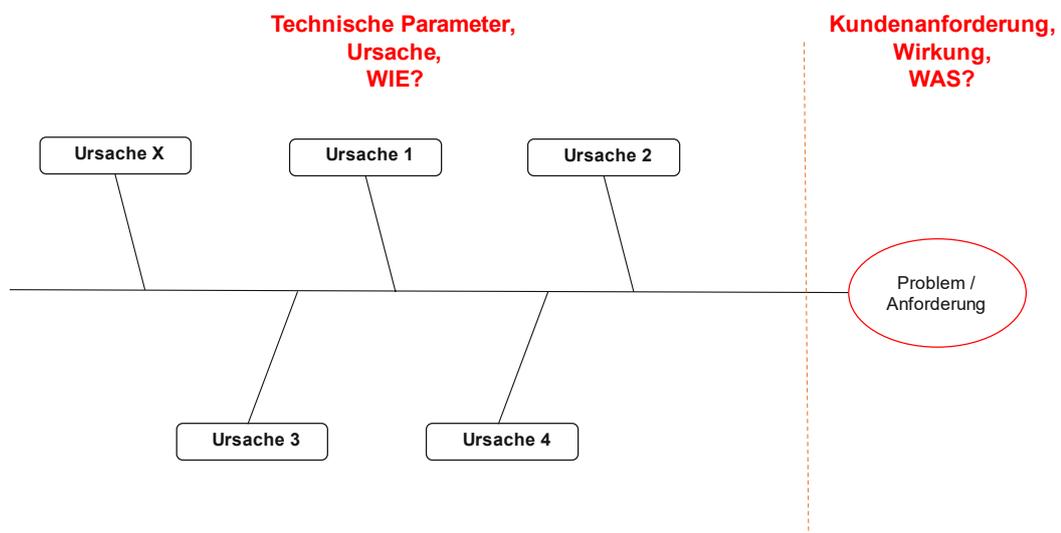


Abbildung 3.12: Ursache-Wirkung-Diagramm [27]

#### 4. Beziehungsmatrix „WAS zu WIE?“

Nachdem alle notwendigen technischen Design Parameter gefunden wurden, muss bewertet werden, mit welcher Intensität sie an der Erfüllung der KundInnenanforderungen beteiligt sind. Es wird also die Bedeutung der Parameter gewichtet. Hierfür wird in einer Matrix der Einfluss eines jeden Parameters auf die einzelnen Kundenanforderungen mit einem Wert beziffert. Die Skala umfasst dabei die Werte 9 (starker Einfluss), 3 (mittlerer Einfluss), 1 (schwacher Einfluss) und 0 (kein Einfluss auf die Anforderung). Die Beziehungsmatrix wird üblicherweise mit der Bewertungsmatrix der Design Parameter zusammengefasst, da sie sich nur minimal unterscheiden.

#### 5. Ermittlung der wichtigen technischen Design Parameter

Die Bewertung der technischen Design Parameter erfolgt durch die Multiplikation der im 2. Schritt festgelegten Gewichtung der Kundenanforderungen mit den Werten der Beziehungsmatrix aus Arbeitsschritt 4. Die erhaltenen Werte werden summiert und in Prozentwerte überführt. Tabelle 3 zeigt ein beispielhaftes Vorgehen.

Parameter→ Kunden- anforderungen↓	Gewichtung Anforderungen	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3	Parameter 4	Parameter 5
Anforderung 1	4	9	0	1	3	3
Anforderung 2	2	1	1	3	9	3
Anforderung 3	5	3	2	0	0	0
Summe	123	53	12	10	30	18
Anteil	100%	43%	10%	8%	24%	15%

**Tabelle 3: Bewertung der Design Parameter (Beispiel)**

#### 6. Wettbewerbsvergleich der technischen Bedeutung

Es wird ein vergleichbares Konkurrenzprodukt gesucht und dessen technische Merkmale mit jenen des eigenen Produktes verglichen („Benchmarking“)

#### 7. Wettbewerbsvergleich nach KundInnenanforderungen

Das eigene Produkt und das Konkurrenzprodukt werden bewertet und verglichen. Dadurch wird das Leistungspotenzial visualisiert.

#### 8. Wechselwirkungen „WIE zu WIE“

Abschließend werden im Dach des „House of Quality“ die Abhängigkeiten der Qualitätsmerkmale zueinander dargestellt. Dies erfolgt mit den folgenden Symbolen:

- „+“, für positive Beziehung (Ergänzung)
- „-“, für negative Beziehung (Konflikt)
- „0“, für keine Abhängigkeit

Das QFD ist damit abgeschlossen. Aufgrund der durchgeführten Analysen kann schlussgefolgert werden, welche Produktmerkmale es in der Entwicklung besonders zu beachten gilt, um die KundInnenanforderungen so gut wie möglich zu erfüllen. [27]

Mit dem nächsten Schritt soll die Brücke von der Analyse zur Synthese geschlagen werden.

- **Denken in Funktionen**

Durch das Denken in Funktionen erschließt sich eine neue Art der Herangehensweise an eine Aufgabenstellung. Die Problemstellung wird abstrahiert und dadurch ergibt sich ein neuer Ausgangspunkt für das Finden von Lösungen. Ziel ist es, unvoreingenommen in die Ideenfindung zu starten, um möglichst keine Lösung von vornherein auszuschließen. Funktionen helfen auch in weiterer Folge bei der schrittweisen Konkretisierung von Problemlösungen.

Eine Funktion ist die lösungsneutrale Beschreibung von Ein- und Ausgangsgrößen. Diese Beschreibung erfolgt stets mittels einer Größe und einer Operation, also einem Hauptwort und einem aktiven Zeitwort.

Ein Beispiel für eine lösungsneutrale Formulierung wäre demnach: Teile (Hauptwort) verbinden (aktives Zeitwort). „Bleche verschrauben“ hingegen beinhaltet eine Lösung und ist somit nicht geeignet.

Ziel ist es eine Funktionsstruktur zu erstellen, in der alle Funktionen des zukünftigen Produktes ersichtlich sind. Man unterscheidet dabei zwischen Haupt-, Teil- und Nebenfunktionen, welche sich aus der Gesamtfunktion ableiten lassen.

Die Gesamtfunktion stellt den grundsätzlichen Zweck, also die Gesamtaufgabe, welche das Produkt erfüllt, dar. Als erster Schritt auf dem Weg zu einer Funktionsstruktur wird sie in Form eines Blockschemas („Black Box“-Form) dargestellt. Die Stoff-, Energie und Signalflüsse werden eingetragen sowie eine Systemgrenze festgelegt. Abbildung 3.13 zeigt die schematische Darstellung der Gesamtfunktion.

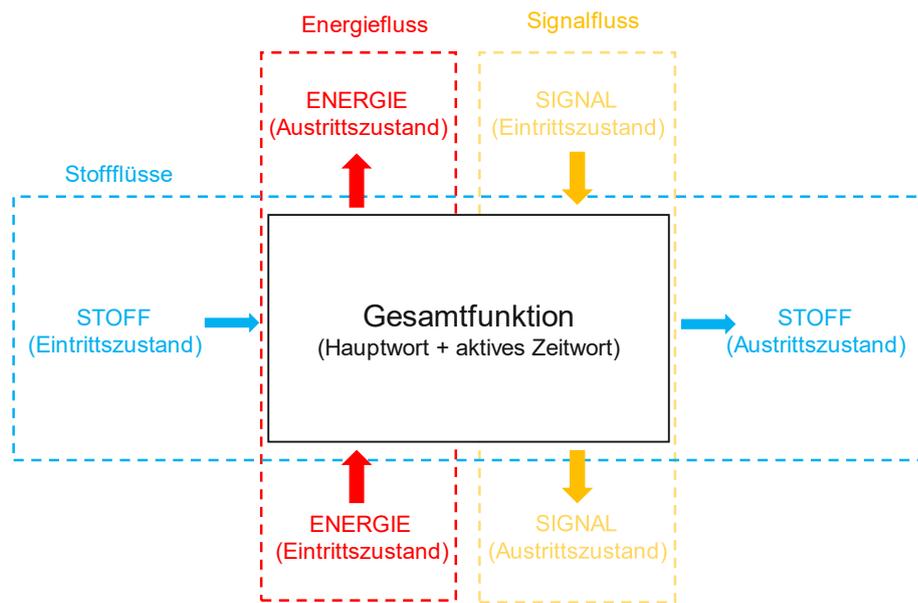


Abbildung 3.13: Schematische Darstellung der Gesamtfunktion [28]

Im nächsten Schritt der Funktionsanalyse werden alle weiteren Funktionen ermittelt, aus denen sich die Gesamtfunktion zusammensetzt. Diese werden anschließend nach den folgenden Gruppen klassifiziert:

- Hauptfunktionen  
Erfüllen direkt die Kernfunktionen und beantworten die Frage, wozu das Produkt gebraucht wird. Z.B. bei Elektromotor: Drehmoment erzeugen
- Teilfunktionen  
Ergeben sich zwangsläufig aus den Hauptfunktionen als Einzelelemente der Hauptfunktion. Z.B. bei Elektromotor: Strom von Rotorwicklung nach außen führen.
- Nebenfunktionen  
Sind erforderlich, um die Hauptfunktionen indirekt sicherzustellen. Z.B. bei Elektromotor: Wicklungstemperatur reduzieren.
- Zusatzfunktionen  
Sind nicht notwendig, aber nützlich, praktisch oder bequem. Z.B. Elektromotor vor Berührung schützen.

Liegt eine Liste mit den klassifizierten, lösungsneutral formulierten Funktionen vor, kann mit der Erstellung einer Funktionsstruktur begonnen werden. Die Funktionsstruktur stellt, ähnlich eines Schaltplans, die logische Verknüpfung der einzelnen Funktionen dar, wie sie zur Erreichung des Ziels der Gesamtfunktion erforderlich ist. Dabei enthält sie Haupt- und Nebenflüsse:

- Hauptflüsse: zeigen die Interaktion der Hauptfunktionen
- Nebenflüsse: zeigen die Interaktion der Teil-, Neben- und Zusatzfunktionen untereinander, als auch deren Interaktion mit den Hauptfunktionen

Durch die Systemgrenze wird die Funktionsstruktur von der Produktumgebung abgegrenzt. In Abbildung 3.14 ist das Schema einer Funktionsstruktur dargestellt.

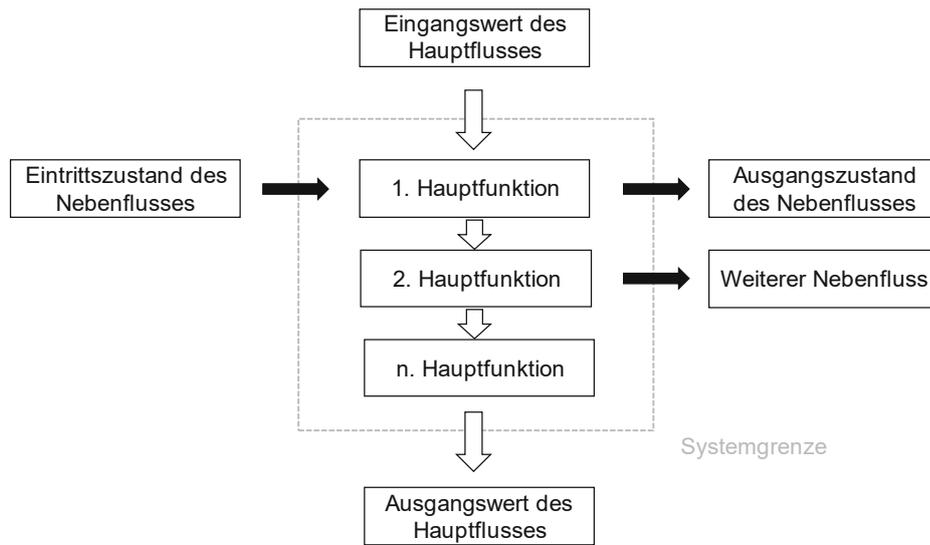


Abbildung 3.14: Schema einer Funktionsstruktur [28]

Durch die lösungsneutrale Formulierung der einzelnen Funktionen und deren Zusammenhang in der Funktionsstruktur ist der Weg für eine unvoreingenommene Lösungsfindung geebnet. [28]

Die Methoden der Ideenfindung wurden bereits in der Vorarbeit [1] ausführlich beschrieben und kamen dort bei der Entwicklung der Konzepte zum Einsatz. In dieser Arbeit sollen die dabei erzielten Ergebnisse strukturiert präsentiert und bewertet werden, um sodann die Erkenntnisse daraus für die Konzipierung eines neuen, finalen Produktes zu nutzen.

Als Unterstützung bei der Darstellung der Ergebnisse wird ein Morphologischer Kasten erstellt, welcher im Folgenden näher beschrieben wird.

- **Morphologischer Kasten**

Mithilfe der Methode des Morphologischen Kastens sollen auf Basis der Funktionsstruktur möglichst viele Gesamtlösungen gefunden werden. Es wird eine Matrix erstellt, in der zu jeder Haupt- und Teilfunktion alle gefundenen Teillösungen aufgelistet werden. Anschließend werden jene Teillösungen, welche miteinander

verträglich, also kombinierbar sind, zu Gesamtlösungen verbunden. Es ergibt sich ein Katalog von Lösungsvarianten, welche anschließend bewertet werden können. Das Prinzip eines solchen Ordnungsschemas (nach dem Erfinder Zwicky) ist in Abbildung 3.15 dargestellt. [29, 30]

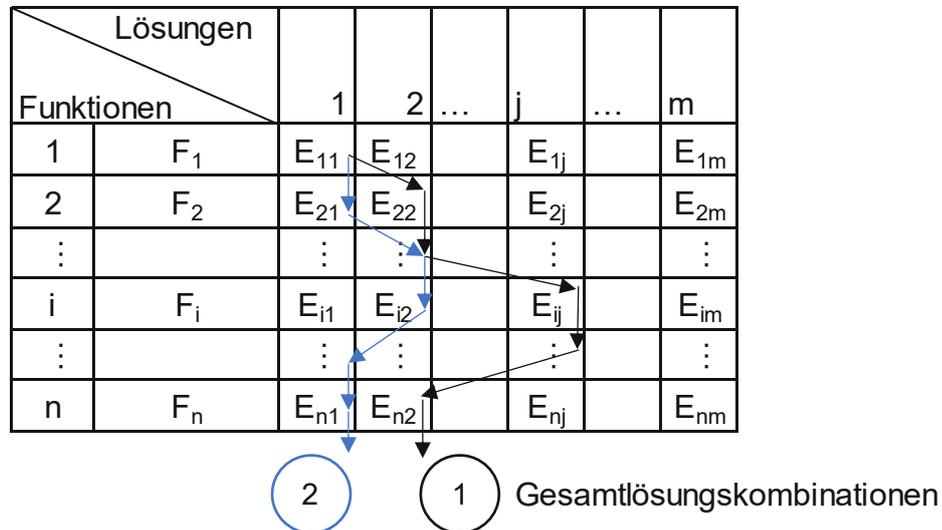


Abbildung 3.15: Schema des morphologischen Kastens [31]

Im nächsten Schritt werden die Lösungsvarianten bewertet.

- **Bewerten von Lösungsvarianten**

Beim Bewerten werden Eigenschaften nach vorgegebenen Zielen verglichen. Es können Lösungsvarianten untereinander verglichen werden oder im Falle eines Vergleichs mit einer gedachten Ideallösung, eine „Wertigkeit“ als Grad der Annäherung an dieses Ideal angegeben werden.

Bei den Bewertungsmethoden wird zwischen argumentativer Bewertung und Punktebewertung unterschieden. Unabhängig von der Methode müssen folgende Punkte erfüllt sein:

- Die Erkenntnisse aus den Lösungsprinzipien müssen ausreichend sein
- Der Aufwand für die Bewertung muss gering sein
- Das Bewertungsverfahren muss durchschaubar und wiederholbar sein

### Argumentative Bewertung

Bei dieser Form der Bewertung werden die Vor- und Nachteile einzelner Lösungs- oder Produktvarianten in Form verbaler Argumente aufgelistet. Die Kriterien der Beurteilung werden dabei aus der Anforderungsliste abgeleitet. Auch die mittels QFD ermittelten kritischen technischen Produktmerkmale sind entsprechend zu berücksichtigen.

## Punktebewertung

Diese Methode stellt ein analytisches Verfahren dar. Zu jedem Bewertungskriterium werden Punkte vergeben und pro Lösungs- oder Produktvariante aufsummiert. Die Punktesumme der einzelnen Alternativen dient als Entscheidungsgrundlage bei der Auswahl einer Lösung. Falls die Kriterien unterschiedlich wichtig sind, muss eine Gewichtung vorgenommen werden. Nachfolgend wird die Vorgehensweise schrittweise erklärt.

1. Zielvorstellungen (Soll-Eigenschaften) aufstellen und Bewertungskriterien ableiten

Die Zielvorstellungen ergeben sich hauptsächlich aus der Anforderungsliste und aus Lösungsmerkmalen, die sich erst im Laufe der Produktentwicklung ergeben. Es ist dabei auf Vollständigkeit und Unabhängigkeit der Ziele, Anforderungen und Bedingungen zu achten. Ebenfalls müssen die Eigenschaften konkret erfassbar sein (wenn möglich quantitativ, ansonsten qualitativ) und sollten positiv formuliert werden, z.B. „geräuscharm“ und nicht „laut“.

Aus den Zielvorstellungen werden Bewertungskriterien abgeleitet und entsprechende Wertebereiche definiert.

2. Bewertungskriterien hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Gesamtwert der Lösung untersuchen – Gewichtung festlegen

Die Gewichtung kann entweder durch Schätzen im Team, Befragung von KundInnen oder einem paarweisen Vergleich (siehe Abschnitt 3.3.3) ermittelt werden. Der Wertebereich sollte 0-100% bzw. 0-1 betragen.

3. Eigenschaften der einzelnen Lösungen zusammenstellen

Zu jedem Bewertungskriterium werden die Ausprägungen, also die Ist-Eigenschaften, der Lösungen ermittelt.

4. Ist-Eigenschaften nach Wertvorstellungen beurteilen – Werteskala anwenden

Es wird eine Werteskala eingeführt und anhand dieser werden die einzelnen Ist-Eigenschaften der Lösungen bewertet. Dabei kann eine allgemeine oder eine spezielle Werteskala zum Einsatz kommen. Tabelle 4 zeigt beispielhaft die allgemeine Werteskala für die Nutzwertanalyse und die Richtlinie VDI 2225.

Werteskala			
Nutzwertanalyse		Richtlinie VDI 2225	
Pkt.	Bedeutung	Pkt.	Bedeutung
0	absolut unbrauchbare Lösung	0	unbefriedigend
1	sehr mangelhafte Lösung		
2	schwache Lösung	1	gerade noch tragbar
3	tragbare Lösung		
4	ausreichende Lösung	2	ausreichend
5	befriedigende Lösung		
6	gute Lösung mit geringen Mängeln	3	gut
7	gute Lösung		
8	sehr gute Lösung	4	sehr gut (ideal)
9	über die Zielvorstellung hinausgehende Lösung		
10	Ideallösung		

Tabelle 4: Werteskala für Nutzwertanalyse und Richtlinie VDI 2225 [31]

Eine spezielle Werteskala könnte hingegen wie folgendes Beispiel aus Tabelle 5 gestaltet werden.

Bewertungs-kriterium	Punkte				
	4	3	2	1	0
Zuladung Liter Gepäck	>450	>400	>350	>300	<300
Kraftstoffverbrauch Liter/100km	<6,5	<7,0	<7,5	<8,0	>8,0
Design	Sportl. Image und Fahrleistung	Repräsentativ sportl. Fahrleistung	Konvent.	Konvent. Nutzform	Konvent. Bieder

Tabelle 5: Spezielle Werteskala – Beispiel [32]

### 5. Gesamtwert für jede Lösung bilden

Um den Gesamtwert einer Lösung zu bestimmen, werden die vergebenen Punkte mit der Gewichtung des jeweiligen Kriteriums multipliziert und anschließend aufsummiert.

## 6. Lösungen Vergleichen

Die Lösungen können relativ, zwischen den Lösungen oder absolut, durch Bezug der Gesamtwerte auf den gedachten Idealwert, verglichen werden.

Beim relativen Vergleich wird entweder mit der besten Lösung oder mit einer mittleren Punktezahl verglichen.

Bei einem absoluten Vergleich muss eine Wertigkeit der Lösungen ermittelt werden. Diese gewichtete Wertigkeit errechnet sich wie folgt:

$$gW_j = \frac{\sum_i (g_i * P_{ij})}{P_{max} * \sum_i g_i}$$

Mit:	<i>i</i>	...	Nummer Kriterien
	<i>j</i>	...	Nummer Lösungen
	<i>g<sub>i</sub></i>	...	Gewichteter Faktor
	<i>P<sub>ij</sub></i>	...	Einzelpunkte
			(wobei <i>P<sub>max</sub></i> die maximal erreichbare Punktezahl ist)

Als Unterstützung bei der Interpretation der Wertigkeitsergebnisse können folgende Richtwerte herangezogen werden:

W > 0,8 ... sehr gute Lösung

W = 0,7 ... gute Lösung

W < 0,6 ... unbefriedigende Lösung

[30–32]

Als letzte Möglichkeit der Lösungsbewertung soll das „Solution-Interview“ vorgestellt werden.

- **„Solution-Interview“**

Das Solution Interview ist ein „Design Thinking“-Instrument, das in der Testphase meist mit fortgeschrittenen Prototypen (MVP oder finaler Prototyp) durchgeführt wird. Es dient dazu, eine erarbeitete Lösung in Bezug auf die Akzeptanz der NutzerInnen zu überprüfen sowie den Wert der Lösung abzuschätzen. Die GesprächspartnerInnen werden dabei mit dem Prototyp konfrontiert und sollen die Lösung erleben. Ein Interviewleitfaden, der die wichtigsten Fragen, welche nach dem Gespräch geklärt sein sollten, beinhaltet, sowie lautes Denken der helfen bei der Durchführung. [25]

## 3.4 Produktionsstrategie

In diesem Kapitel sollen die theoretischen Grundlagen für die Grobplanung einer Serienproduktion des in dieser Arbeit entwickelten Prototyps besprochen werden. Dabei wird hauptsächlich auf die Handlungsfelder der KonstrukteurInnen eingegangen.

### 3.4.1 Klärung der Rahmenbedingungen

Zu Beginn der Produktionsplanung müssen einige Rahmenbedingungen und Parameter festgelegt werden, welche die weiteren Planungsschritte beeinflussen werden. Dazu zählen:

- die Stückzahl (Einzel-, Serien-, Massenfertigung),
- ob es sich um ein auftragsgebundenes Einzelprodukt oder ein marktorientiertes Baureihen- und/oder Baukastensystem handelt,
- die Beschaffungssituation (Kosten, Liefertermine) für Werkstoffe, Zukaufteile oder Fremdfertigung,
- die Verwendungsmöglichkeit vorhandener Fertigungseinrichtungen des Betriebes,
- die Belegungssituation der Fertigungseinrichtungen und
- der vorhandene bzw. angestrebte Automatisierungsgrad.

Diese Gesichtspunkte beeinflussen die Gesamtheit der Gestaltungsmaßnahmen der KonstrukteurInnen, unter anderem aber auch die Entscheidung über Eigen- oder Fremdfertigung bzw. -montage.

Als **Eigenfertigung** wird die Herstellung eines Werkstückes in den eigenen betrieblichen Räumlichkeiten unter Nutzung eigener Ressourcen (Belegschaft, Maschinen, Rohstoffe, etc.) bezeichnet. **Fremdfertigung** hingegen bedeutet, dass eine Dienstleistung für die Fertigung eines Teiles in Anspruch genommen und die Produktion somit ausgelagert wird. [31]

Neben der Fertigung der Teile kann auch deren Zusammenbau, also die Montage, ausgelagert werden. Als Entscheidungsgrundlage werden hier weitestgehend dieselben Einflussgrößen herangezogen, jedoch gilt es noch weitere Anforderungen an das Montagesystem zu berücksichtigen. Unter anderem soll ein Montagesystem:

- flexibel sein (sich bspw. auf veränderliche Stückzahlen einstellen können),
- wandlungsfähig sein (sich bspw. einfach an zukünftige Produkte anpassen können),
- im Kundentakt laufen,
- optimal auf die MitarbeiterInnen ausgerichtet sein (Ergonomie) und

- optimal auf das Produkt ausgerichtet sein und
- eine optimale Anbindung an die Materialversorgung haben.

Weitere Aspekte eines Montagesystems werden im Abschnitt 3.4.3 unter dem Punkt *Montagestrategien* besprochen. [33]

Ein wichtiger Einflussfaktor für die wirtschaftliche Herstellung einer Baugruppe ist die Verwendung von nicht auftragspezifischen Wiederholteilen, handelsüblichen Zukaufteilen oder Normteilen. Hier können die KonstrukteurInnen einen wichtigen Beitrag zu günstigeren Einkaufsbedingungen sowie einer kosten- und termingünstigen Fertigung leisten. [31]

### 3.4.2 Fertigungsverfahren

Für die Serienfertigung des thematisierten Produktes werden zwei Herstellungsverfahren in Betracht gezogen: das Kunststoff-Spritzgießen und der Vakuumguss. Beide Verfahren werden im Folgenden kurz beschrieben.

- **Spritzgussverfahren**

Beim Kunststoff-Spritzgießen wird Kunststoffgranulat (aus duroplastischen oder thermoplastischen Polymeren) geschmolzen und unter Druck in eine Form gespritzt. Dort härtet der Kunststoff aus, wodurch das Endprodukt entsteht. Für diesen Prozess werden spezielle Negativ-Formen benötigt, deren Herstellung und Entwicklung sehr teuer sind. Aus diesem Grund wird eine Produktion mittels Spritzgießen erst bei hohen Stückzahlen rentabel. [1]

- **Vakuumguss**

Das Vakuumgießen ist ein Gussverfahren der „Rapid Prototyping“-Kategorie und eignet sich besonders für die schnelle und kostengünstige Vervielfältigung von Kunststoffteilen in kleinen Serien.

Grundlage für die Herstellung mittels Vakuumguss ist ein Urmodell, das für die Fertigung der Silikon-Gießform verwendet wird. Das Urmodell wird samt Anguss und Steigern in einem Gießkasten fixiert, welcher anschließend mit Silikon aufgefüllt, unter Vakuum entgast und ausgehärtet wird. Nach dem Aushärten wird das Urmodell durch das Aufschneiden der vorher festgelegten Trennebenen herausgelöst. Die erhaltene Silikonform ist in Bezug auf Geometrie und Form vergleichbar mit der eines Spritzgusswerkzeuges, verschleißt allerdings deutlich schneller (15 bis 25 Abgüsse sind möglich). Ein Vorteil der Silikonform ist, dass aufgrund der Elastizität des Materials auch Hinterschneidungen bedingt möglich sind.

Beim Gießprozess wird die zuvor hergestellte Gussform in eine Vakuumgießmaschine verbaut und unter Vakuum mit einer flüssigen Harzmischung (Polyurethan-Gießharz

und ein Vernetzer) befüllt. Anschließend wird die gefüllte Form in einen Ofen gespannt, wo das flüssige Harz zu einer Festsubstanz aushärtet. Die Materialeigenschaften des Produkts können durch das Mischverhältnis des Harzes sowie durch Zugabe von Additiven so eingestellt werden, dass unterschiedlichste, spritzgussähnliche Materialien simulierbar sind.

Wegen der angesprochenen limitierten Mehrfach-Nutzung der Formen bietet es sich bei Stückzahlen über 15-25 Teilen an, Mehrfachformen anzulegen. Bei diesen Formen werden mehrere Urmodelle in einem einzigen Gießkasten eingegossen und so können im Anschluss mit nur einem Abguss gleich mehrere Teile gefertigt werden. Das Vakuumgussverfahren eignet sich damit für Stückzahlen von bis zu mehreren Hundert Teilen. [34, 35]

### 3.4.3 Fertigungs- und montagegerechtes Entwerfen

Dieser Abschnitt thematisiert das fertigungsgerechte Gestalten als konstruktive Maßnahme zur Minimierung der Fertigungskosten und -zeiten sowie zur anforderungsmäßigen Einhaltung fertigungsabhängiger Qualitätsmerkmale. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, vielmehr sollen praktische Gestaltungsrichtlinien besprochen werden, welche in Kapitel 7 für das in dieser Arbeit entwickelte Produkt angewendet werden.

- **Fertigungs- und montagegerechte Baustruktur**

Die Baustruktur eines Produktes gibt im Gegensatz zu einer Funktionsstruktur dessen Gliederung in Fertigungsbaugruppe und Werkstücken an. Damit kann in einem Gesamtentwurf unter anderem festgelegt werden:

- welche Teile zugeliefert oder eigengefertigt werden,
- der Fertigungsablauf (z.B. Parallelfertigung),
- die Losgröße der Werkstücke (Gleichteile) und
- die erforderlichen Füge- und Montagestellen.

Andererseits können auch Fertigungsgegebenheiten, wie ein bereits festgelegtes Herstellungsverfahren, Montage- oder Transportmöglichkeiten., die gewählte Baustruktur beeinflussen.

Die Gliederung kann unter verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen:

- *Differentialbauweise*  
Prinzip der fertigungsgerechten Teilung. Viele, aber einfache Teile können eine preiswerte Fertigung ergeben, aber zu einem erhöhten Montageaufwand führen.

- *Integralbauweise*  
Vereinigung mehrerer Einzelteile zu einem Werkstück, z.B. Gusskonstruktionen statt Schweißkonstruktionen. Die Konstruktion und Anfertigung der Teile sind entsprechend aufwendig, dafür gestaltet sich der Zusammenbau weniger anspruchsvoll.
- *Verbundbauweise*  
Unlösbare Verbindung mehrerer unterschiedlich gefertigter Rohteile zu einem weiter zu bearbeitenden Werkstück, z.B. Kunststoffteil mit eingegossener Gewindebuchse.
- *Bausteinbauweise*  
Derartige Auflösung der Baustruktur, dass einzelne Werkstücke auch in anderen Produkten oder Produktvarianten eingesetzt werden können.

Für Kunststoffprodukte eignet sich sowohl die Differential- als auch die Integralbauweise. Durch die Spritzgusstechnologie wird die Herstellung von komplexen Einzelteilen zu einem, im Vergleich mit anderen Verfahren, geringen Preis möglich. Es bietet sich deshalb bei größeren Stückzahlen an, zusätzliche Funktionen, wie etwa die Montagefunktion durch Rastverbindungen (auch Schnappverbindungen genannt), in die Einzelteile zu integrieren und somit eine Integralbauweise anzustreben. Bei kleineren Stückzahlen können Faserverbundwerkstoffe eingesetzt werden, um integrale Bauteile herzustellen. Hier stellen Klebstoffe die Voraussetzung für das Zusammenfügen dar. Der Differentialbauweise kommt hingegen in der Montagetechnik die größte Bedeutung zu, wo sie etwa durch den Einsatz von Clipsen oder Kabelbindern realisiert wird. [31, 36]

Im Folgenden wird auf die fertigungsgerechten Gestaltungsprinzipien der, durch die Auflösung der Baustruktur erhaltenen Werkstücke näher eingegangen.

- **Fertigungsverfahren-spezifische Gestaltungsmaßnahmen**

Bei der Herstellung mittels Spritzguss gilt es insbesondere zwei Grundregeln zu beachten:

- Die Sicherstellung der Entformbarkeit der Werkstücke und
- die Einhaltung konstanter Wandstärken.

Die **Entformbarkeit** bezieht sich auf die Lösbarkeit des Werkstückes aus dem Spritzgusswerkzeug, wenn sich dieses nach dem Gießvorgang an der Trennebene öffnet. Das Erzeugnis darf bei diesem linearen Auseinanderfahren der Werkzeughälften nicht beschädigt werden. Bei der Konstruktion ist deshalb darauf zu

achten, dass Hinterschneidungen vermieden und, wo nötig, Formschrägen berücksichtigt werden.

Die Forderung nach **konstanten Wanddicken** hingegen ist bedingt durch die schlechte Wärmeleitfähigkeit von Kunststoffen. Der Kristallisationsgrad hängt von der Abkühlgeschwindigkeit ab und so kommt es bei der Abkühlung der Schmelze von Verarbeitungs- auf Einsatztemperatur zu einer starken Volumenverminderung. Außerdem können Unterschiede in den Wandstärken dazu führen, dass sich aufgrund der Dynamik der Abkühlprozesse unterschiedliche Materialeigenschaften innerhalb eines Formteils ergeben. [36]

- **Montagestrategien**

An dieser Stelle sollen in knapper Form die wichtigsten Aspekte einer Montagestrategie zusammengefasst werden, um das praktische Vorgehen in Kapitel 7 nachvollziehen zu können. Eine ausführlichere Behandlung des Themas würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

Montagesysteme können nach drei Kriterien unterschieden werden:

- Bauteilgröße/Arbeitsplatzbetrachtung,
- Organisatorische Gestaltung (Fertigungsarten: Werkstatt-, Insel-, Fließ-, Reihen-, oder Baustellenfertigung),
- Automatisierungsgrad (manuelle, halbautomatische/hybride oder vollautomatische Montage).

Während bei einer Massenproduktion (sehr hohe Stückzahlen bei geringer Teilevielfalt) eine rationelle Automatisierung angestrebt werden sollte, ist das Ziel einer Einzel- oder Serienproduktion, eine geeignete Organisationsform für hinreichende Flexibilität zu finden. Die einfachste Form bildet hier die manuelle Montage, wo die Teile von Hand zusammengebaut werden.

Bei Kunststoffteilen werden die Verbindungsstellen üblicherweise mit Rasthaken ausgeführt. In diesem Falle gestaltet sich die Montage wie folgt: Die aufnehmenden Schalen werden in speziell angefertigten Aufnahmen fixiert, mit Einbauteilen komplettiert, die obere Schale aufgesetzt und mit einer einfachen Pressvorrichtung zusammengefügt.

Das Zusammensetzen der Bauteile, kann direkt von den KundInnen selbst, beim Zulieferer oder beim Produzenten erfolgen. Den KundInnen wird die Montagearbeit nur in sehr seltenen Fällen und meist nur für Unterbaugruppen überlassen. Diese Variante kann bspw. Vorteile bei der Lieferung durch eine Verringerung des Verpackungsvolumen bringen. Eine sogenannte integrierte Montage beim Hersteller der Einzelteile selbst kann bei großen Stückzahlen sinnvoll sein. Der Montage- und

Nachbearbeitungsprozess ist dabei direkt an den Fertigungsprozess geknüpft, was zu definierten Konditionierungsbedingungen der Teile (z.B. die Teile haben immer dieselbe Temperatur) und geringeren Aufwänden in der Logistik führt. Die hohen Investitionskosten für die auf das Erzeugnis spezifizierten Maschinen und Anlagen müssen durch weniger Aufwand in der Nachbearbeitung und Montage gerechtfertigt sein. Eine integrierte Montage eignet sich deshalb nur für große Fertigungslose oder große Stückzahlen einander ähnlicher Teile.

Üblicherweise erfolgt die Montage beim Produzenten selbst. Neben der Komplettierung sind während des Montageprozesses auch bestimmte Nacharbeiten an den Teilen möglich. Bspw. können Durchbrüche gebohrt oder bereits gegossene Durchmesser durch das Hindurchpressen einer Kugel auf ein präzises Endmaß gebracht werden. [33, 36]

### 3.4.4 Auslegung der Supply Chain

In diesem Abschnitt sollen die wichtigsten theoretische Grundlagen für die in Abschnitt 7.3 durchgeführte Auslegung der „Supply Chain“ erläutert werden.

Für den Begriff des „Supply Chain Management“ (SCM) existiert keine allgemeingültige Definition. An dieser Stelle soll jene von Arndt erwähnt werden, da sie die wesentlichen Inhalte anderer Definitionen (siehe [37]) zusammenfasst und den meisten Informationsgehalt bietet:

*„Supply Chain Management ist die unternehmensübergreifende Koordination und Optimierung der Material-, Informations- und Wertflüsse über den gesamten Wertschöpfungsprozess von der Rohstoffgewinnung über die einzelnen Veredelungsstufen bis hin zum Endkunden mit dem Ziel, den Gesamtprozess unter Berücksichtigung der Kundenbedürfnisse sowohl zeit- als auch kostenoptimal zu gestalten.“ [38]*

Während die Supply Chain komplette organisatorische Netzwerke umspannt, zielt die Logistikkette primär auf die Verzahnung klassischer Unternehmensbereiche (Beschaffung, Lager, Produktion, Vertrieb) ab und erstreckt sich dabei auf physische Tätigkeiten zur Raum- und Zeitüberbrückung. Geldflüsse werden im Gegensatz zu SCM nicht berücksichtigt. Im Folgenden wird der Fokus auf die Logistikkette als Teilbereich der Supply Chain gelegt. Dabei sollen folgende Kernprozesse näher belichtet werden:

- Planen
- Beschaffen
- Produzieren
- Liefern und

- Rückgabe

Das **Planen** ist in der Supply Chain als übergeordnetes Instrument zu sehen und lässt sich anhand des Planungshorizonts aufgliedern in:

- langfristiges (strategisches) Planen (z.B. Fabrik- und Lagerstruktur),
- mittelfristiges (taktisches) Planen (z.B. Produktionsbedarf),
- kurzfristiges (operatives) Planen (z.B. Fertigungslosgröße).

Im Speziellen soll an dieser Stelle auf die **Bedarfsermittlung** bei der (mittelfristigen) Produktionsplanung eingegangen und einige Methoden zur Bedarfsermittlung vorgestellt werden. Diese Methoden zielen darauf ab, den zukünftigen Bedarf an Materialien für die Produktion und den direkten Verkauf zu prognostizieren. Es lässt sich dabei zwischen

- deterministischen,
- stochastischen,
- heuristischen und
- regelbasierten Verfahren

unterscheiden. Als Beispiel eines analytischen Verfahrens der deterministischen Bedarfsermittlung soll die **Strukturstückliste nach Fertigungsstufen** vorgestellt werden. Bei dieser Methode wird die Struktur des Endproduktes nach verschiedenen (Fertigungs-) Stufen abgebildet. Für jede Stufe der Fertigung ist der Bedarf an Einzel- und Bauteilen aus der Stückliste ersichtlich und damit festgelegt. Abbildung 3.16 zeigt ein Beispiel.

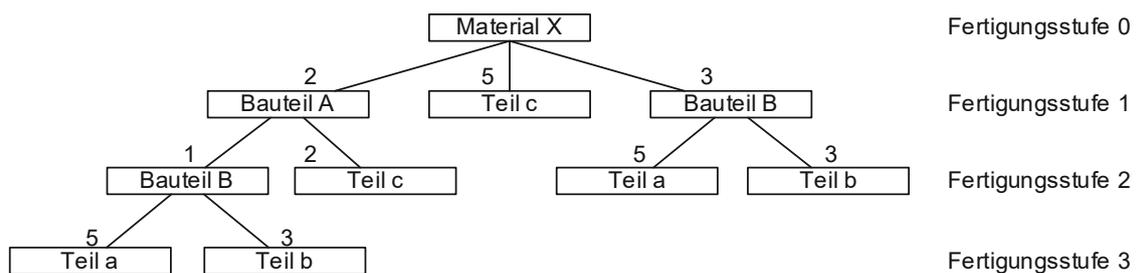


Abbildung 3.16: Beispiel einer Strukturliste nach Fertigungsstufen [37]

Die in den jeweiligen Fertigungsstufen hergestellten Einzelteile können dabei entweder selbst oder von Zulieferern gefertigt werden, was den zweiten Kernbereich des SCM, das **Beschaffen**, begründet. Wird eine Kooperation mit Lieferanten eingegangen, so spricht man von einer vertikalen Kooperationsstrategie (auch Sourcing-Strategie genannt). Zur Auswahl der Lieferanten lassen sich weitere sechs Strategiegruppen bilden, wobei die zentralsten Unterscheidungen nach Anzahl, regionaler Herkunft, Aufgabenumfang und Wertschöpfungsverlagerung der Lieferanten getroffen werden:

- Anzahl:
  - Single Sourcing (Einquellenbezug: bezeichnet die Beschaffung bestimmter Güter bei nur einem Lieferanten),
  - Dual Sourcing (Zweiquellenbezug: ein Objekt wird von zwei Lieferanten bezogen),
  - Multiple Sourcing (Mehrquellenbezug: gleiche Waren und Dienstleistungen werden von mehreren Lieferanten bezogen),
  - Sole Sourcing (die Beschaffung eines bestimmten Teils ist aufgrund einer Monopolstellung oder eines Patents nur bei einem Lieferanten möglich);
- regionale Herkunft:
  - Global Sourcing (weltweiter Bezug der Beschaffungsobjekte),
  - Local Sourcing (regionaler Bezug),
  - Domestic Sourcing (inländischer Bezug),
  - Euro Sourcing (Beschaffung innerhalb der europäischen Zollunion);
- Aufgabenumfang:
  - Systems Sourcing (Beschaffung fertiger Produkte, die ohne weitere Bearbeitungsschritte weiterverkauft werden können),
  - Modular Sourcing (Beschaffung komplexer Systeme und Baugruppen),
  - Particular Sourcing (Beschaffung vieler Einzelteile von vielen Lieferanten);
- Wertschöpfungsverlagerung:
  - Outsourcing (Auslagerung von bisher intern durchgeführten Tätigkeiten),
  - Insourcing (interne Bearbeitung von bisher extern durchgeführten Tätigkeiten);

Zum Kernprozess des Beschaffens gehört auch die Ermittlung der optimalen Bestellgröße und Beschaffungsmenge, was für die gegenständliche Auslegung aber nicht von Relevanz ist.

Im dritten Kernprozess des SCM, dem **Produzieren**, geht es vor allem um die Festlegung einer Auslösungsart bzw. -logik. Es wird unterschieden zwischen

- Lagerfertigung („make-to-stock“),
- Programmfertigung („assemble-to-order“),
- KundInnenenauftragsfertigung („make-to-order“) und
- Auftragsfertigung („engineer-to-order“).

Das Unterscheidungsmerkmal der genannten Strategien liegt dabei in der Wahl des Kundenentkopplungspunktes (eng.: „Order Penetration Point“). Dieser Punkt bezeichnet die Stelle in der Lieferkette bis zu welcher auftragsneutral produziert wird (Push-Fertigung) bzw. ab welcher der Kundenauftrag für die Fertigung bestimmend

wird (auftragsgesteuerte Pull-Fertigung). Ein Verschieben dieses Punktes in vorgelagerte Stufen der Lieferkette bedeutet im Allgemeinen eine Reduktion der Bestände und der Gefahr einer Überproduktion. [37]

Die beiden letzten Kernprozesse des SCM, Liefern und Rückgabe, sollen in dieser Arbeit ausgeklammert werden, da die Entwicklung einer entsprechenden Distributionsstrategie nicht Teil des hier festgelegten Forschungsvorhabens ist.

### 3.4.5 Montageablaufplanung

In der Montageablaufplanung werden die Reihenfolgebeziehungen der Teilverrichtungen festgelegt. Eine gängige Methode der (groben) Ablaufgliederung ist die Erstellung eines Vorranggraphs. Beim Vorranggraph handelt es sich um eine netzplanähnliche Darstellung von Teilaufgaben der Montage, wobei die Teilaufgaben als Knoten und die Abhängigkeitsbeziehungen als Verbindungslinien (Kanten) zwischen den Knoten dargestellt werden. Neben der Bezeichnung der Tätigkeit und deren Arbeitsgangnummer wird auch die Vorgabezeit in den Knoten geschrieben. Abbildung 3.17 zeigt ein einfaches Beispiel. [33]

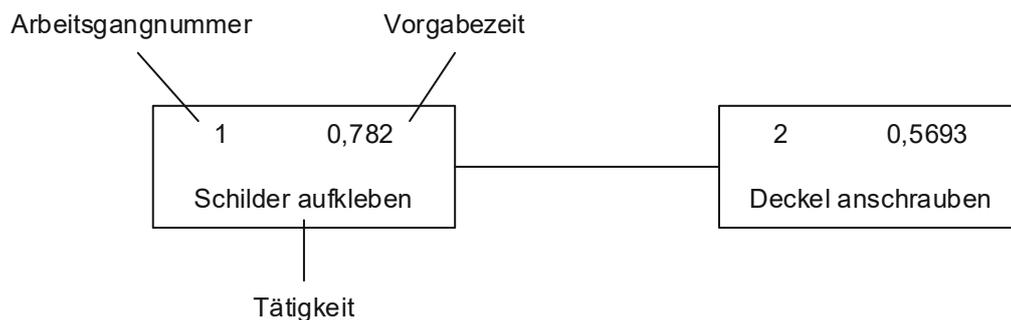


Abbildung 3.17: Beispiel eines Vorranggraphs [33]

Bei der Erstellung eines Vorranggraphen sind zwei Regeln zu beachten:

1. Die Teilaufgaben werden zum frühestmöglichen Zeitpunkt der Ausführbarkeit in das Diagramm eingetragen
2. Das Ende der von einem Knoten ausgehenden Kante (Verbindungsline) markiert den Zeitpunkt, zu dem die Tätigkeit spätestens ausgeführt sein muss

Bevor der Graph gezeichnet werden kann, müssen außerdem die Teilverrichtungen (Tätigkeiten) bestimmt und die Restriktionen aufgelistet werden.

### 3.4.6 Total Cost of Ownership (TCO)

„Total Cost of Ownership“ (TCO) ist ein Ansatz zur Ermittlung der Gesamtkosten eines Beschaffungsobjektes über den gesamten Lebenszyklus. Mit diesem Verfahren soll

insbesondere vor der Unterschätzung etwaiger Nachlaufkosten geschützt werden. Es wird eine Einteilung der Kosten in mehrere Kategorien vorgenommen, welche aber nicht einheitlich gehandhabt wird.

In der Literatur wird der Begriff TCO oft mit dem Begriff Life Cycle Costs (LCC) vermischt. [37] Das Ziel beider Methoden ist aber dasselbe, nämlich Kostentransparenz. In dieser Arbeit wird TCO als eine Untermenge des LCC angesehen, welche alle Kosten des Produktherstellers umfasst, jedoch keine Installations-, Betriebs-, oder Entsorgungskosten beinhaltet. In diesem Sinne werden bei der Analyse nur die Selbstkosten betrachtet:

- Angebotspreise der Zulieferer (Stückpreis ab Werk)
- Pipeline Kosten (Fracht, Transport)
- Direkte Prozesskosten (Lohnkosten, Materialkosten, Anliefermodell, ...)
- Indirekte Prozesskosten (Lieferantenqualifizierung, Reisekosten, ...)
- Set-Up-Kosten (Lieferanteneinbindung)
- Gemeinkosten (Verwaltung, Vertrieb, ...)
- After-Sales-Kosten (Service) [37]

## 4 Patentrecherche

In diesem Abschnitt wird die in Kapitel 3.1 beschriebene Patentrecherche durchgeführt. Die Recherche wird auf der Website des europäischen Patentamtes begonnen und zunächst wird das Stichwort „Ski pole inclinometer“ für die Suche verwendet. Einige Treffer sind bereits für die gegenständliche Entwicklung relevant und lassen auf die Klassifikation A63C 11/22 schließen. Diese Klassifikation schlüsselt sich wie folgt auf:

- **A** Human necessities; health; amusement
  - **A63** Sports; games; amusements
    - **A63C** Skates; skis; roller skates; design or layout of courts; rinks or the like
      - **A63C 11/00** Accessories for skiing or snowboarding
        - **A63C 11/22** Ski sticks

Mithilfe dieser Klassifikation wird die Suche weiter eingeschränkt und liefert die im folgenden Abschnitt 4.1 aufgeführten Liste eingereichter Patente.

### 4.1 Ergebnisse der Patentrecherche

#### 4.1.1 Skistock mit Neigungsmesser

Patentnummer: EP 2 444 132 B1

Anmeldetag: 20.10.2011

Veröffentlicht am: 06.07.2016

Int. Cl.: A63C 11/22

Inhaber: K-2 Corporation

Zusammenfassung der wichtigsten Ansprüche:

Die Erfindung betrifft einen Skistock samt Griff, bei dem entweder an Griff oder Schaft ein Inclinometer angebracht ist, der an das Profil des Griffes angepasst ist und direkt am Griff positioniert ist (Anspruch 1). Der Neigungsmesser ist für Auslenkungen größer als 0 Grad relativ zum Skistock ausgelegt (Anspruch 2) und hat die Form einer flüssigkeitsgefüllten, gebogenen Phiole mit Markierungen, die den Steigungswinkel anzeigen (Anspruch 3). [39]

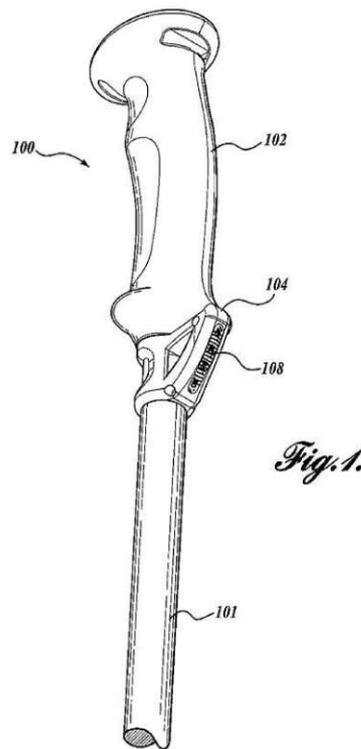


Abbildung 4.1: Patentierter Neigungsmesser von K2 [39]

#### 4.1.2 Multifunction Snowpack Measurement Tool

Patentnummer: WO 2016209979 A1

Anmeldetag: 22.06.2016

Veröffentlicht am: 29.12.2016

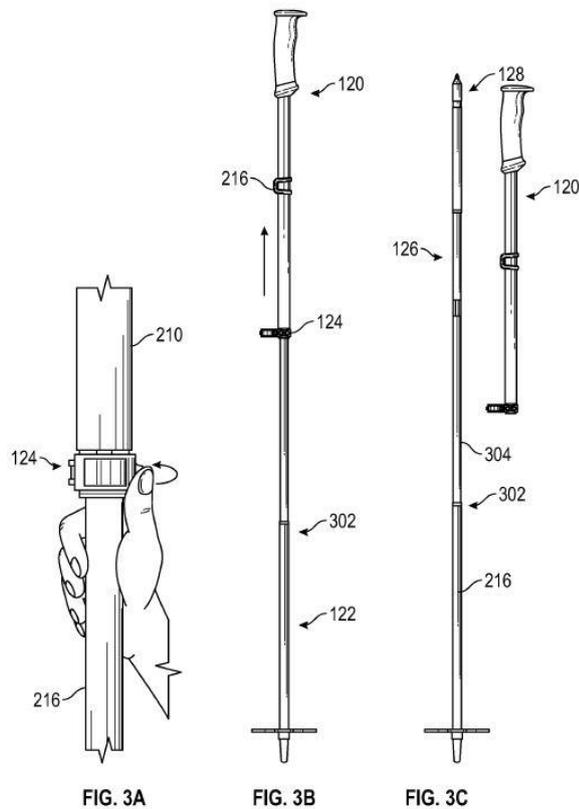
Int. Cl.: G01B 21/18; A63C 11/22; F16B 7/10; G01B 11/14; G01N 3/00; G01N 3/40;

Inhaber: AVATECH INC.

Zusammenfassung der wichtigsten Ansprüche:

Die Erfindung umfasst eine Schneedecken-Messeinrichtung, welche in einem Skistock integriert ist und in Form zweier Konfigurationen einsetzbar ist. In einem Ski-Modus kann die Gesamte Einheit als Skistock verwendet werden und in einer Messkonfiguration wird der Stock als Sonde verwendet, um mindestens eine Charakteristik der Schneedecke zu erfassen. Der Griff befindet sich auf einem Stück des ausziehbaren Schaftes, welcher sich vom restlichen Schaft des Stockes abziehen lässt. Darunter befindet sich ein Teil der Messeinheit. In der Mess-Konfiguration wird

die Griff-Einheit abgenommen und während der Messung separat aufbewahrt.  
(Anspruch 1) [40]



**Abbildung 4.2: Abnehmbare Griffereinheit mit darunterliegendem Messkopf [40]**

Abbildung 4.3 zeigt eine beispielhafte Anwendung des Produkts. Durch die Sondierung wird ein Härte-Weg-Diagramm aufgezeichnet und auf einem mobilen Endgerät (beispielsweise Smartphone) ausgegeben.

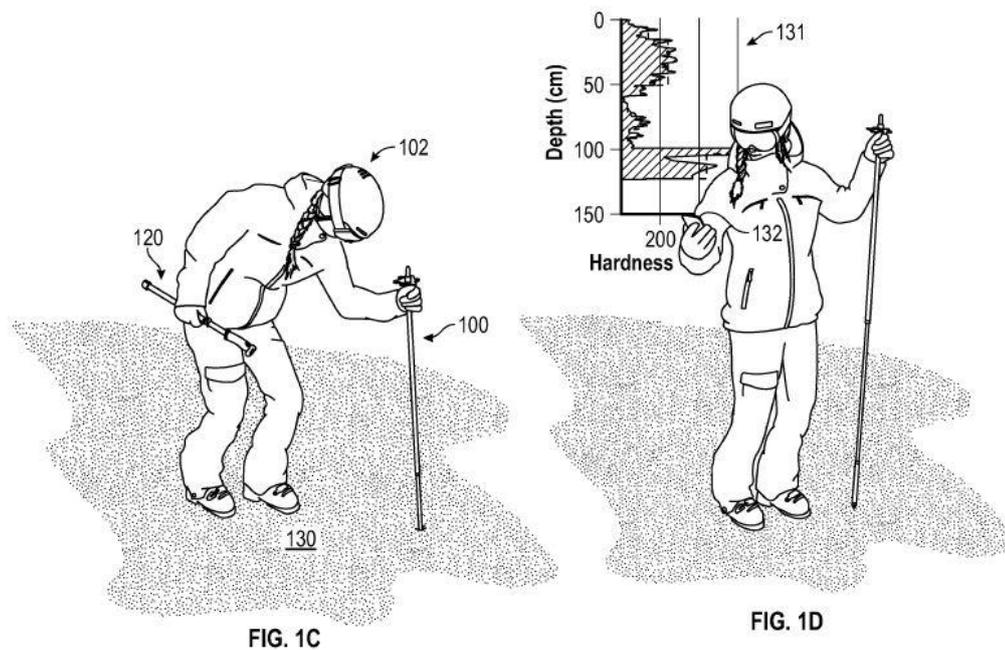


Abbildung 4.3: Funktion der Schneedeckenuntersuchung [40]

### 4.1.3 Ski Pole Shaft Inclinator As Sticker Or Image

Patentnummer: US 2015/0306487 A1

Anmeldetag: 24.04.2014

Veröffentlicht am: 29.10.2015

Int. Cl.: A63C 11/22; G01C 9/02

Inhaber: Grayson C. King

Zusammenfassung der wichtigsten Ansprüche:

Die Erfindung betrifft einen Neigungsmesser, der als Aufkleber mit diversen Markierungslinien ausgeführt ist und auf den zylindrischen Schaft eines Skistockes geklebt wird. Jede der besagten Linien repräsentiert eine spezielle Hangneigung und ist mit dem entsprechenden Winkel gekennzeichnet. So kann der vorliegende Hang anhand eines Vergleiches mit den Linien auf seinen Neigungswinkel überprüft werden, sofern der Stock vertikal gehalten wird. Die Winkelmessung kann sowohl bei der Betrachtung des seitlichen Profils des Hanges erfolgen als auch bei Sicht von oben oder unten zum Hang oder direkt am Hang anliegend. [41]

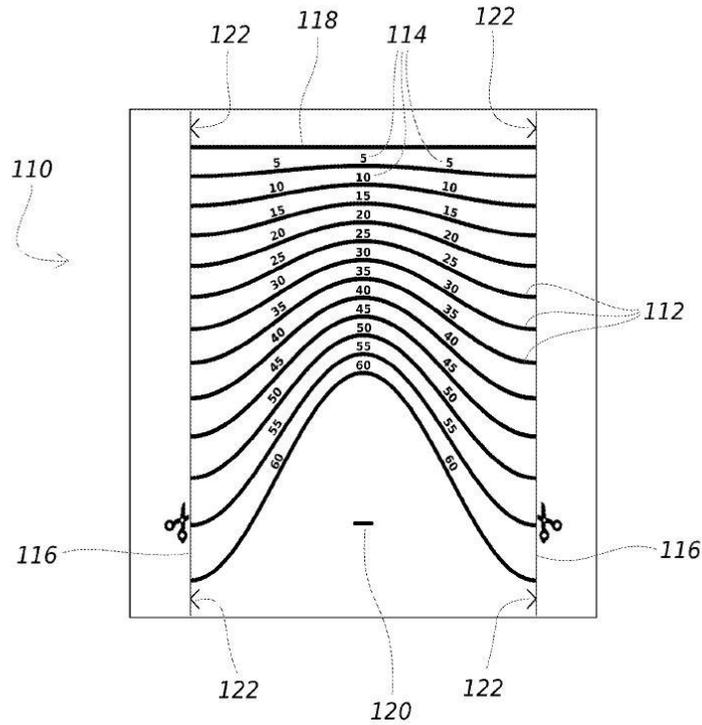


Fig.1

Abbildung 4.4: Aufkleber mit Markierungslinien in 5 Grad Abständen [41]

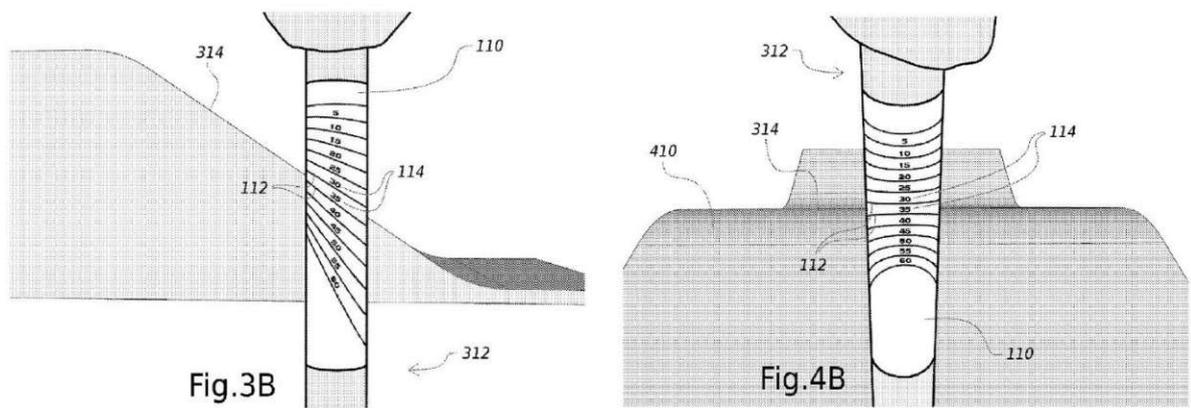


Abbildung 4.5: Messung von der Seite bzw. von Oben zum Hang [41]

#### 4.1.4 Survival Information Ski Pole

Patentnummer: US4832368A

Anmeldetag: 06.10.1987

Veröffentlicht am: 23.05.1989

Int. Cl.: A63C 11/22

Inhaber: Nick Steffanoff

Zusammenfassung der wichtigsten Ansprüche:

Gegenstand der Erfindung ist ein Ersatzgriff eines Skistockes, der eine digitale Anzeige der aktuellen Zeit sowie Temperatur beinhaltet. Die Anzeige bildet ein eigenständiges Modul und ist in eine spezifizierte Nut am oberen Ende des Griffes eingesetzt. Zum Einsatz kommt eine Flüssigkristalldioden-Anzeige. (Anspruch 1)

Der Griff ist mit einem Gewinde versehen, mit welchem er auf ein entsprechendes Gegenstück im Schaft geschraubt werden kann. (Anspruch 3) [42]

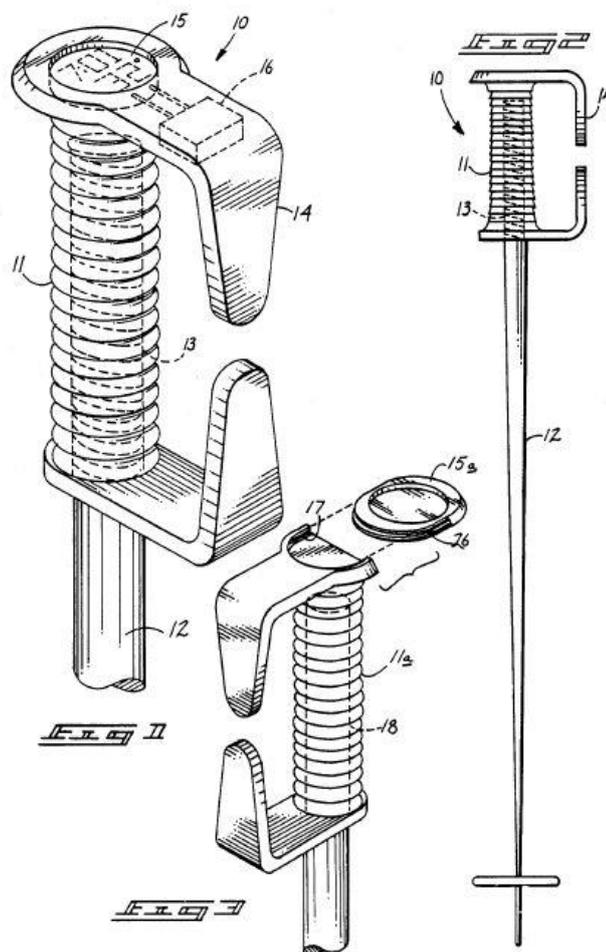


Abbildung 4.6: Skigriff mit integrierter Zeit- und Temperaturanzeige [42]

### 4.1.5 Multifunctional Ski Pole

Patentnummer: US2013264810A1

Anmeldetag: 10.04.2013

Veröffentlicht am: 10.10.2013

Int. Cl.: A63/C 11/22

Inhaber: Alexander Willian Carr

Zusammenfassung der wichtigsten Ansprüche:

Die Erfindung umfasst einen Skistock mit speziellem, abnehmbarem Griff, welcher innen hohl ausgeführt ist und Platz für ein Werkzeug, beispielsweise ein Schraubendreher, bereitstellt. Am oberen Ende des Griffes ist außerdem eine ausklappbare Kamera-Halterung vorgesehen. Der Teller am unteren Ende des Skistockes bietet einen integrierten Flaschenöffner. [43]

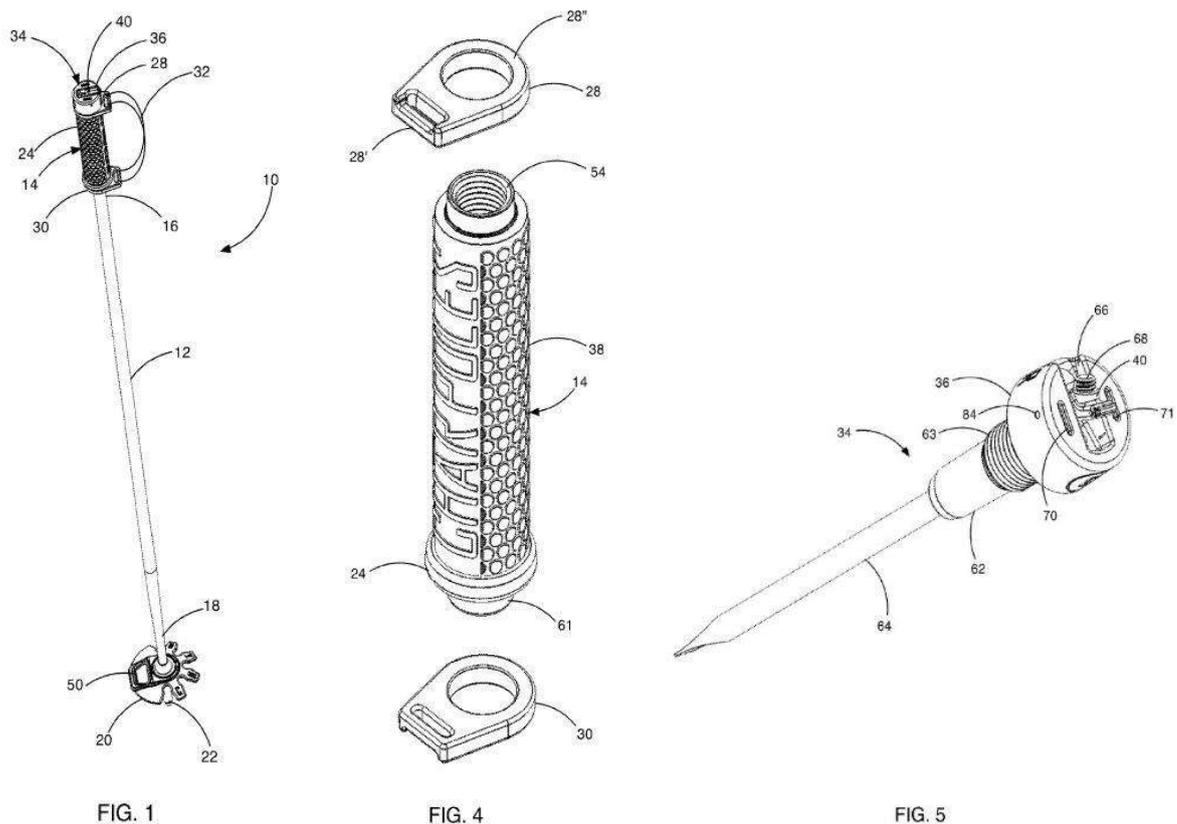


Abbildung 4.7: Einige der Features des Patents [43]

## 4.2 Erkenntnisse der Recherche

Die durchgeführte Patentrecherche zeigt, dass es bereits einige Erfindungen im Bereich der Sicherheitstechnik bei Skistöcken gibt. Die Entwicklungen reichen hier von simplen Aufklebern als Steigungsmesser bis hin zu sehr komplexen Methoden der Schneedeckenuntersuchung unter Verwendung von Messelektronik. Einige der Patente wurden bereits im Zuge der Produktrecherche im Kapitel 2 als am Markt erhältliche Produkte vorgestellt.

Bei genauerer Betrachtung der Patentschriften stellt sich heraus, dass nur eine der vorgestellten Erfindungen rechtlich durch eine Patenterteilung (Schutzrechtart B1) geschützt ist. Es handelt sich dabei um das in Abschnitt 4.1.1 vorgestellte Patent „Skistock mit Neigungsmesser“ der K2-Corporation. Es wurde 2011 am europäischen Patentamt für alle 38 nationalen Vertragspartner angemeldet und liegt deshalb sowohl innerhalb der maximalen Gültigkeitsdauer von 20 Jahren als auch im geografischen Interessensbereich der gegenständlichen Entwicklung. Die angegebenen Schutzrechtsansprüche müssen daher in der Entwicklungsphase beachtet werden.

Bei den übrigen vorgestellten Patenten handelt es sich um Offenlegungsschriften der Schutzklasse A1 bzw. A und somit nicht um erteilte Patente. Die Erfindungen können als Ideenanstregung verwendet werden und die Schutzansprüche müssen nicht beachtet werden.

## 5 Marktanalyse

### 5.1 Auswahl der Methodik

In Kapitel 3.2 wurden drei prinzipielle Vorgehensweisen der Marktforschung beschrieben:

- Der klassische Ansatz mit sekundärer und primärer Marktforschung
- Das „Design Thinking“ als ganzheitlicher Ansatz der Produktentwicklung
- Die „Case-based-evidence“-Methode mit Fokus auf der Akzeptanz des Angebotes

In dieser Arbeit soll ein hybrides Modell der oben genannten Verfahren zum Einsatz kommen. Es wird im Sinne einer klassischen Marktforschung mit einer „Desk Research“ begonnen und dabei werden vor allem Onlinequellen sowie statistische Datenbanken durchsucht. Auf eine statistisch repräsentative Primärerhebung wird, sofern keine expliziten Informationslücken bestehen, verzichtet und stattdessen auf qualitative Befragungen von potenziellen NutzerInnen und ExpertInnen gesetzt. Aufgrund der Tatsache, dass bereits in der vorhergehenden Bachelorarbeit [1] ExpertInnengespräche durchgeführt und Prototypen entwickelt wurden, kann bei vorliegender Produktenwicklung von einem zyklischen Prozess gemäß dem „Design Thinking“ gesprochen werden. Zwecks der damit verbundenen starken NutzerInnenorientierung ist auch von einer hohen Akzeptanz bei der Markteinführung zu rechnen und deshalb wird auf eine explizite Anwendung des „Case-based-evidence“-Verfahrens verzichtet. Allerdings sollte anlässlich des sicherheitsspezifischen Einsatzgebietes des vorliegenden Produktes besonders dem akzeptanzkritischen Faktor „Vertrauen“ Bedeutung geschenkt werden und eventuelle Maßnahmen zur Vertrauensstärkung erörtert werden.

### 5.2 Vorbereitung der Recherche

#### 1. Ausgangssituation und Motivation der Analyse

Im Zuge dieser Arbeit wird eine Vorrichtung zur Unterstützung bei der Risikobewertung im alpinen, ungesicherten Gelände sowie ein dazu passende Produktionsstrategie entwickelt. Ausgangslage dieser Arbeit sind die bereits zu diesem Thema veröffentlichten Arbeiten [1] und [2]. Dort wurden einige Expertengespräche sowie eine Onlineumfrage durchgeführt, um qualitative Erkenntnisse über die notwendigen technischen Produkteigenschaften und Nutzerbedürfnisse einzuholen. Da es bei vorliegender Arbeit keine Beteiligung eines im hier thematisierten Markt tätigen Unternehmen gibt, liegen keine internen Informationsquellen über besagten Markt vor. Deshalb soll in diesem Kapitel eine Marktanalyse durchgeführt werden.

## 2. Zielsetzung und Aufgabenstellung

Ziel dieser Untersuchung ist es, den Markt zu beschreiben und wichtige Kennzahlen für die Entwicklung des Produktes sowie der Produktionsstrategie einzuholen. Im Fokus stehen dabei die Alpenregionen mit deren unmittelbaren Einzugsgebieten.

## 3. Informationsbedarf und Prioritäten festlegen

Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

- Welche Zielgruppen sollen angesprochen werden?
- Wie bereitet sich die Zielgruppe auf eine Tour vor? Wird der Lawinenlagebericht (LLB) im Vorfeld gelesen/gehört?
- Wie sieht die Zukunft der Lawinenprävention aus? Was benutzt der „Lead User“ von heute?
- Wie groß ist der österreichische Markt und wie groß der alpenländische? (Marktpotenzial, Marktvolumen, Marktanteil)
  - Insgesamte Anzahl an aktiven TourengerInnen in Österreich
  - Identifikation des regionalen (österreichischen) Absatzpotenzials
  - Identifikation von potenziellen europäischen Märkten
- Mit welchem Marktwachstum ist zu rechnen?
- Wie hoch kann der Verkaufspreis angesetzt werden?

Priorität für die Analyse hat der österreichische Markt.

## 4. Arbeitspaket schnüren

Für die Recherche nach den festgelegten Informationen werden Arbeitspakete geschnürt. Grob lässt sich der Informationsbedarf in zwei Schwerpunkte aufteilen:

- a. **nutzerInnenbezogene** und
- b. **marktbezogene** Informationen.

Zur Bestimmung der nutzerInnenbezogenen Informationen werden die Methoden des „Design Thinking“ eingesetzt. Dazu zählt auch die klassische sekundäre Marktforschung („Desk Research“). Konkret sollen:

- potenzielle NutzerInnen identifiziert,
- das NutzerInnenverhalten erkannt und
- „Lead User“ gefunden werden.

Auch die Recherche nach den relevanten Marktkennzahlen beginnt mit einer sekundären Forschung:

- Online wird nach brauchbaren Statistiken gesucht - zunächst für den österreichischen Markt und später auch für andere Alpenregionen.
- Vergleichbare Produkte und deren Absatzzahlen werden ermittelt (beispielsweise LVS-Geräte oder Lawinen-Airbag-Rucksäcke)

### 5.3 Sekundärforschung

In Form einer Desk Research sollen im Folgenden die in Abschnitt 5.2 identifizierten Informationslücken gedeckt werden.

#### 5.3.1 Festlegung der Zielgruppe

Die Untersuchung beginnt mit der **Definition der Zielgruppe**. Diese wurde bereits in [1] festgelegt, soll hier jedoch unter Berücksichtigung, der in Abschnitt 3.2

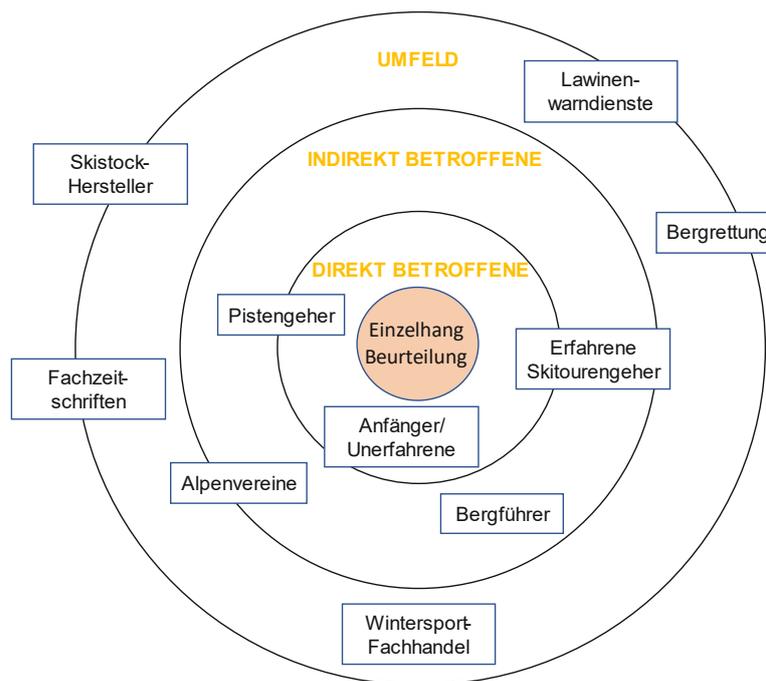


Abbildung 5.1: Stakeholder-Map [22]

geschilderten Methoden noch einmal behandelt werden. Abbildung 5.1 zeigt eine „Stakeholder-Map“. Dabei werden alle mit dem Problem und damit auch mit dem Produkt in irgendeiner Weise in Verbindung stehenden Personengruppen in drei Kategorien eingeteilt: direkt Betroffene, indirekt Betroffene und Umfeld. Die Gruppe der direkt Betroffenen stellt dabei die potenzielle Zielgruppe dar.

Um die Einteilung der Gruppen nachvollziehen zu können, sei auf die Problemerkennung in Kapitel 6.2 verwiesen. Als potenzielle NutzerInnen und somit

Zielgruppe der Entwicklung gilt die Gruppe der AnfängerInnen bzw. unerfahrenen TourengerInnen und Freerider sowie auch reine PistengeherInnen. Reine PistengeherInnen sind s.g. Fitnessgeher, die nur auf gesicherten Pisten unterwegs sind und mehr am Stressabbau und Training als am Bergerlebnis interessiert sind. [44] Da sie sich immer im gesicherten Gelände bewegen, kann davon ausgegangen werden, dass sie in Bezug auf Risikomanagement-Strategien schlecht ausgebildet sind. Dank der Unterstützung, des in dieser Arbeit entwickelten Tools zur Lawinenrisikobeurteilung, könnten sich auch Teile dieser Gruppe in das ungesicherte Gelände vorwagen. Charakteristisch für alle „direkt“ Betroffenen ist, dass sie eher schlecht ausgebildet sind und wenig Erfahrung in der Beurteilung von Gefahrenstellen haben. Komplexe Informationen, wie etwa den genauen Aufbau der Schneedecke oder den Einfluss der Wetter- und Temperaturverhältnisse der vergangenen Tage, können sie nicht oder nur bedingt verwerten. Größtenteils sind sie sich über ihr beschränktes Urteilsvermögen bewusst und versuchen bereits in der Planung relativ sichere, viel begangene Touren auszuwählen. In der Regel wird versucht, mindestens eine/n erfahrene/n SkitourengerIn in der Gruppe dabei zu haben.

Zur Gruppe der indirekt Betroffenen zählen die erfahrenen TourengerInnen, BergführerInnen und Alpenvereine, welche mit den Methoden und Strategien der Risikobewertung vertraut sind und Gefahrenzeichen überwiegend richtig deuten können. Die Einzelhangbewertung stellt allerdings sogar für ExpertInnen eine Herausforderung dar. Diese können aber durch ihr umfassendes Hintergrundwissen und große Erfahrung sowie die damit verbundene Intuition eine Vielzahl von Informationen in ihre Entscheidung mit einbeziehen und kommen damit zu einem zuverlässigen Ergebnis. Diese Expertengruppe führt im Zweifelsfall eine Schneedeckenuntersuchung durch und benötigt keine Vorrichtung zur Unterstützung bei diesem Beurteilungsprozess (wird in [1] ausführlich besprochen). Sie zählt deshalb nicht zur Zielgruppe der Entwicklung, hat aber dennoch Einfluss auf den Erfolg des in dieser Arbeit entwickelten Produkts. Akzeptiert diese Gruppe das Produkt und empfiehlt es Bekannten, Mitgliedern oder KundInnen weiter, kann dies als vertrauensbildende und somit akzeptanzfördernde Maßnahme hinsichtlich der Zielgruppe angesehen werden.

Die Umwelt bzw. das Umfeld der Thematik steht für jene Interessensgruppen, welche nur entfernt mit dem neuen Produkt und der Problemstellung in Beziehung stehen und keinen direkten Einfluss auf die Entwicklung nehmen. Für den vorliegenden Fall gehören dazu die Lawinenwarndienste, Bergrettungen, Fachhändler, Skistock-Hersteller sowie Fachzeitschriften.

Um die Zielgruppe besser verstehen und abgrenzen zu können, wird im Folgenden eine Befragung des österreichischen Kuratoriums für alpine Sicherheit aus der Saison 2014/15 [45] herangezogen. Diese Statistik gibt Aufschluss über die Kenntnisse sowie

Gewohnheiten der SkitourengeherInnen bei der Risikobewertung einer Tour, sowohl in der Planungsphase als auch während des Ausflugs.

Die Umfrage fand an mehreren Wochenenden an den Ausgangspunkten beliebter Skitourentouren statt. Insgesamt wurden 532 Personen befragt.

### Ergebnisse der SkitourengeherInnen-Befragung im Winter 2014/15

- Alter

Der Großteil der Befragten, rund 90%, war zwischen 20 und 60 Jahre alt. Innerhalb dieser Altersspanne verteilen sich die Jahrgänge relativ gleichmäßig, wobei die Gruppe der 40-50-Jährigen den größten Anteil ausmacht. Lediglich 1,5% der Teilnehmenden waren jünger als 20 Jahre und nur 7% waren älter als 60 Jahre. Der geringe Anteil an SeniorInnen ist laut den Leitern der Studie darauf zurückzuführen, dass die Umfrage ausschließlich an Wochenendtagen durchgeführt wurde, und PensionistInnen bevorzugt an Wochentagen unterwegs sind. Abbildung 5.2 stellt die Altersverteilung der Befragten grafisch dar.

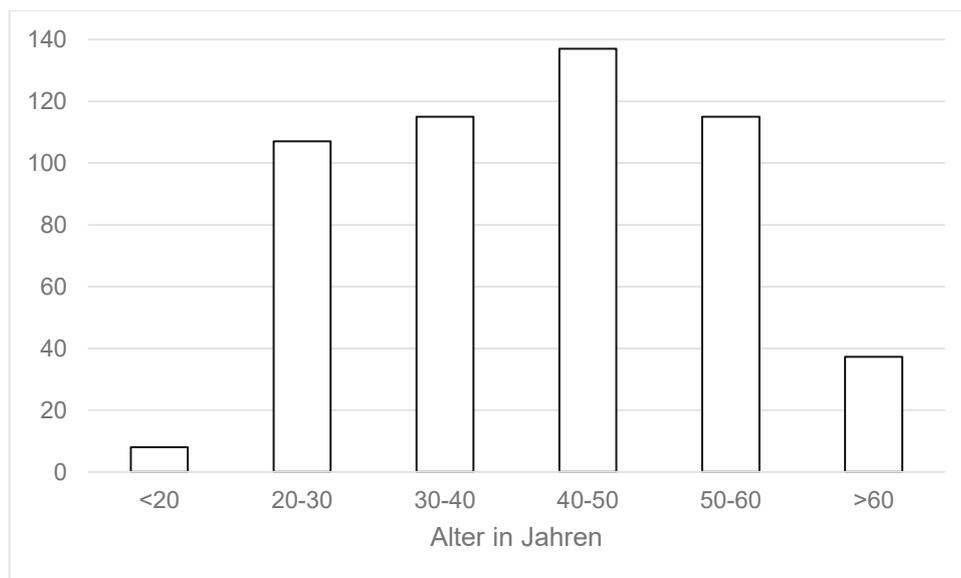


Abbildung 5.2: Altersverteilung

- Gruppengröße

Fast die Hälfte der SkitourengeherInnen waren zu zweit unterwegs (45%) und rund 27% in einer Gruppe von drei bis vier Personen. 15% der Befragten gingen allein. Abbildung 5.3 zeigt das entsprechende Diagramm.

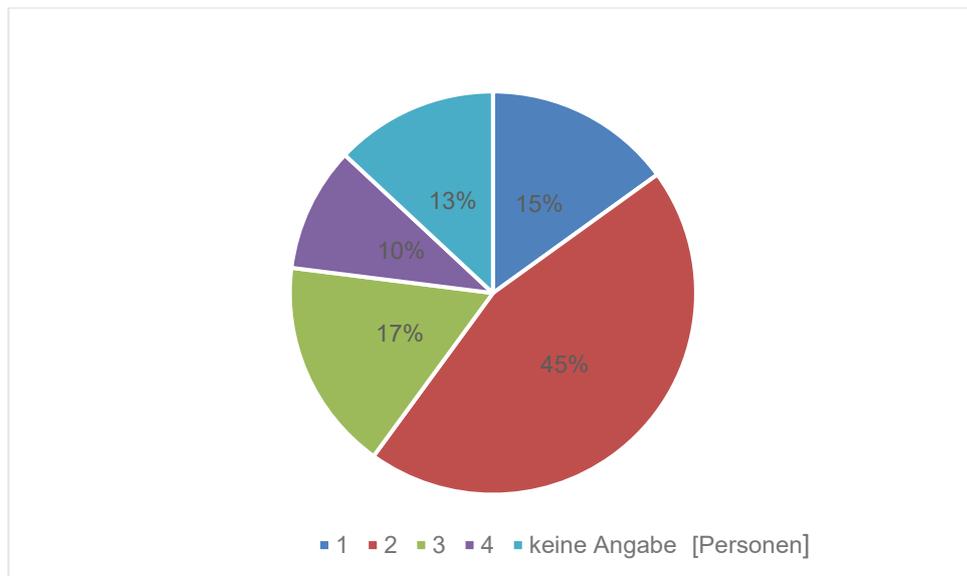


Abbildung 5.3: Gruppengröße

- Skitourenhäufigkeit

Durchschnittlich gaben die Befragten an, rund 25 Touren pro Jahr zu gehen. In Abbildung 5.4 sind die Anteile anschaulich dargestellt.

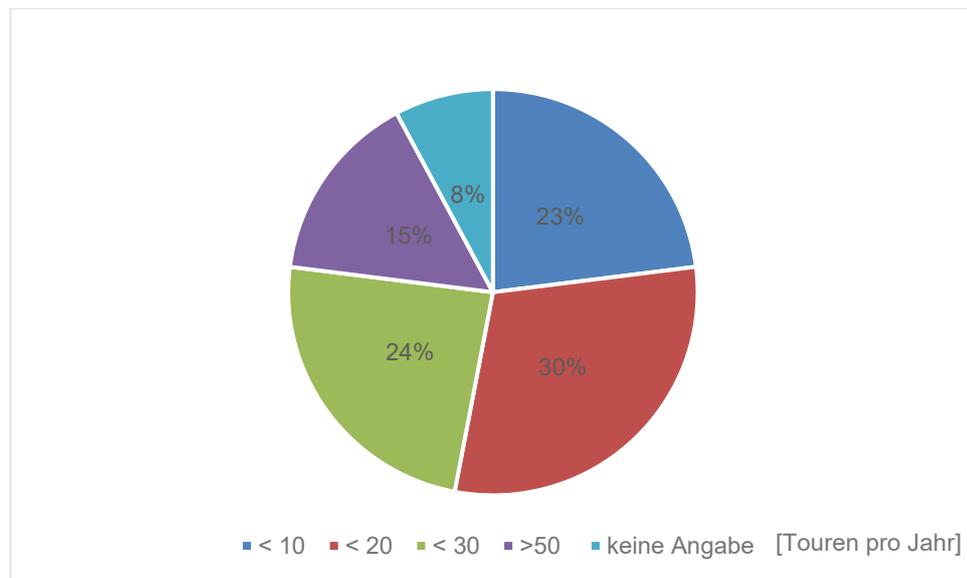


Abbildung 5.4: Skitouren pro Jahr

23% der Teilnehmenden gehen im Durchschnitt bis zu zehn Touren je Saison, 30% bis zu 20 und 24% bis zu 30 Touren. Rund 15% gaben an, 50 Touren oder mehr zu gehen.

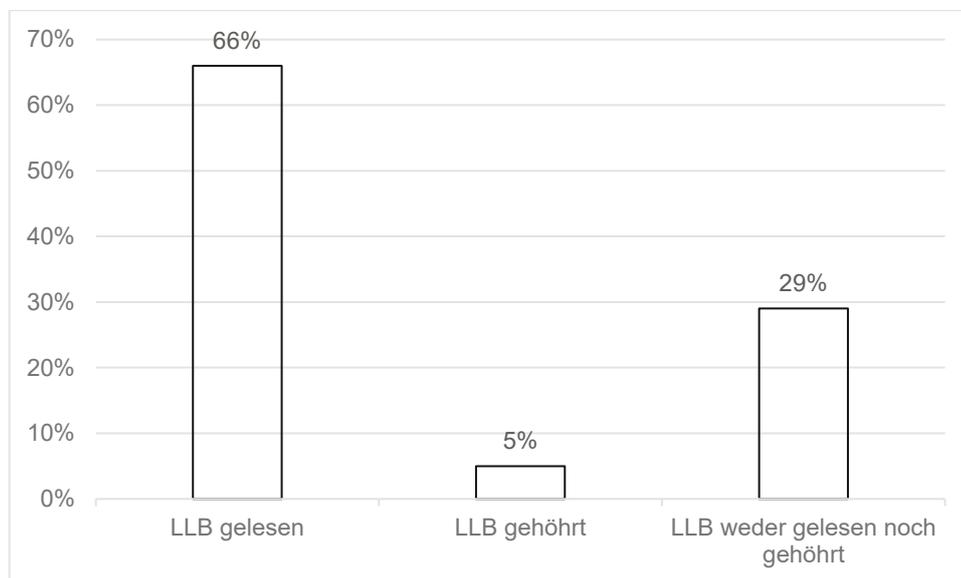
- Ausbildung und Planung

Bei der Kategorie „Ausbildung“ gaben 60% der Befragten an schon einmal einen Lawinengrundkurs absolviert zu haben. 27% wiesen keinerlei lawinenrelevante Ausbildung oder Weiterbildung auf und die restlichen 13% blieben ohne Angabe.

Wird die Tourenvorbereitung betrachtet, so gaben zwei Drittel (66%) der Teilnehmenden an, den Lawinenlagebericht gelesen und 5% gaben an ihn im Radio gehört zu haben. 29% der Befragten starteten ihre Tour, ohne sich über den LLB informiert zu haben. Abbildung 5.5 zeigt eine Grafik der Aufteilung.

Von jenen zwei Dritteln der Befragten, welche den LLB gelesen hatten, konnten 87% die aktuelle Lawinenwarnstufe nennen (ergibt rund 57% der Gesamtheit). Insgesamt wussten 77% aller Befragten über die aktuelle Warnstufe Bescheid. Das bedeutet, dass auch manche der Nichtinformierten die Stufe richtig geschätzt haben.

54% der befragten TourengerherInnen gingen ihre Tour zum ersten Mal, 17% gaben an, diese mindestens einmal und 27% diese mehrmals pro Saison zu gehen. Die restlichen zwei Prozent blieben ohne Angabe.



**Abbildung 5.5: Kenntnis über den aktuellen Lawinenlagebericht**

- Beurteilungsmethode

Hinsichtlich Beurteilungsmethode gaben fast 30% der Befragten an keine Methode zu verwenden. 19% vertrauen bei der Beurteilung lediglich auf „Gefühl, Abschätzen und Bauchgefühl“ und für 15% ist „ihre Erfahrung“ die Methode der Wahl. 11% nannten „Stop Or Go“ oder „3mal3“, die Risikomanagement-Strategien des österreichischen Alpenvereins und des schweizer Lawinenforschers Werner Munter, als ihre Methode. 25% der Befragten gaben keine Antwort an. Abbildung 5.6 veranschaulicht die Statistik.

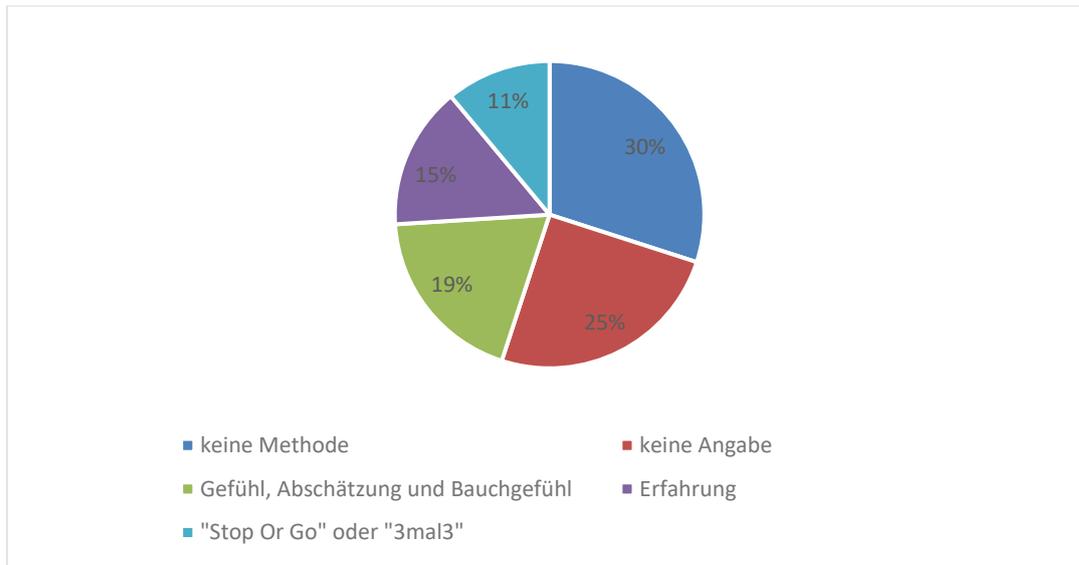


Abbildung 5.6: Beurteilungsmethode der Wintersportler

### Interpretation der Ergebnisse und Vergleich mit aktuellen Daten

Die Studie gibt einen guten Einblick in die Gruppe der SkitourengeherInnen und macht Unterschiede zwischen den einzelnen Personen und Personengruppen sichtbar.

Zu erkennen ist, dass die Aktivität „Skitour“ nahezu alle Altersgruppen, von 20 bis über 60 Jahren, gleichermaßen anspricht. Aktuelle Studien [44] zeigen jedoch, dass das Durchschnittsalter der SportlerInnen sinkt: von 40+ vor zehn Jahren auf aktuell 37 Jahren – Tendenz weiter fallend. Es ist also davon auszugehen, dass die Altersgruppe der jüngeren, schätzungsweise der 15-35-Jährigen, stärker wächst als die der älteren SportlerInnen.

Die Gruppengröße kann herangezogen werden, um die sehr erfahrenen TourengeherInnen von den restlichen teilweise abgrenzen zu können. Denn es ist davon auszugehen, dass sich nur sehr erfahrene oder risikofreudige Sportler allein auf den Weg wagen. Ein Alleingang schließt im Notfall nämlich eine Kameradenrettung aus und erhöht damit die Konsequenz eines Unfalls. 70% der Ganzverschütteten sterben, wenn sie auf die organisierte Rettung angewiesen sind, während es bei der Bergung durch Kameraden nur 20% sind [46]. Natürlich kann argumentiert werden, dass nicht jeder Berg und jede Tour gleich gefährlich ist und, dass bei manchen Routen ein Alleingang vertretbar ist. An dieser Stelle werden aber alle, der in der vorliegenden Umfrage angegebenen Alleingänger als erfahren angesehen. Dies entspricht 15% der Befragten (siehe Abbildung 5.3).

Auch die Häufigkeit der begangenen Skitouren pro Saison kann benutzt werden, um die Teilnehmenden hinsichtlich ihrer Erfahrung grob klassifizieren zu können. Die Gruppe jener, die „weniger als zehn Skitouren pro Saison“ gehen, kann pauschal als unerfahren eingestuft werden wohingegen die Gruppe der „mehr als 30 Skitouren“ als

relativ erfahren angesehen werden kann. Natürlich sind dies lediglich grobe Einschätzungen, denn auch EinsteigerInnen können in ihrer ersten Saison bereits 30 oder mehr Skitouren gehen, aber prinzipiell ist eine gewisse Anzahl an Ausflügen hilfreich, um Gefahrenstellen und Alarmzeichen richtig deuten zu können.

In Bezug auf die Vorbereitung überrascht es, dass 27% der Befragten keinerlei lawinentechnische Ausbildung absolviert und 29% den aktuellen Lawinenlagebericht nicht gelesen oder gehört hatten. Die geringe Kenntnis mancher Befragten macht sich auch in der Frage nach der verwendeten Beurteilungsmethode erkennbar. 30% geben an, keine Methode zu verwenden und lediglich 11% nutzen eine Reduktionsmethode (im vorliegenden Fall die Strategien „Stop or Go“ oder „3mal3“) als Unterstützung bei der Risikoeinschätzung. Rund 34% hingegen vertrauen bei der Bewertung auf ihre Erfahrung und ihr Bauchgefühl.

In der vorliegenden Zusammenfassung der SkitourengeherInnen-Befragung sind keine Rohdaten, in Form von ausgefüllten Fragebogen, vorhanden. Damit ist es leider nicht möglich, eindeutige Zusammenhänge zwischen den einzelnen Antworten abzuleiten und Personen-Profile zu erstellen. Dennoch können einige Schlüsse gezogen werden: Von der genossenen Ausbildung und Kenntnis über den LLB einer Person kann beispielsweise grob auf ihre methodische Vorgehensweise der Risikobewertung geschlossen werden und umgekehrt. Die Anwendung einer Reduktionsmethode ist nämlich nur mit der Kenntnis über die aktuelle Gefahrenstufe möglich und die Durchführung der Methode wird in Lawinenkursen gelehrt. Umgekehrt ist es wahrscheinlich, dass jene, die sich nicht im LLB informiert haben, auch keine Methode verwenden. Selbst eine intuitive Einschätzung ist sehr schwierig, wenn die aktuellen Lawinenprobleme und die Gefahrenstufe nicht bekannt sind. Die vorherrschenden Lawinenprobleme sind ebenfalls im LLB angegeben. Es wird dabei zwischen fünf Problemen unterschieden:

- Neuschneeproblem
- Tribschneeproblem
- Altschneeproblem
- Nassschneeproblem
- Gleitschneeproblem [1]

Es kann also abschließend aus der Studie geschlossen werden, dass mindestens 30% der SkitourengeherInnen (Stand 2015) nicht hinreichend informiert und ausgebildet sind, sowie über zu wenig Erfahrung verfügen, um eine eigenständige, vertrauenswürdige Risikobewertung im ungesicherten Gelände durchführen zu können. Die Alpenvereine setzen sich nach wie vor für den Einsatz von Reduktionsmethoden, wie der „SnowCard“ oder „Stop or Go“, ein, wie auch in den alpinen Sicherheitsgesprächen 2020 des bayrischen Kuratoriums für alpine Sicherheit bekräftigt wurde [47]. Neben der Verwendung von methodischen Ansätzen sei es aber

besonders in der Einzelhangbewertung wichtig, analytische und intuitionsbasierte Lawinenkunde miteinzubeziehen [47] [48].

Berücksichtigt man die oben genannten, aktuellen ExpertInnenmeinungen bzgl. der empfohlenen Strategien, dann bietet eine Vorrichtung zur Unterstützung bei der methodischen Risikobewertung vor Ort, ähnlich den in [1] vorgestellten Konzepten, nicht nur den EinsteigerInnen, Unerfahrenen und schlecht Ausgebildeten, sondern auch erfahreneren TourengerInnen eine nützliche Unterstützung. Die Zielgruppe der gegenständlichen Entwicklung umfasst also wie bereits in Abbildung 5.1 dargestellt die Gruppe der AnfängerInnen, Unerfahrenen sowie einen Teil der PistengeherInnen und geübten, aber in der Risikobewertung unsicheren, SkitourengerInnen. Unter Berücksichtigung der obigen SkitourengerInnenbefragung und den daraus abgeleiteten Zahlen, wird im Projektteam eine Annahme für die Größe dieser Zielgruppe getroffen. Für den weiteren Verlauf der Arbeit wird angenommen, dass die Zielgruppe rund 50% der gesamten Anzahl an SkitourengerInnen abbildet. Auf das konkrete Marktvolumen und den angestrebten Marktanteil wird im Folgenden näher eingegangen.

### 5.3.2 Marktpotenzial, Marktvolumen und Marktanteil

Als **Marktpotenzial** wird das theoretisch mögliche Absatzvolumen für ein Produkt verstanden. [21] Im vorliegenden Fall wird dafür die Gesamtanzahl an aktiven SkitourengerInnen im alpenländischen Raum herangezogen. Um diese Menge zu ermitteln, werden in folgender Tabelle 6 die Zahlen der jeweiligen, relevanten Länder aufgelistet und summiert.

Land	Anzahl SkitourengerInnen
Österreich	600.000 [44]
Deutschland	600.000 [49]
Frankreich	165.000 <sup>3</sup> [50]
Italien	93.000 [51] (Stand 12.2019)
Schweiz	25.000 <sup>4</sup> [52]
<b>Summe</b>	<b>1.483.000 (ohne Schweiz)</b>

Tabelle 6: Anzahl an aktiven Skitourengern

<sup>3</sup> Statistik aus dem Jahr 2018. Der ursprüngliche Wert (150.000) wurde mit einem im Artikel angegebenen Wachstum von 5% korrigiert (ergibt 165.375, gerundet 165.000)

<sup>4</sup> Statistik aus dem Jahr 2017. Der ursprüngliche Wert (23.000) wurde mit einer geschätzten Wachstumsrate von 10% nach oben korrigiert (ergibt 25.300, gerundet 25.000)

Das **Marktpotenzial** beträgt demnach eine Gesamtanzahl von knapp 1,5 Millionen SkitourengeherInnen. Zum Vergleich soll eine im Jahr 2018 durchgeführte Marktanalyse des Wintersportausrüsters Dynafit herangezogen werden, in welcher das Marktvolumen auf rund 1,2 Millionen aktiven SkitourengeherInnen in Österreich, Deutschland, Italien und der Schweiz geschätzt wird [53]. Bedenkt man das schnelle Wachstum des Marktes (wird weiter unten in Abschnitt 5.3.3 näher untersucht), dann scheint die in Tabelle 6 ermittelte aktuelle Anzahl plausibel.

Für die Ermittlung des **Marktvolumens** wird ein Bottom-Up-Ansatz verwendet und aufgrund der in Abschnitt 5.3.1 geschilderten Charakteristik der NutzerInnengruppe eine Annahme getroffen. Das Projektteam schätzt, dass rund 50% aller SkitourengeherInnen an einer Vorrichtung zur Unterstützung der Risikobewertung interessiert sind. Das bedeutet, dass das geschätzte Marktvolumen 50% des Marktpotenzials, also einer Menge von rund 750.000 Stück, beträgt.

Aus dem Marktvolumen kann ein geplanter **Marktanteil** abgeleitet werden. Um diesen Wert ermitteln zu können, braucht es, im Sinne eines Top-Down-Ansatzes, einen Überblick über den Stand der Technik und die Absatzzahlen der Konkurrenz. Kapitel 2 zeigt die am Markt bereits verfügbaren Vorrichtungen zur Unterstützung der Risikobewertung. Die vorgestellten Produkte unterscheiden sich jedoch von den in [1] vorgestellten Konzepten hinsichtlich:

- der NutzerInnengruppe (Avatech zielt auf die Gruppe der ExpertInnen),
- des Zeitpunktes (der Phase), in der das Produkt eingesetzt wird (*skitourenguru.ch* wird nur in der Planungsphase verwendet),
- der Qualität und Quantität der gelieferten Ergebnisse (der Pole-Clinometer und der K2-Lockjaw bestimmen lediglich die Hangneigung; der BCA-Slope Meter ermittelt die Parameter Steigung und Exposition, kombiniert diese in der Bewertung aber nicht. Keines der Tools bezieht die Lawinenwarnstufe in die Beurteilung ein).

Auch aus geografischer Sicht agieren die genannten Produkte größtenteils auf anderen Märkten, nämlich vorwiegend dem amerikanisch/kanadischen Markt. Lediglich die Plattform *skitourenguru.ch* stellt eine europäische Entwicklung dar. Aus diesen Gründen schränken die vorgestellten Produkte den, für die vorliegende Entwicklung relevanten Marktanteil nur bedingt ein. Es wird deshalb erneut ein Bottom-Up-Ansatz zur Bestimmung des realisierbaren Marktanteiles angewandt.

Bereits in Abschnitt 5.3.1 wurde der Bedarf der Zielgruppe nach einem unterstützenden Hilfsmittel bei der Risikobeurteilung identifiziert. Das Projektteam schätzt den möglichen Marktanteil auf rund 10 % des Marktvolumens, also rund 75.000 Stück. Da dieser Wert mit vielen Unsicherheiten behaftet ist und auch einige wichtige Kennzahlen, wie die Fertigungskosten und der damit verbundene, realisierbare

Verkaufspreis noch nicht feststehen, wird für die erste Saison (Markteinführung) ein Absatzvolumen von 1000 Stück geplant. Dieses Ziel soll durch eine sehr kundennahe Entwicklung im Sinne des „Design Thinking“ sowie durch die Berücksichtigung von ExpertInnenmeinungen gelingen. Es soll ein überzeugender Nutzen durch das Produkt geschaffen werden und so mögliche Akzeptanzhindernisse, wie mangelndes Vertrauen in das Bewertungsergebnis, überwunden werden. Durch gezielte Marketingaktionen kann der Marktanteil voraussichtlich innerhalb der folgenden 10 Jahre ausgeschöpft werden.

### 5.3.3 Marktwachstum

Der Skitourenmarkt hat in den letzten Jahren stark zugelegt und in manchen Zeitungen ist von einem „Boom“ die Rede. [49] Die Zahl der aktiven SkitourengeherInnen hat sich in Österreich in den letzten zehn Jahren verdoppelt und in Deutschland hat sie sich über die letzten 15 Jahre sogar verdreifacht. Der Zuwachs ist auch im Absatz der Sportartikelhersteller erkennbar: in der jüngsten Saison (2019/20) wurden doppelt so viele Touren-Skischuhe verkauft als noch zwei Jahren zuvor. Insgesamt verzeichnete der österreichische Handel in der Saison 18/19 ein Umsatzplus von fünf Prozent auf rund 230 Millionen Euro. Eine Sättigung im Aufwärtstrend ist laut BranchenexpertInnen nicht in Sicht. [44, 49]

Eine Spezialsituation könnte laut ExpertInnen der „Corona-Winter“ 20/21 darstellen. Sowohl in den alpinen Sicherheitsgesprächen 2020 als auch im Alpinforum 2020 wurde ein möglicher Zuwachs an SkitourengeherInnen aufgrund der Einschränkungen im alpinen Skibetrieb diskutiert. Wie groß der Anstieg sein wird, ließe sich nur schwer abschätzen [54, 55]. In einem Artikel des ÖAV schätzt Larcher den Zuwachs auf bis zu 20% [3].

### 5.3.4 Lead User und Trend in der Lawinenprävention

Der Trend in der praktischen Lawinenkunde geht in Richtung künstliche Intelligenz – darüber sind sich die ExpertInnen überwiegend einig. Algorithmen könnten Daten aus Unfallstatistiken, Wetterberichten, Schneedeckenmodellen und Geländekarten vernetzen, verarbeiten und stetig daraus lernen, um immer zuverlässiger Aussagen treffen zu können. Die Technologie besäße damit das Potenzial, bessere Beurteilungen zu treffen als ExpertInnen. Die Schweizer Plattform *skitouren guru.ch* liefert hier schon erste Ansätze und bietet bereits jetzt ein sehr hilfreiches Planungstool. Die generelle Meinung der ExpertInnen und auch des Entwicklers der Plattform Günter Sch mudlacher selbst ist aber, dass sich der Einsatz künstlicher Intelligenz hauptsächlich auf die Planungsphase von Skitouren beschränken wird. Grund dafür sei vor allem, dass sich erst vor Ort, am Einzelhang, die wirklichen

Bedingungen und eventuelle Alarmzeichen, wie Triebsschneeansammlungen, zeigen. [47, 54, 56]

Mit den in diesem Kapitel gesammelten Informationen wird das Profil eines „Lead Users“ erstellt: Der „Lead User“ von heute nutzt das Planungstool *skitouren guru.ch*, um eine passende Tour für die aktuellen Verhältnisse in seiner Umgebung zu finden. Er überträgt die Route auf seine GPS-Uhr oder sein Smartphone und markiert die im *Skitouren guru* angegebenen Schlüsselstellen auf der Karte, bzw. versucht sich die Stellen zu merken, falls ein Eintragen nicht möglich ist. Gelangt er während der Tour an diese Stellen, begutachtet er die Hänge kritisch und schätzt das Risiko ein. Um eine vertrauenswürdige Aussage treffen zu können, hat er im Vorhinein den Lawinenlagebericht aufmerksam gelesen und sich die aktuellen Gefahrenmuster, Expositionen und Lawinenprobleme eingeprägt. Das Messen der Steigung ist in diesem Falle nicht mehr zwingend notwendig, da bereits in der Planungsphase alle „zu steilen“ Hänge vom Algorithmus ausgeschlossen wurden (siehe Beschreibung der Website *skitouren guru.ch* in Kapitel 2). Muss, aufgrund lokaler Hindernisse, z.B. vereiste Stelle, die geplante Route jedoch verlassen werden, oder möchte spontan eine Variante gefahren werden, nutzt der „Lead User“ einen mobilen Neigungsmesser, um die neuen Hänge besser beurteilen zu können. Auf herkömmliche Weise wendet er/sie eine Reduktionsmethode (z.B. „SnowCard“) an und verknüpft damit die Neigungswerte mit den Informationen aus dem LLB, welcher am Vorabend aufmerksam gelesen wurde. Das Ergebnis der Analyse bildet die Grundlage für die Entscheidung des Routenverlaufs.

## 6 Produktentwicklung

In diesem Kapitel wird die durchgeführte Produktentwicklung beschrieben. Der prinzipielle Vorgang wurde bereits in Kapitel 3.3 beschrieben und soll an dieser Stelle noch einmal kurz zusammengefasst werden.

### 6.1 Zusammenfassung Produktentwicklung

Die Entwicklung beginnt mit der Formulierung der Problemstellung und Klärung der Aufgabenstellung. Dabei wird vorwiegend auf die Problemdefinition von [1] zurückgegriffen. Es folgt ein Rückblick auf die vorangegangenen Arbeiten [1, 2] und den dort gefundenen Lösungsvarianten, welche in den nächsten Schritten noch gründlicher analysiert werden sollen.

Es wird ein „Quality Function Deployment“ (QFD) angewendet, wodurch den Kundenanforderungen konkrete technische Design-Parameter zugeordnet werden und ersichtlich wird, worauf besonderes Augenmerk in der Entwicklung gelenkt werden soll. Damit können auch die bereits gefundenen Lösungsvorschläge besser beurteilt werden.

In einem nächsten Schritt werden die notwendigen Funktionalitäten des Produkts identifiziert, klassifiziert und anschließend in einem Funktionsdiagramm schematisch miteinander verknüpft. Mithilfe der identifizierten Teilfunktionen werden die bisherigen Konzepte analysiert und ein Katalog der Teillösungen in Form eines morphologischen Kastens erstellt. Schließlich werden die bestehenden Gesamtlösungen einer Punktebewertung unterzogen. Dafür wird ein Wertesystem mit Bewertungskriterien aufgestellt und Gewichtungen vergeben. Die Ergebnisse können miteinander verglichen und Schlüsse daraus gezogen werden.

Die Erkenntnisse aus der umfassenden Analyse und Bewertung werden dazu verwendet, einen „Vision Prototype“ zu entwickeln. Dieser beinhaltet die besten Teillösungen der vergangenen Iterationen und soll die konvergierende Phase der Produktentwicklung einleiten. Ein physischer Prototyp ermöglicht die Interaktion mit potenziellen NutzerInnen und führt zu weiteren Verbesserungsmöglichkeiten des Konzepts. In weiterer Folge wird jede Teillösung in mehreren Iterationsstufen ausgereift und in den „X-is-finished“-Prototypen festgehalten. Die Kombination der fertigen Teillösungen zu einer einheitlichen Gesamtlösung bildet schließlich den finalen Prototypen. Eine abschließende Punktebewertung verdeutlicht das Ergebnis der Produktentwicklung und markiert gleichzeitig dessen Ende für den Rahmen dieser Arbeit.

## 6.2 Problemerkennung

Die an dieser Stelle durchgeführte Produktentwicklung knüpft an die in [1] und [2] geleistete Arbeit an und führt sie, gemäß des „Design Thinking“-Makrozyklus, in konsequenter Weise fort. Demnach bleibt auch die ursprüngliche Problemstellung weitestgehend erhalten und wird mit neuen Erkenntnissen aus den bisherigen Lösungsvorschlägen erweitert.

Das übergeordnete Ziel des gesamten Projektes, welches sowohl die vorangehenden Arbeiten [1, 2] als auch die vorliegende Arbeit umfasst, ist die Entwicklung eines technischen Hilfsmittels, das am Skistock montiert wird und durch die Messung, Einstellung und Auswertung verschiedener Parameter eine Unterstützung bei der Risikobewertung im ungesicherten Gelände bietet.

Ein Schwerpunkt der Bachelorarbeit [1] war die Identifizierung der Parameter, welche das Tool notwendigerweise bestimmen muss, um eine hinreichend zuverlässige Aussage über das Lawinenrisiko eines Hanges treffen zu können. Dafür wurde eine Umfrage mit 14 Experten (Bergführer oder sehr erfahrene Alpinisten) angestellt, in der die Bedeutung einer Reihe von Einflussfaktoren mit den Werten 0 (keine Bedeutung) bis 5 (essenziell bei der Risikobewertung) bewertet wurde. Die Ergebnisse der Umfrage sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

<b>Einflussfaktoren/ Kriterien</b>	<b>Bewertung durch Experten</b>	<b>Anteil an max. Punkteanzahl (5)</b>
Hangneigung	4,64	93%
Alarmzeichen	4,50	90%
Lawinenwarnstufe	3,93	79%
Art des Lawinenproblems	3,64	73%
Uhrzeit	3,43	69%
Exposition	3,36	67%
Ständig befahrener Hang	3,36	67%
Hanggröße	3,14	63%
Wettersituation	2,86	57%
Höhenlage	2,79	56%
Erstellung eines Stabilitätstests	2,79	56%
Sonnenstrahlung	2,71	54%
Gruppengröße	2,57	51%
Windstärke (aktuell)	2,57	51%
Erstellung eines Schneeprofiles	2,43	49%
Temperatur	2,36	47%
Abstände eingehalten	1,50	30%

**Tabelle 7: Bewertung der Einflussfaktoren durch Experten [1]**

Vor allem aufgrund der Umsetzbarkeit wurde in weiterer Folge der Fokus auf folgende Parameter gelegt:

- Hangneigung
- Lawinenwarnstufe
- Exposition

Die Recherche zum Stand der Technik in [1] bestätigte die Wichtigkeit dieser Faktoren, zumal sie auch bei einem Großteil der Reduktionsmethoden der verschiedenen Alpenvereine („Snow Card“, „Stop or Go“, ...) für die Bewertung herangezogen werden. Allerdings dürfe man die Bedeutung eines wachsamem Auges für das Erkennen von Alarmzeichen und Lawinenproblemen keinesfalls unterschätzen, wie mehrere Interviews mit erfahrenen Bergführern klarstellten.

Es wurde eine Reihe an Anforderungen festgelegt, welche vor allem den Gebrauch und die technische Umsetzung betreffen. Von zentraler Bedeutung für die Entwicklung ist die Forderung, auf elektronische Bauteile zu verzichten und dementsprechend nur analoge Messeinheiten und Anzeigen zu verbauen. Außerdem soll kein eindeutiges Ja/ Nein-Ergebnis geliefert werden, denn aufgrund der Komplexität des Sachverhaltes könne mit einer gewissen Sicherheit lediglich eine Empfehlung abgegeben werden, die persönlichen Interpretationsspielraum erlaubt. [1]

Die vollständige Anforderungsliste ist Tabelle 8 zu entnehmen. Die Kürzel „W“ und „F“ in Spalte zwei stehen dabei für „Wunsch“ und „Forderung“ und beschreiben die Bedeutung der Anforderung für die Entwicklung. In der Liste nicht angeführt ist, dass in [1] eine Lösung mit Positionierung am Griff anstatt am Schaft des Stockes angestrebt wird. Diese Restriktion sollte mit Beginn der Projektarbeit relativiert werden. Im folgenden Kapitel 6.3 wird näher darauf eingegangen.

Die Produktentwicklung dieser Arbeit setzt sich zum Ziel, die festgelegten Anforderungen und entwickelten Lösungskonzepte mit Blick auf die realen Bedürfnisse der potenziellen NutzerInnen zu überprüfen, und schließlich einen finalen Prototyp auszuarbeiten.

IFT TU Wien/ Oberrauch	Anforderungsliste für multifunktionalen Skigriff		Blatt: 1 Seite: 1
Änderungs- Datum	F/W	Anforderungen	Verantw.
12.08.2019	F F F  W W F W  F  F F  W  W  F	1. Messeinrichtungen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steigung (min. Messbereich: 20°-50°)</li> <li>• Exposition</li> <li>• Einstellung der Lawinenwarnstufe</li> </ul> 2. Geometrie/Ergonomie <ul style="list-style-type: none"> <li>• Griffabmessungen wie bei konv. Griffen</li> <li>• Geringes Gewicht</li> <li>• Mit Handschuhen bedienbar</li> <li>• Gute Ablesbarkeit auch bei schlechter Sicht</li> </ul> 3. Energie <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analog, keine elektronischen Bauteile</li> </ul> 4. Stoff <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturbereich: -25°C bis +30°C</li> </ul> 5. Signal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analoge Anzeigen, evtl. Farbskala</li> <li>• Kein Ja/Nein-Ergebnis</li> </ul> 6. Fertigung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spritzguss oder 3D-Druck</li> </ul> 7. Kontrolle <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung DIN ISO 7331 &amp; DIN 79016</li> </ul> 8. Montage <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kompatibilität mit Alu- und Karbon-Stöcken</li> </ul> 9. Gebrauch <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutzklasse: DIN EN 60529 IP54</li> </ul>	Oberrauch

Tabelle 8: Anforderungsliste Stand Bachelorarbeit [1]

## 6.3 Erste Ideen und Konzepte

In diesem Kapitel sollen in kurzer Form die ersten Lösungsvorschläge aus [1] und [2] vorgestellt werden.

### 6.3.1 Bachelorarbeit – Konzept 1

Das erste Konzept in [1] basiert auf der Funktion eines Kugelkompasses (siehe Abbildung 6.1). Ein Kugelkompass besteht aus einer äußeren, durchsichtigen Kugel und einer Kompassrose, welche einen exzentrischen Schwerpunkt besitzt und im Inneren der Kugel momentenfrei (üblicherweise in einer Flüssigkeit) gelagert ist. Dadurch ergibt sich die zentrale Eigenschaft des Kugelkompasses, dass seine Rose immer in der Waagrechten bleibt. Das erste Konzept nutzt diese Eigenschaft, um Steigung und Exposition mit nur einem Bauteil, dem Kugelkompass, zu messen.

Der Kompass wird dazu geringfügig modifiziert. Die Kompassrose muss die Form einer Kugel besitzen und senkrecht zum Äquator einen Markierungspunkt aufweisen. Dieser Markierungspunkt zeigt immer nach oben und indiziert somit die Vertikale.

Die äußere, transparente Kugel wird mit den Signalfarben grün, gelb und rot gemäß der grafischen Reduktionsmethode eingefärbt, ohne jedoch ihre Transparenz zu verlieren.

Der modifizierte Kompass ist fest in einem Gehäuse fixiert und wird am oberen Ende des Skigriffes montiert. Das Gehäuse bietet lediglich ein Sichtfenster, welches Einblick auf die darunter liegende Farbskala erlaubt. Dieses Sichtfenster kann über einen Drehmechanismus auf die aktuelle Lawinengefahrenstufe gedreht werden. Wird der Stock um einige Grad von der Vertikalen ausgelenkt, dann bewegt sich die äußere Kugel mit der Farbskala (die fest mit dem Griff verbunden ist) relativ zur inneren Kompassrose und dem Markierungspunkt, welcher immer vertikal nach oben zeigt. Abhängig von dem Winkel der Auslenkung weist der Punkt auf eine bestimmte Stelle der Farbskala und anhand der Farbe kann das Ergebnis abgeleitet werden.

Um auch die Exposition des zur Beurteilung stehenden Hanges berücksichtigen zu können, wird ein Kreis um den Markierungspunkt eingezeichnet. Der Radius des Kreises ist dabei so gewählt, dass sich ein Versatz von fünf Grad zum Markierungspunkt ergibt, wenn bei der Bewertung die Stelle des Kreises verwendet wird, welche senkrecht über dem Punkt steht. Die Hälfte des Kreises ist in roter Farbe gezeichnet, nämlich genau die gefährliche Nordhälfte (Expositionen WNW-N-OSO). Bei der Bewertung eines Hanges dieser Ausrichtung sollte der Kreis anstelle des Punktes zum Ablesen verwendet werden. Die Funktion wird anhand der Abbildung 6.1 deutlicher. Für eine ausführlichere Erklärung des Konzeptes sei auf [1] verwiesen.

Osthang -> Stock ist am Hang liegend dargestellt  
 -> Kompass zeigt Richtung Westen

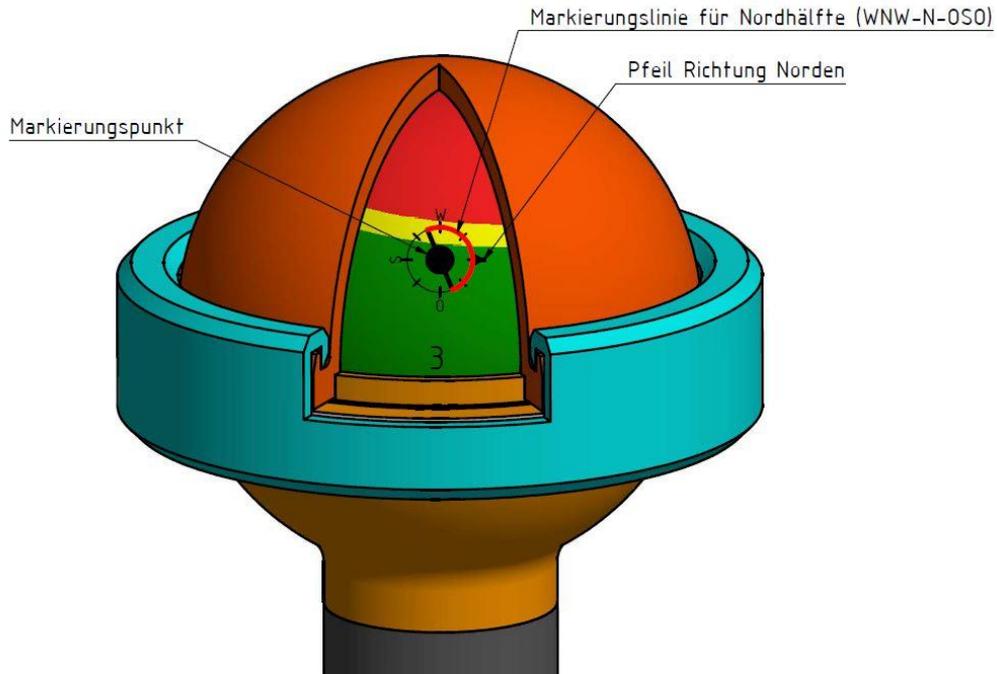


Abbildung 6.1: Konzept 1 - modifizierter Kugelkompass

Die Präsentation des Konzeptes vor dem Projektteam, einem Experten (Michi Andres), sowie potenziellen NutzerInnen aus dem Bekanntenkreis ergaben folgendes Feedback, das in Abbildung 6.2 zusammengefasst ist. Eine genaue Bewertung der Lösungsvariante nach Punkten wird in Kapitel 6.7 durchgeführt.

Prinzipielle Funktion ist schwer verständlich, v.a. bei Nordhängen		Nur eine Einstellung notwendig
Wie soll das hergestellt werden?		Sofortige Kombination und Ausgabe des Ergebnisses
Wie funktioniert die Nutzung als Kompass?	?	+
Komplizierter Aufbau	-	! Stabilität?
Position am oberen Griff schränkt die Ergonomie ein (Anfassen der Griff-Oberseite)		Möglicherweise schlechte Ablesbarkeit
Herstellung erfordert Zusammenarbeit mit Kompasshersteller		Wie kann die Funktion einem Kunden erklärt werden?
Keine Gradanzeige der Hangneigung		

Abbildung 6.2: Feedback-Raster für Konzept 1

### 6.3.2 Bachelorarbeit – Konzept 2

Das zweite Konzept der Bachelorarbeit bemüht das Wirkprinzip einer Wasserwaage, um den zentralen Parameter Steigung zu messen. In einer gebogenen Wassersäule steigt eine Luftblase immer an den höchsten Punkt und so kann mit einer entsprechenden Skala die Neigung gemessen werden.

Damit die Bewertungsskala von der Lawinenwarnstufe abhängig gemacht werden kann, werden vier Wasserwaagen (für die vier Gefahrenstufen) mit vier unterschiedlichen Skalen benötigt, oder eine große Wasserwaage mit vier getrennten Bereichen für die vier Gefahrenstufen. So entsteht die Idee, eine große, Kuppelförmige Wasserwaage zu konstruieren, an deren Mantelfläche eine Farbskala aufgebracht wird, die unterschiedliche Bereiche für die jeweiligen Gefahrenstufen besitzt. Ein darüberliegendes Gehäuse mit einem Sichtfenster soll lediglich den Bereich der aktuell vorherrschenden Gefahrenstufe freilegen. Ein Drehmechanismus erlaubt dabei das Einstellen des Fensters auf die gewünschte Warnstufe.

Im Zentrum der kuppelförmigen Wasserwaage wird ein Kugelkompass eingeklebt, welchen man von oben durch ein weiteres Sichtfenster im Gehäuse einsehen kann.

In Abbildung 6.3 ist der Aufbau des Konzeptes dargestellt. Die wichtigsten Komponenten wurden dabei beschriftet. Nicht zu sehen, aber wichtig für die Funktion ist, dass der Hohlraum zwischen dem Grundkörper der Wasserwaage und der transparenten Kuppel mit Wasser gefüllt ist. Ebenfalls anzumerken ist, dass die Baugruppe auf der Oberseite des Skigriffes über ein Gewinde mit dem Stock verbunden wird.

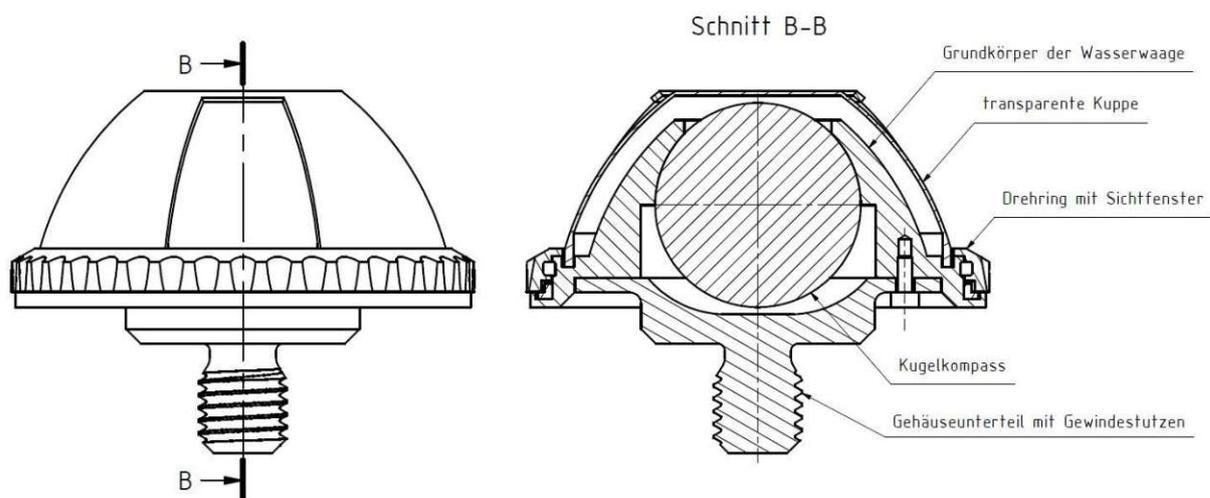
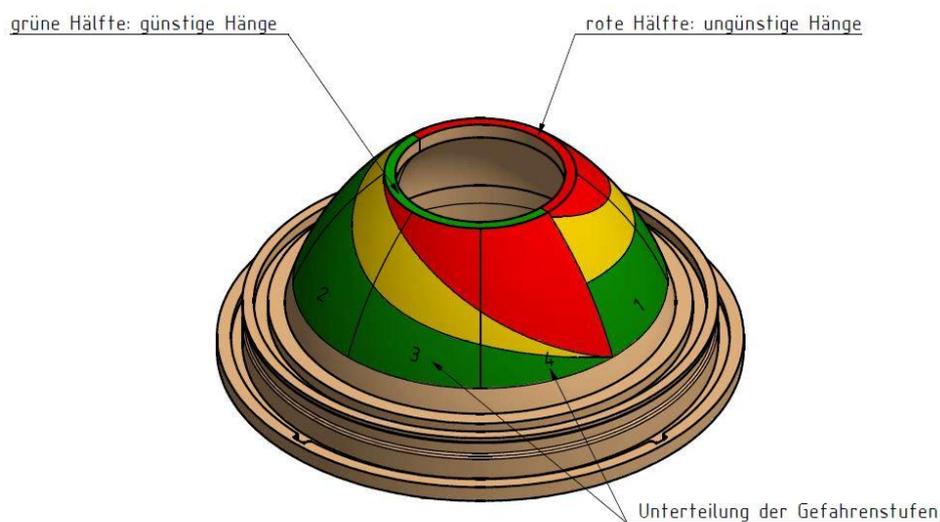


Abbildung 6.3: Aufbau und Hauptkomponenten des Konzept 2 [1]

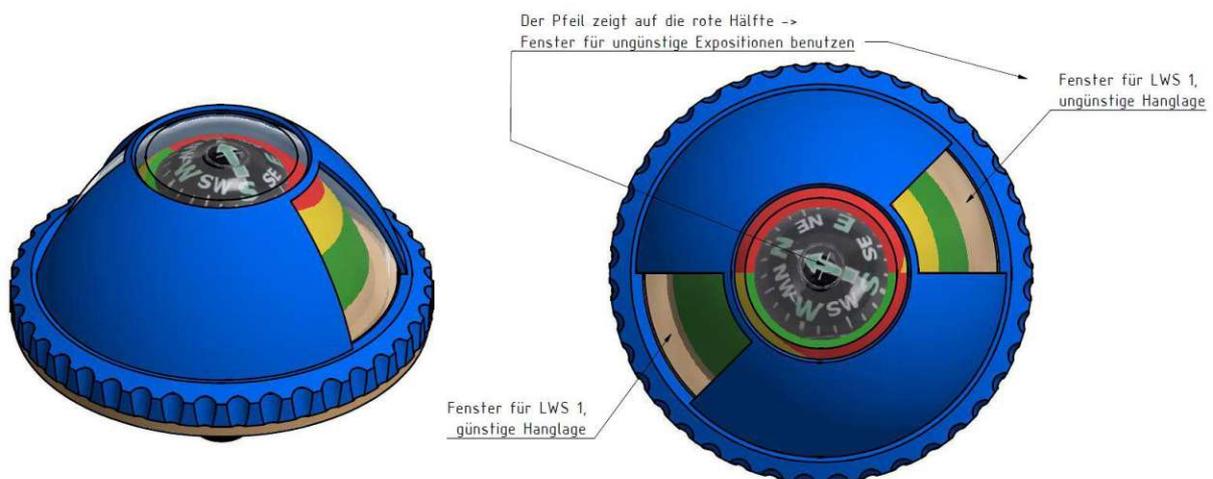
Abbildung 6.4 zeigt den Grundkörper der Wasserwaage mit der farbigen Bewertungsskala der DAV SnowCard auf der Mantelfläche. Die SnowCard wurde vor allem aufgrund ihrer kontinuierlich verlaufenden Bereichs-Begrenzungslinien (bei

einem Wechsel der Gefahrenstufe steigt oder sinkt die Gefahr nicht sprunghaft, wie bei der Grafischen Reduktionsmethode) ausgewählt. Michi Andres hatte diese Eigenschaft in seinem Interview [1] positiv hervorgehoben. Außerdem unterscheidet die SnowCard zwischen günstigen und ungünstigen Hanglagen, womit die Information über die Hang-Exposition sehr gut eingebracht werden kann.



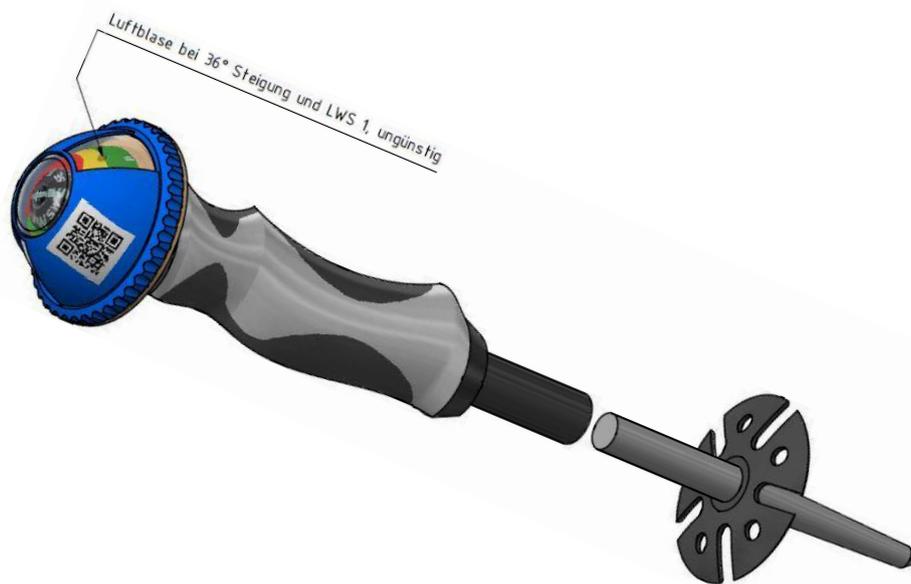
**Abbildung 6.4: Grundkörper der Wasserwaage mit Farbskala gemäß DAV SnowCard [1]**

In Abbildung 6.5 ist der Vorgang der Auswahl der Skalenhälfte (günstig oder ungünstig) dargestellt. Das Gehäuse bietet zwei Sichtfenster auf die Bewertungsskala, wobei eines den Bereich für die günstigen und eines jenen für die ungünstigen Hanglagen freilegt. Der Pfeil des Kompasses zeigt, bei einer korrekten Ausrichtung des Moduls am Stock automatisch auf die im jeweiligen Fall zu betrachtende Skalenhälfte. Dabei werden alle Expositionen im Bereich WNW-N-OSO als ungünstig angesehen.



**Abbildung 6.5: Fallunterscheidung günstige oder ungünstige Hanglage [1]**

Abbildung 6.6 zeigt abschließend das am Skistock montierte Modul während einer exemplarischen Risikobewertung. Die Lawinenwarnstufe wurde bereits eingestellt (im Beispiel Gefahrenstufe 1) und der Blick auf den Kompass zeigte das zu beachtende Fenster (hier ungünstige Skala) an. Der Stock wird entlang der Falllinie des Hanges, also der Linie des größten Gefälles, ausgerichtet und die Luftblase wandert entsprechend der Hangneigung auf eine bestimmte Stelle der Farbskala. Bei Lawinenwarnstufe 1, einer ungünstigen Hanglage (Exposition liegt in der gefährlichen Nordhälfte) und einer Neigung von 36 Grad liegt diese Stelle am Beginn der gelben Zone. Das Risiko ist noch überschaubar (hängt aber vom subjektiven Risikoempfinden ab) und vorausgesetzt es zeigen sich keine eindeutigen Alarmzeichen kann der Hang befahren werden.



**Abbildung 6.6: Exemplarische Neigungsmessung mit Konzept 2**

Es wurde auch ein Prototyp des Konzeptes mittels 3D-Druck angefertigt. Schwierigkeiten bei der Umsetzung ergaben sich vor allem bei der Herstellung der transparenten Kuppel, dem Auftragen der Farbskala und dem Befüllen der Wasserwaage. Der Behälter war nicht ausreichend dicht, weswegen sich die Luftblase nach einiger Zeit merklich vergrößerte. Abbildung 6.7 zeigt den Prototypen.



Abbildung 6.7: Prototyp des 2. Konzepts - links ohne Gehäuse, rechts mit [1]

Anhand des Prototyps konnte die prinzipielle Funktion getestet werden und nützliches Feedback von den Mitgliedern des Projektteams sowie von potenziellen NutzerInnen aus dem Bekanntenkreis eingeholt werden. Die Kommentare sind im folgenden Feedback-Raster (Abbildung 6.8) zusammengefasst.

Unterscheidung zwischen günstiger und ungünstiger Hanglage verwirrt etwas  ?	Nur eine Einstellung notwendig  Schnelles Ergebnis  +
Relativ schwer und groß  -  Position am oberen Griff schränkt die Ergonomie ein (Anfassen der Griff-Oberseite)  Herstellung erfordert Zusammenarbeit mit Skistockhersteller	! Gradanzeige der Hangneigung am Gehäuse auftragen Stabilität?  Die Markierung der Skalenhälften könnte eindeutiger sein  Unterscheidung der Hanglagen und ansteigende Begrenzungslinien innerhalb der Gefahrenstufe könnte zu viel Interpretationsspielraum bieten – verwirrend!

Abbildung 6.8: Feedback zum zweiten Konzept

### 6.3.3 Projektarbeit – Konzept 3

Während die Konzepte 1 und 2 durch die simple Voreinstellung (nur die Lawinwarnstufe muss eingestellt werden) und automatische Verknüpfung der Messwerte zu einem Ergebnis prinzipiell überzeugen, stellt die Montage am oberen Ende des Skigriffs doch einen erheblichen Nachteil dar. Das Modul kann nur auf Stöcken montiert werden, welche mit einem entsprechenden Gegengewinde ausgestattet sind. Es ist deshalb erstrebenswert eine alternative

Befestigungsmöglichkeit, welche eine universelle Montage des Moduls unabhängig der Stockmarke und -größe erlaubt, zu finden.

Die Entwicklung in [2] setzt sich deshalb zum Ziel, ein neues Konzept auf Basis der bisherigen Arbeit zu entwickeln, welches unabhängig des verwendeten Skistockes vom Kunden selbst montiert werden kann und dabei die Funktionalität des ursprünglichen Konzeptes (Konzept 2) beibehält oder verbessert.

Abbildung 6.9 zeigt das Ergebnis der Entwicklung.

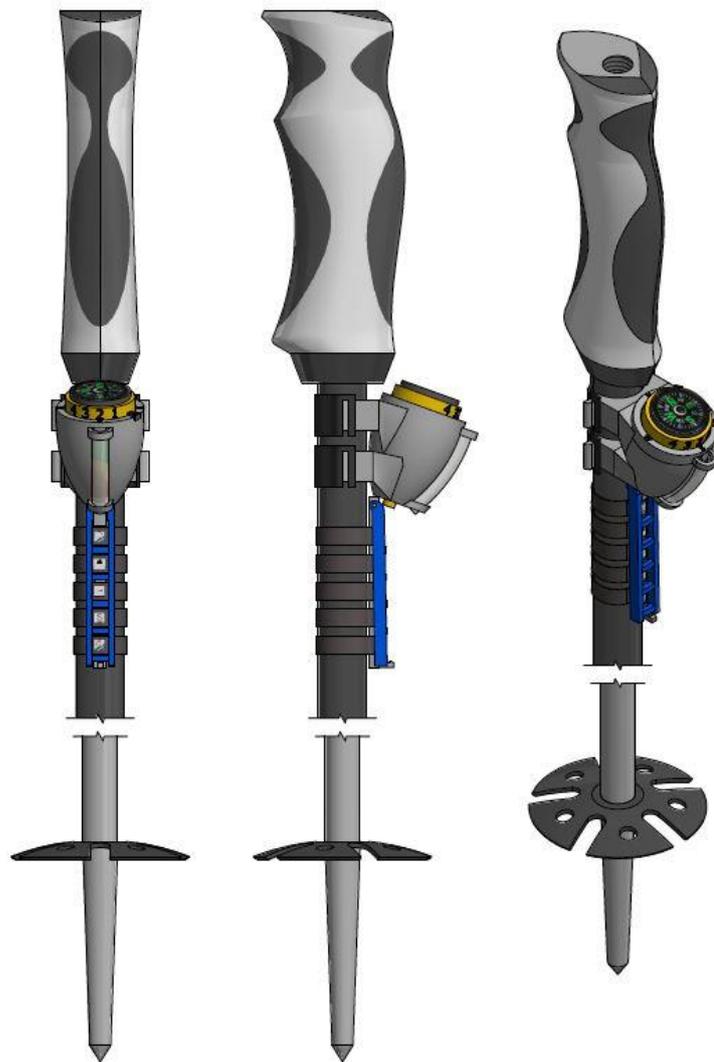


Abbildung 6.9: Überblick über Konzept 3

Das Produkt wird nun seitlich am Schaft des Stockes mittels zweier Gummizüge montiert. Die prinzipielle Funktion ändert sich nur gering. Nach wie vor kommt eine Wasserwaage zum Einsatz, die jetzt aber nur mehr aus einer schmalen Libelle (Röhre) besteht. Die Bewertungsskala wird hinter der Libelle auf einem tonnenförmigen Drehkörper (im Folgenden „Tonne“ genannt) aufgetragen und ist durch die Libelle sichtbar. Durch das Drehen der Tonne lässt sich die Gefahrenstufe einstellen, denn ein Gehäuse erlaubt die Sicht lediglich durch die schmale Libelle. Diese fungiert also

als Sichtfenster. In Abbildung 6.10 sind die Komponenten beschrieben und die beschriebene Funktion wird deutlicher.

Abbildung 6.11 zeigt eine Einzelansicht der Tonne mit aufgedruckter Farbskala. Der genaue Mechanismus, der die Drehung des Bauteils erlaubt, wurde nicht konkret ausgearbeitet. Auch die Art und Weise wie die Trennung von günstiger und ungünstiger Skalenhälfte erfolgen soll, wurde nicht festgelegt. Es wurden Ideen besprochen, die entweder eine Überlagerung der Bereiche, evtl. mit strichlierter Linie, oder wie bei Konzept 2 eine Anordnung der Bereiche auf der gegenüberliegenden Seite der Tonne vorsahen.

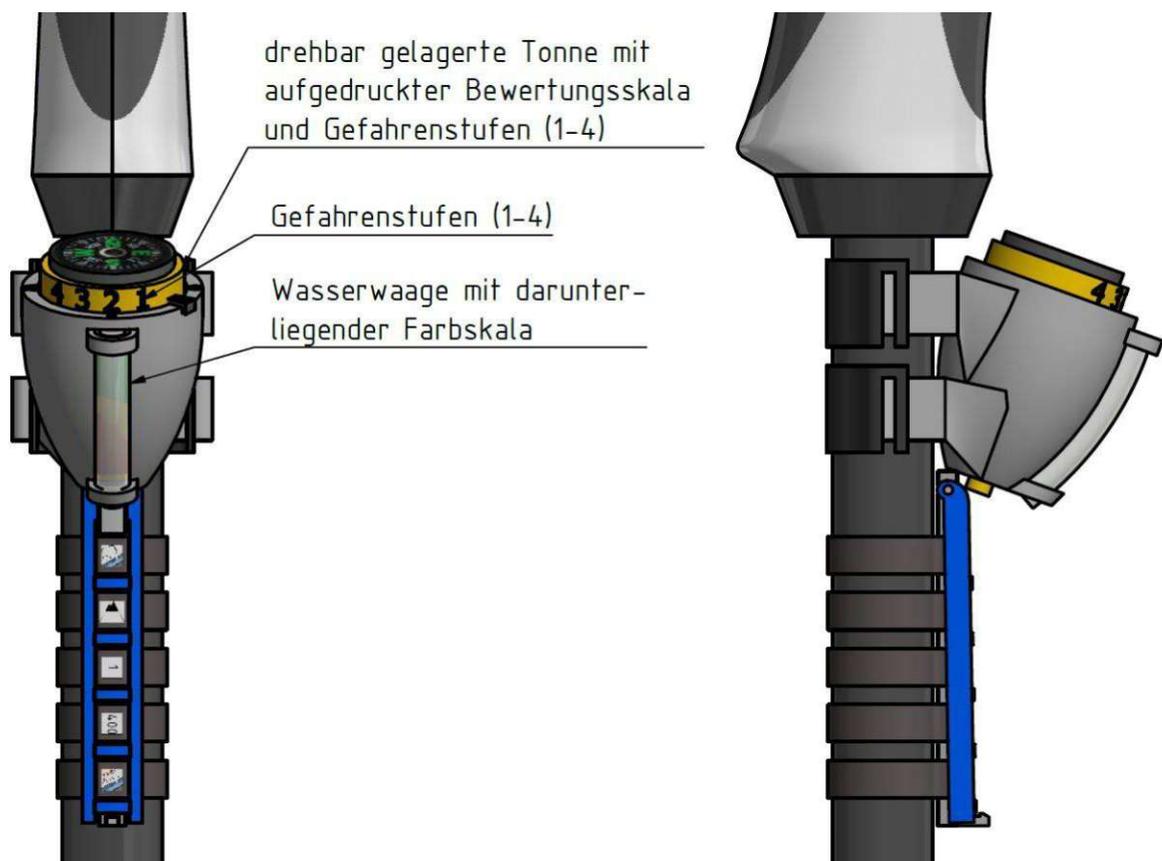


Abbildung 6.10: Einstellung der Lawinenwarnstufe und Steigungsmessung bei Konzept 3

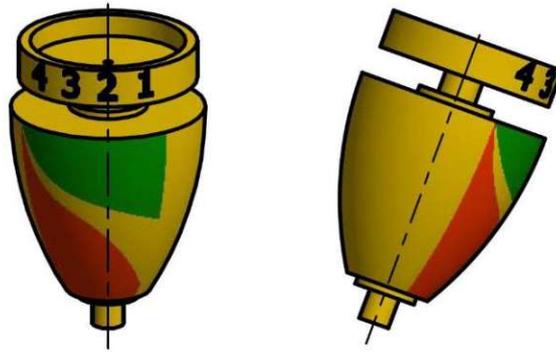


Abbildung 6.11: Detailansicht der Tonne mit aufgedruckter Farbskala

Der Kompass soll wiederum die Identifikation gefährlicher Hanglagen unterstützen. Anders als in den bisherigen Konzepten wird dabei kein Automatismus verwendet, der pauschal alle Nordhänge als ungünstig einstuft. Vielmehr kann über zwei Schlitten, welche auf einer Führung rings um den Kompass gleiten, die gefährlichen Hangrichtungen bzw. Expositionen laut Lawinenlagebericht eingestellt werden, wodurch ein zuverlässigeres Bewertungsergebnis erhalten wird. Abbildung 6.12 zeigt ein Beispiel der Einstellung im Falle der kritischen Exposition NO-O-SO.

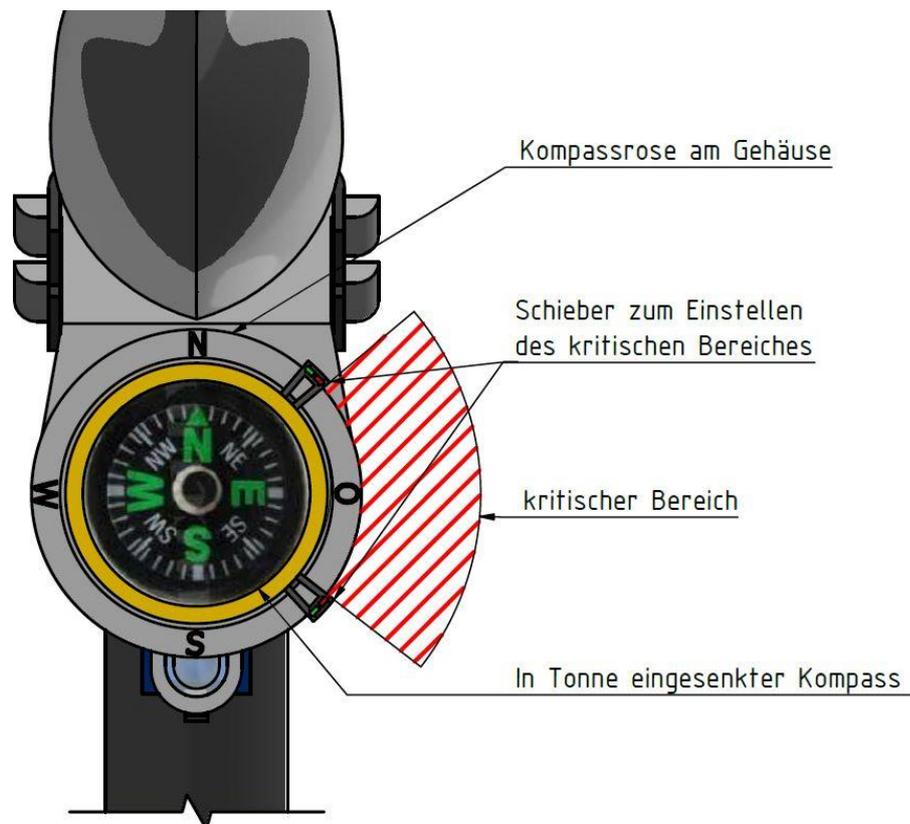
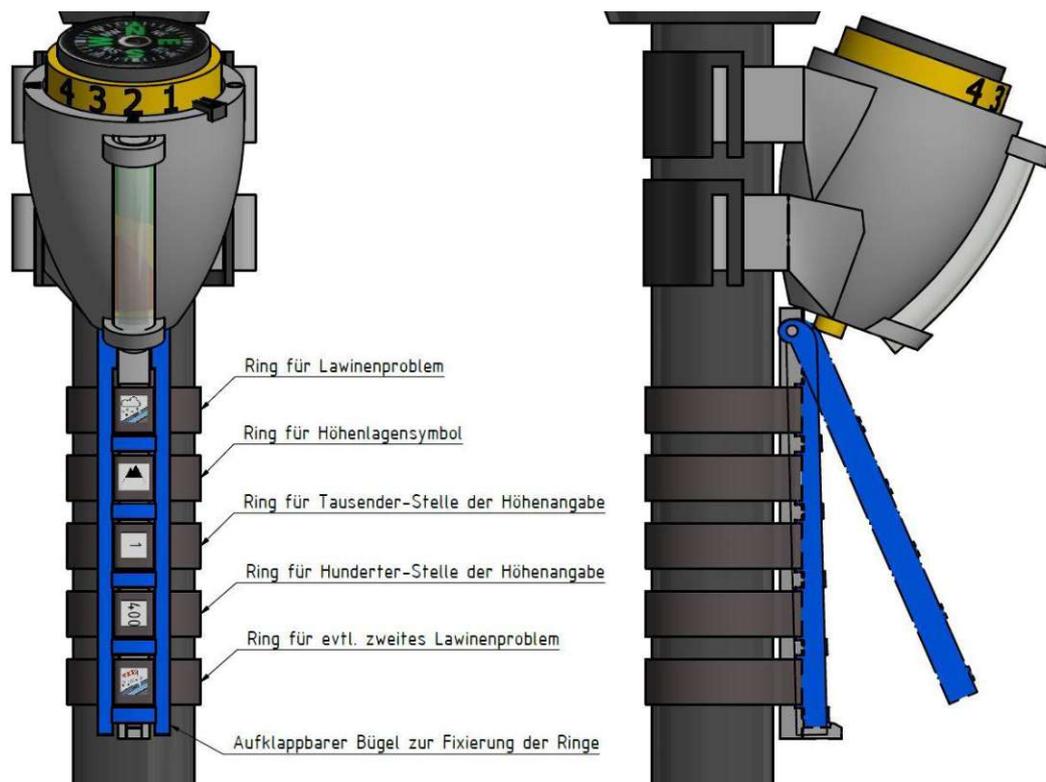


Abbildung 6.12: Einstellung der gefährlichen Expositionen bei Konzept 3

Das Konzept beinhaltet außerdem einen Lösungsvorschlag, wie auch die Parameter „Lawinenprobleme“ und „Höhenlage“ in der Bewertung berücksichtigt werden können. Es handelt sich dabei um eine Art Merkhilfe, die es erlaubt die Informationen des LLB

auch während der Tour und ohne Smartphone verfügbar zu halten. Die Einstellung erfolgt über einzelne Drehringe, auf welchen die Symbole und Zahlen der jeweiligen Parameter aufgedruckt sind. Abbildung 6.13 zeigt das Konzept.

Die Drehringe werden aus einem biegsamen Material hergestellt, sodass sie durch einen Bügel (im Bild blau dargestellt) abgeklemmt und fixiert werden können. Wird der Bügel hochgeklappt, können die Ringe gedreht und somit die Einstellung der Werte vorgenommen werden. Die genaue Erklärung ist in [2] nachzulesen.



**Abbildung 6.13: Einstellung der zusätzlichen Parameter bei Konzept 3**

Für das in der Projektarbeit entwickelte Konzept 3 wurde kein Prototyp erstellt. Dennoch konnte einiges an Feedback eingeholt werden, welches in Abbildung 6.14 zusammengefasst ist.

<p>Wie wird günstige und ungünstige Hanglage unterschiedet?</p> <p>Wie sollen die zusätzlichen Parameter in die Bewertung einfließen?</p> <p>Wie sollen die Ringe durch den Schaft gefädelt und gespannt werden? <b>?</b></p>	<p>Universelle Montage</p> <p>Zuverlässigeres Ergebnis Dank besserer Berücksichtigung der Exposition</p> <p><b>+</b> Optik</p>
<p>Eine Einstellung mehr als bei den anderen Konzepten nötig (Exposition) <b>-</b></p> <p>Die Einstellringe am Schaft liegen frei und sind deshalb möglicherweise störanfällig → reduzierte Lebensdauer</p> <p>Einstellung der zusätzlichen Parameter Etwas umständlich</p>	<p><b>!</b> Gradanzeige der Hangneigung am Gehäuse auftragen</p> <p>Der Stock muss bei der Bewertung „kopf-über“ umgedreht werden</p> <p>Das Sichtfenster/die Libelle breit genug ausführen, damit Ablesen leicht fällt</p>

Abbildung 6.14: Feedback für Konzept 3

## 6.4 „Quality Function Deployment“ (QFD)

In diesem Kapitel sollen anhand der Anforderungsliste und den bisherigen NutzerInnengesprächen die Kundenanforderungen aufgelistet werden und entsprechend ihrer Bedeutung mit einer Gewichtung versehen werden. Anschließend sollen aus den Anforderungen konkrete technische Design-Parameter abgewandelt und eine QFD durchgeführt werden. Die relevantesten Parameter sollen identifiziert und die sich daraus ergebenden Erkenntnisse und Folgerungen für die gegenständliche Produktentwicklung festgehalten werden. Auf ein „Benchmarking“ wird verzichtet, da es kein vergleichbares Produkt am Markt gibt.

In folgender Tabelle 9 sind die erkannten Kundenanforderungen aufgelistet und anhand eines paarweisen Vergleichs gemäß Tabelle 2 wird ihre Gewichtung ermittelt.

als wichtiger											Summe	Anteil in %
	einfach und robust	einfache Bedienung	genaue Aussage	gute Ablesbarkeit	kostengünstig	leicht und kompakt	rasche Bedienung	rasche Messung	wetterfest	zuverlässige Aussage		
einfach und robust	-	1	2	1	1	2	1	2	1	1	12	13%
einfache Bedienung	1	-	1	1	2	2	1	2	0	0	10	11%
genaue Aussage	0	1	-	0	2	2	1	1	1	1	9	10%
gute Ablesbarkeit	1	1	2	-	2	2	1	1	0	0	10	11%
kostengünstig	1	0	0	0	-	1	0	0	0	0	2	2%
leicht und kompakt	0	0	0	0	1	-	0	0	0	0	1	1%
rasche Bedienung	1	1	1	1	2	2	-	1	0	0	9	10%
rasche Messung	0	0	1	1	2	2	1	-	1	0	8	9%
wetterfest	1	2	1	2	2	2	2	1	-	1	14	16%
zuverlässige Aussage	1	2	1	2	2	2	2	2	1	-	15	17%
											90	100%

Tabelle 9: Gewichtete Kundenanforderungen

Aus Tabelle 9 ist zu erkennen, dass bei der Entwicklung des Produkts besonders auf ein zuverlässiges Ergebnis der Bewertung und eine robuste, einfache sowie wetterfeste Bauweise der Vorrichtung geachtet werden sollte. Es zeigt sich auch, dass die Genauigkeit des Ergebnisses eine deutlich geringere Rolle spielt als die Zuverlässigkeit (richtiges, fundiertes und wiederholgenaues Ergebnis). Außerdem sollte die Bedienung rasch und einfach vonstattengehen. Die Forderung nach einer leichten, kompakten und kostengünstigen Lösung hingegen stellt sich als zweitrangig für die Entwicklung dar. Der Faktor Kosten wurde bewusst in den Hintergrund gedrängt, um möglichst keine innovativen Lösungen vorzeitig auszuschließen.

Im nächsten Schritt werden den Kundenanforderungen technische Design-Parameter zugewiesen. Um die Identifikation der Parameter zu unterstützen und eine möglichst vollständige Liste zu erhalten, wird bei einigen Anforderungen ein Ursache-Wirkungs-Diagramm laut Abbildung 3.12 angewendet. Abbildung 6.15 zeigt das Diagramm für die Anforderung „einfache Bedienung“. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird bei der Analyse der übrigen Kundenanforderungen auf eine grafische Darstellung verzichtet und stattdessen eine Auflistung in tabellarischer Form durchgeführt. Die Ergebnisse sind Tabelle 10 zu entnehmen.

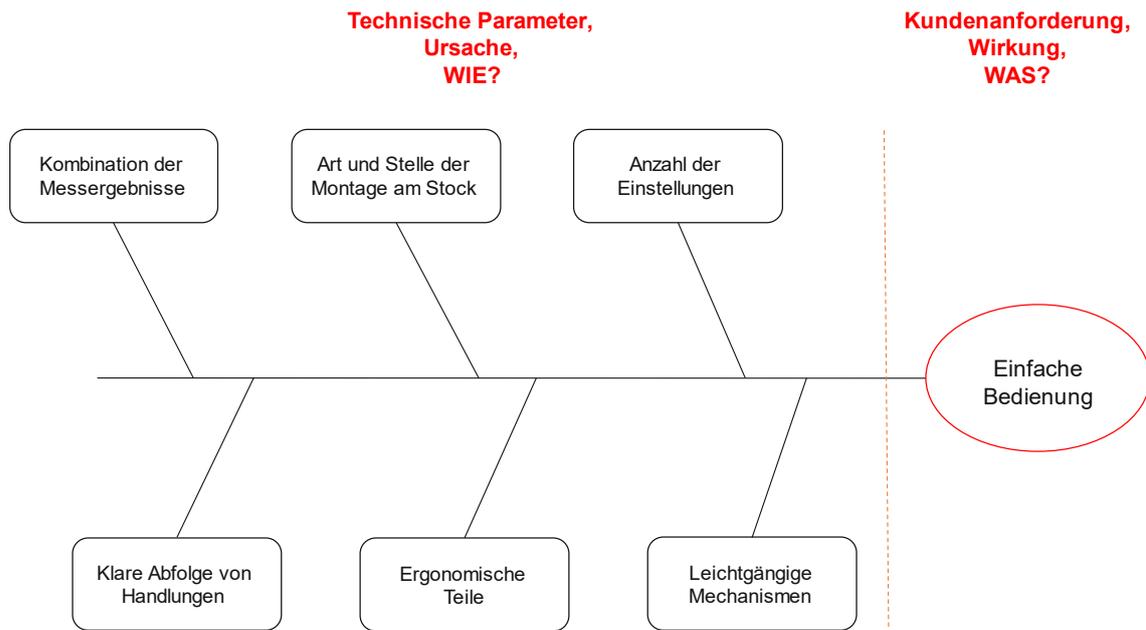


Abbildung 6.15: Ursache-Wirkung-Diagramm zur Analyse der Anforderung "einfache Bedienung"

Kundenanforderung	Technische Parameter
einfach und robust	Material
	Anzahl der Teile
	Anzahl der beweglichen Teile <sup>5</sup>
	Anzahl der Einstellungen <sup>6</sup>
	Art der Anzeige <sup>7</sup>
	Fertigung
	stoßfest
	lange Lebensdauer
einfache Bedienung	Art der Messtechnik <sup>8</sup>
	Montage der Vorrichtung am Stock
	Anzahl der Einstellungen
	Kombination der Messergebnisse/Parameter <sup>9</sup>
	klare Abfolge von Handlungen
	ergonomische Gestaltung der Teile <sup>10</sup>
leichtgängige Mechanismen	

<sup>5</sup> Eine größere Anzahl von Bauteilen im Allgemeinen und bewegliche Teile im Speziellen erhöhen in der Regel das Versagens-Risiko einer Vorrichtung (Verbindungsstellen, Verschleiß, ...).

<sup>6</sup> Wie viele Einstellungen müssen vorgenommen werden? Gibt es die Möglichkeit der Voreinstellung (Rüstung) der Parameter (Messbereiche festlegen, Kalibrierung, ...)? Voreinstellungen beschleunigen die Messung vor Ort.

<sup>7</sup> Auch bei der Realisierung der Anzeigen gibt es verschiedene nicht-elektronische Lösungen, welche unterschiedlich aufwändig gestaltet sein können. Beispiel: Anzeigenadel, Farbskala, Strichskala;

<sup>8</sup> Die Verwendung von elektronischen Bauteilen wird in der Anforderungsliste in Form einer Festforderung ausgeschlossen. Dennoch gibt es unterschiedliche Wirkprinzipien, wie die einzelnen Messeinheiten ausgeführt werden können.

<sup>9</sup> Wie werden die einzelnen Parameter verknüpft? Gehen dabei Informationen verloren?

<sup>10</sup> Bedienung soll auch mit Handschuhen möglich sein (siehe Anforderungsliste).

genaue Aussage	exakte Messergebnisse
	Kombination Messergebnisse/Parameter
	hohe Wiederholgenauigkeit
	zugrundeliegende Bewertungsmethode <sup>11</sup>
gute Ablesbarkeit	Art der Anzeigen
	Qualität der Anzeigen (Kontrast, Größe)
kostengünstig	Material
	Anzahl der Teile
	Fertigung
	Art der Messtechnik
	Art der Anzeige
leicht und kompakt	Gesamtabmaße
	Design
	Material
rasche Bedienung	geringes Gewicht
	Anzahl der Einstellungen
	Anzahl der notwendigen Messungen
rasche Messung	Dauer der einzelnen Messungen
	Anzahl der Messgrößen <sup>12</sup>
	Kombination der Messergebnisse/Parameter
wetterfest	Material
	Art der Anzeige
	wasserdicht
	temperaturbeständig
	strahlungsbeständig <sup>13</sup>
zuverlässige Aussage	Schnee-dicht <sup>14</sup>
	hohe Wiederholgenauigkeit
	Anzahl der Messgrößen
	zugrundeliegende Bewertungsmethode

**Tabelle 10: Kundenanforderungen und zugehörige technische Parameter**

Die vorliegenden technischen Parameter können jetzt anhand ihrer Wichtigkeit bei der Erfüllung der einzelnen Kundenanforderungen bewertet werden. Dabei fließt auch die in Tabelle 9 ermittelte Bedeutung der jeweiligen Anforderung in das Ergebnis ein.

Tabelle 11 zeigt die Bewertung der Parameter. Mehrfachnennungen aus Tabelle 10 wurden dabei zusammengefasst.

<sup>11</sup> Welche Reduktionsmethode wird verwendet? SnowCard, Stop or Go, GRM, ...?

<sup>12</sup> Je mehr Parameter in die Bewertung einfließen, desto zuverlässiger und genauer wird im Allgemeinen das Ergebnis sein. Vorausgesetzt ist aber eine fundierte Methode, welche die Parameter korrekt verknüpft. Eine größere Anzahl von Messgrößen verschlechtert hingegen die Einfachheit und Schnelligkeit der Bewertung (mehr dazu am Ende des Kapitels).

<sup>13</sup> Bei der Verwendung der Vorrichtung in höheren Lagen und durch die Reflexionen der Schneedecke ist eine große Strahlungsbelastung gegeben. Besonders bei der Auswahl des Materials und der Realisierung der Anzeigen (Ausbleichen) sollte darauf geachtet werden.

<sup>14</sup> Sollten auch während der Tour Einstellungen vorgenommen werden müssen, dürfen die Mechanismen durch eintretenden Schnee nicht versagen (z.B. Führungen verstopfen).

Parameter	Kundenanforderungen																											
	Gewichtung	Anzahl der beweglichen Teile	Anzahl der Einstellungen	Anzahl der Messgrößen	Anzahl der Teile	Art der Anzeige	Art der Messtechnik	Dauer der einzelnen Messungen	Design	ergonomische Gestaltung der Teile	exakte Messergebnisse	Fertigung	geringes Gewicht	Gesamtabmaße	hohe Wiederholgenauigkeit	Klare Abfolge von Handlungen	Kombination Messergebnisse/Parameter	lange Lebensdauer	leichtgängige Mechanismen	Material	Montage der Vorrichtung am Stock	Qualität der Anzeigen (Kontrast, Größe)	Schnee-dicht	stoßfest	strahlungsbeständig	temperaturbeständig	wasserdicht	Zugrundeliegende Bewertungsmethode
einfach und robust	12	9	9	9	9	9	9	0	9	3	3	3	3	3	3	3	3	9	9	3	3	3	9	9	3	9	9	9
einfache Bedienung	10	9	9	9	1	9	9	1	9	9	1	0	0	9	1	9	9	3	9	1	9	9	9	0	1	3	1	3
genaue Aussage	9	1	1	9	0	3	9	1	1	1	9	1	0	0	9	3	3	3	1	1	3	3	3	3	3	9	1	9
gute Ablesbarkeit	10	3	9	3	1	9	3	1	3	9	1	1	0	9	1	3	3	1	3	3	3	9	9	0	3	3	1	3
kostengünstig	2	3	3	3	9	9	9	0	3	3	9	9	3	3	1	0	3	3	3	9	3	3	3	1	3	3	3	1
leicht und kompakt	1	1	3	9	1	3	3	0	9	3	9	1	9	9	1	0	3	3	3	9	3	1	3	3	1	1	1	3
rasche Bedienung	9	3	9	9	1	3	9	3	3	9	1	0	0	1	1	3	9	1	3	1	3	3	3	0	1	3	1	3
rasche Messung	8	0	3	9	0	1	9	9	1	3	1	0	0	0	1	3	9	1	3	0	1	3	3	0	1	3	1	9
wetterfest	14	3	3	1	1	3	3	0	3	0	1	1	0	0	1	0	1	9	3	9	1	1	9	1	9	9	9	1
zuverlässige Aussage	15	1	3	9	0	3	9	1	1	1	9	1	0	0	9	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	9	3	9
Summe:	7099	328	498	626	170	458	660	143	344	354	330	103	51	240	306	279	404	372	384	262	286	360	546	199	298	568	332	502
Anteil:	100%	5%	7%	9%	2%	6%	9%	2%	5%	5%	5%	1%	1%	3%	4%	4%	6%	5%	5%	4%	4%	5%	8%	3%	4%	8%	5%	7%

Tabelle 11: Bewertung der technischen Design Parameter

Wie bereits in Abschnitt 3.3.3 erklärt, ergibt sich die Bewertung der Parameter durch ihre Bedeutung für die einzelnen Kundenanforderungen. Die Bedeutung wird mit den Werten null, eins, drei und neun beziffert, wobei höhere Werte eine größere Bedeutung widerspiegeln. Auf die Erfüllung der Anforderung „einfach und robust“ beispielsweise hat der Parameter „Anzahl der Teile“ großen Einfluss (mit neun bewertet), wohingegen die „Dauer der einzelnen Messungen“ gar keinen Einfluss darauf hat (mit null bewertet). Die Summe der Bedeutungen eines Parameters für jede Anforderung gibt die Wichtigkeit des technischen Parameters in Bezug auf das ganze Produkt wieder.

Die letzte Zeile der Tabelle 11 zeigt das Ergebnis der Analyse. Die höchsten und somit wichtigsten Werte wurden farbig markiert. An der Spitze liegen folgende Merkmale:

- Art der Messtechnik,
- Anzahl der Messgrößen.

Diese beiden Faktoren bestimmen im Grunde die Haupt-Funktionalität des zukünftigen Produktes, denn sie sagen aus was, wie und wieviel gemessen wird. Dementsprechend beeinflussen sie fast alle der in Tabelle 11 aufgelisteten Anforderungen.

Ausschlaggebend für den Erfolg des Produktes wird auch seine Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Bedingungen, wie dem Wetter, sein. Dies zeigen die hohen Werte der Eigenschaften

- Temperaturbeständigkeit und
- Schnee-dichtigkeit.

Eine Temperaturbeständigkeit von  $-25^{\circ}\text{C}$  bis  $+30^{\circ}\text{C}$  wird auch in der Anforderungsliste gefordert und stellt somit ein K.O.-Kriterium bei der späteren Lösungsbewertung dar. Grund für die Wichtigkeit dieser Eigenschaften ist, dass ein Vereisen der Messinstrumente oder ein Blockieren der Mechanismen durch eingetretenen Schnee einen Ausfall der Hauptfunktionalitäten zur Folge hätte.

Weitere kritische Merkmale für das zukünftige Produkt sind die

- zugrundeliegende Bewertungsmethode und die
- Anzahl der erforderlichen Einstellungen.

Das verwendete Bewertungsmodell stellt die Grundlage des gesamten Konzepts dar und nimmt entscheidenden Einfluss auf die zentralen Kundenanforderungen über ein zuverlässiges und genaues Ergebnis. Kann man dem Ergebnis der Bewertung nicht vertrauen, ist das Produkt unnütz und birgt keinen Mehrwert für die NutzerInnen. Die Anzahl der Einstellungen hingegen ist ein wesentlicher Faktor für die Benutzungsfreundlichkeit und die Robustheit der Vorrichtung. Sie beeinflusst einerseits den Aufwand beim Rüsten und andererseits auch die benötigte Zeit für eine

Messung. Einstellungen, welche man bereits im Vorfeld, also beispielsweise am Parkplatz vor dem Start einer Tour, tätigen kann, können den Einsatz im Gelände deutlich beschleunigen und vereinfachen und sind deshalb bei der Entwicklung anzustreben. Die Menge an Einstellungen hängt auch mit der Anzahl der zu messenden Parameter zusammen und nimmt somit indirekt Einfluss auf die Qualität des Ergebnisses. Es ist in der Entwicklung also ein Mittelmaß zwischen vielen Messgrößen und damit fundiertem Ergebnis und gleichzeitig möglichst wenigen Einstellungen zu finden, um eine simple und schnelle Benutzung sicherzustellen.

Ein Kriterium, das diesen Kompromiss prägt, ist die Fähigkeit des Tools, die einzelnen Messergebnisse geschickt zu einem Gesamtergebnis zu verknüpfen. Im Idealfall sollte dies in automatisierter Weise geschehen und den Benutzenden die Möglichkeit erlauben, eigene Eindrücke mit einzubinden.

Interessanterweise wird die Exaktheit der Messergebnisse nur mäßig stark bewertet (5%). Grund dafür ist, dass auch bei den bewährten Reduktionsmethoden regionale Faktoren, wie die Lawinenwarnstufe, mit lokalen Parametern, wie Steigung oder Exposition, kombiniert werden. Es lässt sich somit nur mit einer begrenzten Sicherheit eine Aussage für einen lokalen Einzelhang angeben. Eine auf die Grad-Minute genaue Neigungsmessung liefert also nur bedingt ein besseres Gesamtergebnis. Zu beachten ist außerdem, dass abhängig von der jeweiligen Gefahrenstufe ein unterschiedlich großer Geltungsbereich (z.B. bei Lawinenwarnstufe 3 der ganze Hang) bei der Steigungsmessung zu berücksichtigen ist und somit ohnehin Abschätzungen für unter Umständen weiter entfernte Stellen zu treffen sind. In der praktischen Lawinenprävention wird deshalb häufig mit Faustregeln gearbeitet, welche das Risiko in gewisse Bereiche zusammenfassen. Für die genaue Erklärung der Reduktionsmethoden sei auf [1] verwiesen.

Letztlich wird in Tabelle 11 auch die Art und Qualität der Anzeige mit einem hohen Wert benotet. Diese Faktoren sind entscheidend für die wichtige Anforderung nach einer guten Ablesbarkeit des Ergebnisses. Die äußeren Umwelteinflüsse im Gelände können die Sicht stark einschränken und daher ist es umso wichtiger, eine ausreichend große, kontrastreiche Anzeige vorzusehen.

## 6.5 Denken in Funktionen

In diesem Abschnitt soll eine Funktionsanalyse durchgeführt werden. Dabei wird das Produkt in seine einzelnen Funktionalitäten aufgeschlüsselt, um diese dann in abstrakter Form zu einer vollständigen Funktionsstruktur zu verknüpfen. Diese strukturierte Abstraktion des Problems stellt in weiterer Folge die Basis für eine unvoreingenommene Lösungsfindung dar.

Begonnen wird mit der in Abbildung 6.16 gezeigten Darstellung der Gesamtfunktion zusammen mit den ein- und austretenden Hauptflüssen in einer „Black-Box“-weise. Die Gesamtfunktion wird als „Black-Box“ dargestellt, weil noch nicht bekannt ist, wie die Eingangsgrößen zu den gewünschten Ausgangsgrößen transformiert werden. Nur die Bezeichnung der Gesamtfunktion wird angegeben: „Lawinenrisiko bewerten“. Durch die Forderungen nach einer analogen Arbeitsweise sowie einer robusten und einfachen Bauweise ergibt sich eine überschaubare Anzahl an Hauptflüssen. Stoffflüsse treten keine auf und bei den Energieflüssen können lediglich die eintretende mechanische Energie für die benötigten Einstellungen am Gerät sowie die magnetischen Kräfte, welche für die Bestimmung der Expositionen nötig sind, angegeben werden. Die eingehenden Signale werden durch die Informationen aus dem Lawinenlagebericht (LLB) sowie den Geländeparametern repräsentiert, welche in der Vorrichtung verarbeitet werden und als Gesamtergebnis das System verlassen.

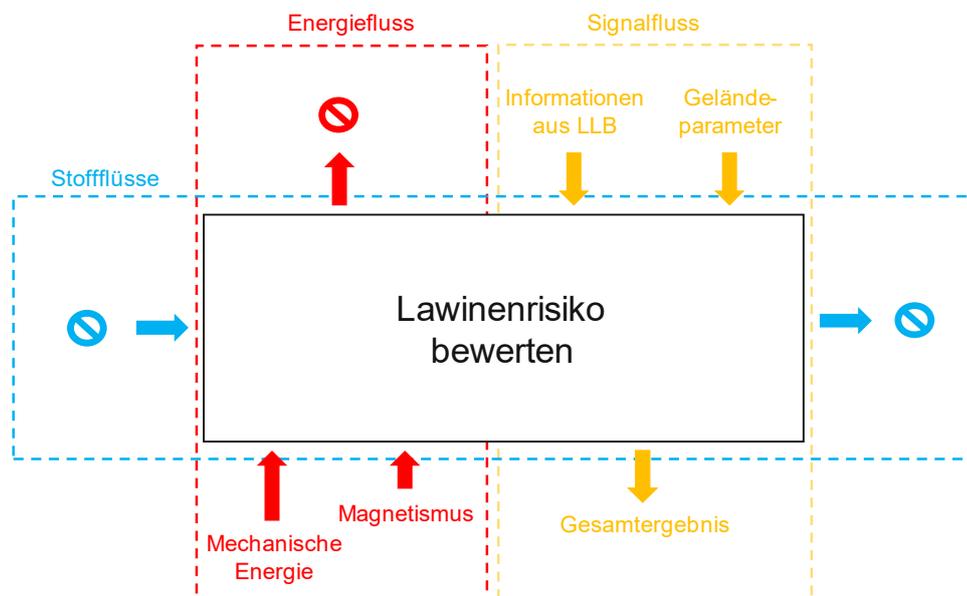


Abbildung 6.16: Gesamtfunktion

Anhand der bisherigen Problemanalyse und der bereits entworfenen Konzepte wird das zukünftige Produkt in seine Funktionen aufgebrochen. Tabelle 12 listet die erkannten Funktionen in der ersten Spalte auf und ordnet ihnen in der benachbarten Spalte eine lösungsneutrale Formulierung zu.

<b>Erkannte Funktion</b>	<b>Lösungsneutrale Formulierung</b>
Vorrichtung am Stock montieren	Vorrichtung mit Stock verbinden
Die aktuelle Lawinenwarnstufe einstellen	Lawinenwarnstufe einstellen
Kritische Expositionen aus LLB einstellen	Kritische Expositionen markieren
Das aktuelle Haupt-Lawinenproblem einstellen	Kritisches Lawinenproblem einstellen
Höhenlagen, wo das Problem auftritt, einstellen	Kritische Höhenlagen einstellen
Hangrichtung (Exposition) bestimmen	Exposition bestimmen
Neigung des Hanges bestimmen	Steigung messen
Geltungsbereich laut Gefahrenstufe berücksichtigen	Geltungsbereich berücksichtigen
Messergebnisse verknüpfen	Messergebnisse verknüpfen
Gesamtergebnis ausgeben	Gesamtergebnis ausgeben
Ergebnis durch Bauchgefühl und Beobachtungen anpassen	Subjektive Einschätzungen zulassen

**Tabelle 12: Funktionen erkennen und lösungsneutral formulieren**

Im nächsten Schritt, siehe Tabelle 13, werden die gefundenen Funktionen in Haupt-, Teil-, Neben- und Zusatzfunktionen (HF, TF, NF, ZF) gegliedert.

<b>Funktion</b>	<b>HF</b>	<b>TF</b>	<b>NF</b>	<b>ZF</b>
Vorrichtung mit Stock verbinden	x			
Lawinenwarnstufe einstellen			x	
Kritische Expositionen markieren			x	
Kritisches Lawinenproblem einstellen				x
Kritische Höhenlagen einstellen				x
Exposition bestimmen		x		
Steigung messen		x		
Geltungsbereich berücksichtigen				x
Messergebnisse verknüpfen		x		
Gesamtergebnis ausgeben	x			
Subjektive Einschätzung zulassen			x	

**Tabelle 13: Klassifizierung der Funktionen**

Die Funktionen „Kritisches Lawinenproblem einstellen“, „Kritische Höhenlage einstellen“ und „Geltungsbereiche berücksichtigen“ werden als Zusatzfunktion klassifiziert, da sie nicht als konkrete Messwerte in das Ergebnis einfließen, sondern lediglich dabei helfen sollen, subjektive Eindrücke und Einschätzungen in die

Ergebnisse einzubinden. Sie sind deshalb nicht zwingend für den Erhalt der Gesamtfunktion notwendig, aber dennoch wünschenswert.

Abbildung 6.17 zeigt schließlich die Funktionsstruktur des zukünftigen Produkts mit all seinen Funktionalitäten.

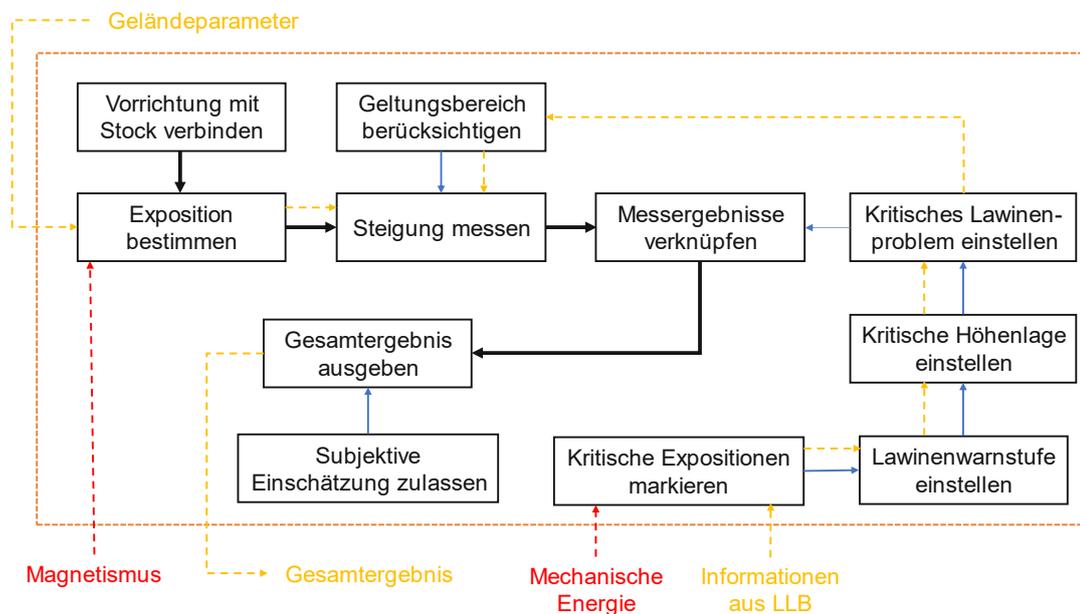
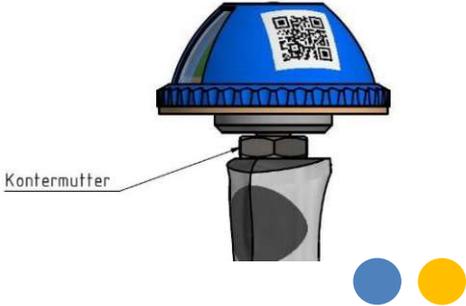
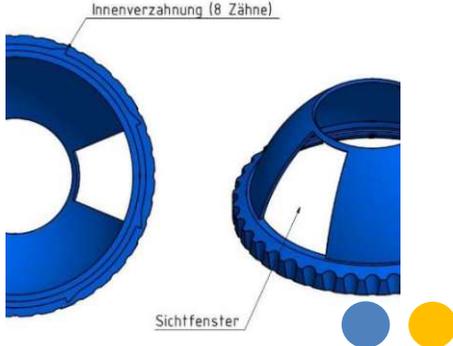
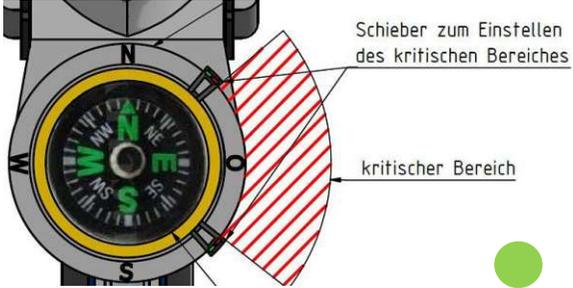
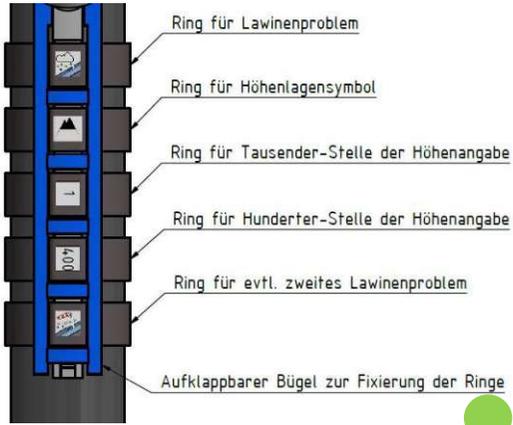


Abbildung 6.17: Funktionsstruktur des zukünftigen Produkts

## 6.6 Bisherige Lösungsvarianten – Morphologischer Kasten

Mithilfe der im vorigen Abschnitt identifizierten Funktionen des zukünftigen Produktes kann ein Lösungskatalog in Form eines morphologischen Kastens erstellt werden. Dabei werden die in Abschnitt 6.3 vorgestellten Konzepte eins bis drei in ihre Teillösungen zerlegt und den einzelnen Funktionen zugeordnet. Die Teillösungen werden anschließend mit farbigen Punkten markiert und damit den Varianten (Konzepten) eins (gelb), zwei (blau) und drei (grün) zugeordnet. Tabelle 14 bildet den morphologischen Kasten ab.

Funktionen	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3
Vorrichtung mit Stock verbinden	Schraubverbindung an Griff-Oberseite 	Seitlich am Schaft mittels Gummi-Zügen 	Seitliche Befestigung mittels Kabelbinder
Lawinwarnstufe (LWS) einstellen	Drehmechanismus dreht Sichtfenster auf jeweilige LWS 	Drehmechanismus dreht LWS-Bereich zum Sichtfenster (Fenster bleibt ortsfest) 	
Kritische Expositionen markieren	Es wird immer die Nordhälfte NWN-N-OSO als ungünstig angenommen und permanent (rot)	Zwei Schlitten gleiten auf einer Führung um den Kompass und markieren den	

	<p>gekennzeichnet. Es ist keine Einstellung nötig bzw. möglich</p> <p style="text-align: right;">● ● ●</p>	<p>kritischen Bereich</p> 	
<p>Kritisches Lawinenproblem einstellen</p>	<p>Die Einstellung wird nicht vorgenommen.</p> <p style="text-align: right;">● ● ●</p>	<p>Ein offener, flexibler Drehring mit den aufgedruckten Symbolen wird an den Schaft geklickt oder eingefädelt. Ein Drehmechanismus ermöglicht die Einstellung.</p> 	<p>Die Informationen des LLB sind über einen QR-Code mit dem Smartphone abrufbar.</p> <p style="text-align: right;">● ● ●</p>
<p>Kritische Höhenlagen einstellen</p>	<p>Die Einstellung wird nicht vorgenommen.</p>	<p>Analog zur Einstellung des Lawinenproblems (Lösung 2).</p>	<p>Die Informationen des LLB sind über einen QR-Code</p>

			mit dem Smartphone abrufbar.
Exposition bestimmen	Kugelkompass	Normaler, flacher Kompass	
Steigung messen	Kugelkompass	Gekrümmte Wasserwaage	
Geltungsbereich berücksichtigen	Wird nicht berücksichtigt		
Messergebnisse verknüpfen	Ergebnisskala der DAV SnowCard wird durch die LWS und Hangrichtung zugeschnitten. Fallunterscheidung zwischen Nord- und Südhängen. Kompasspfeil zeigt den zu beachtenden Skalenbereich an. Abschließende Neigungsmessung liefert Gesamtergebnis	Ergebnisskala der grafischen Reduktionsmethode (GRM) verknüpft LWS mit Steigung. Bei ungünstigen Hängen wird ein zusätzlicher Verzicht von 5° Neigung empfohlen.	
Gesamtergebnis ausgeben	Farbige Ergebnisskala der DAV SnowCard: grün, orange, rot.	Grafische Reduktionsmethode (GRM)	

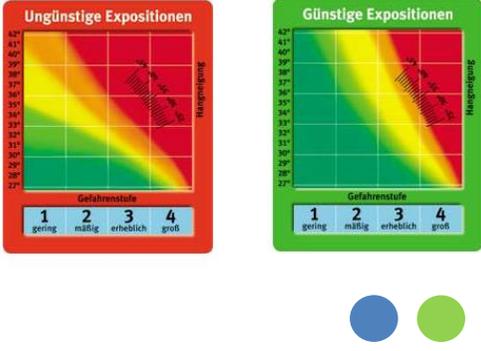
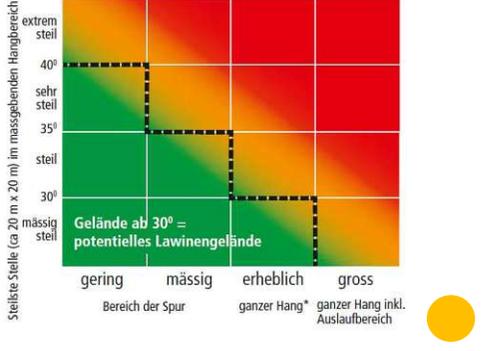
			
<p>Subjektive Einschätzung zulassen</p>	<p>Es kann im Zweifel auf die ungünstige, konservativere Skalenhälfte gewechselt werden. Außerdem kann situationsbedingt entschieden werden, ob man sich in den orangen oder roten Bereich der Skala traut, oder besser im grünen bleibt.</p>	<p>Es kann situationsbedingt entschieden werden, ob man sich in den orangen oder roten Bereich der Skala traut, oder besser im grünen bleibt.</p>	

Tabelle 14: Morphologischer Kasten mit den bisherigen Teillösungen

VARIANTE 2

VARIANTE 3

VARIANTE 1

## 6.7 Bewertung der bisherigen Konzepte

Um die Analyse der bisherigen Arbeit aus [1] und [2] abzuschließen, wird eine Bewertung der entwickelten Lösungsvarianten durchgeführt. Zunächst wird geprüft, ob die Festanforderungen aus der Anforderungsliste, Tabelle 8, eingehalten werden. Ein nicht-erfüllen dieser Kriterien hat einen Ausschluss der Variante zur Folge.

Festforderung	Variante 1 ([1])	Variante 2 ([1])	Variante 3 ([2])
Messen der Steigung	✓	✓	✓
Messen der Exposition	✓	✓	✓
Berücksichtigung Lawinenwarnstufe	✓	✓	✓
Mit Handschuh bedienbar	✓	✓	✓
Keine elektronischen Bauteile	✓	✓	✓
Temperaturbereich: -25°C bis +30°C	Wird im Serienprodukt berücksichtigt	Wird im Serienprodukt berücksichtigt	Wird im Serienprodukt berücksichtigt
Kompatibilität mit Alu- und Karbon-Schäften	Mit entsprechender Bearbeitung	Mit entsprechender Bearbeitung	✓
Schutzklasse: DIN EN 60529 IP54	Wird im Serienprodukt berücksichtigt	Wird im Serienprodukt berücksichtigt	Wird im Serienprodukt berücksichtigt

**Tabelle 15: Überprüfung der Einhaltung der Festforderungen**

Alle drei Lösungsvarianten erfüllen die K.O.-Kriterien der Anforderungsliste. Die Anforderungen bezüglich Temperatur- und Witterungsbeständigkeit können erst am Serienprodukt, bzw. am finalen Prototyp, mit Sicherheit bestätigt werden, jedoch lässt die prinzipielle Bauweise der Varianten eine optimistische Einschätzung zu. Kritisch wird vor allem das Finden von geeigneten Zuliefer-Komponenten (Kompass und Flüssigkeit der Wasserwaage), die den hohen Anforderungen der Produktentwicklung gerecht werden.

Im nächsten Schritt müssen geeignete Bewertungskriterien für eine Beurteilung der Lösungen gefunden werden. Ebenfalls gilt es eine Werteskala zu definieren, die als Richtlinie bei der Punktevergabe dient. In Tabelle 16 sind die ausgewählten Zielvorstellungen mit den entsprechenden Bewertungskriterien und deren Werteskala aufgelistet.

Zielvorstellung	Bewertungs-kriterium	Werte-bereich	Punkte				
			4	3	2	1	0
<b>Einfache &amp; rasche Bedienung</b>	Anzahl der notwendigen Einstellungen und Messungen	/	Max. 1 Voreinstellung, 1 Messung	1 Voreinstellung, 2 Messungen	2 Voreinstellungen, 2 Messungen	>2 Voreinstellungen, >2 Messungen	Voreinstellungen nicht oder nur teilweise möglich; mehrere Messungen notwendig
<b>Einfachheit &amp; Robustheit des Aufbaus</b>	Anzahl beweglicher Teile, Stabilität	/	Benutzung und Transport bedarf keiner Vorsicht. Nur durch große Krafteinwirkung Teile lösbar.	Benutzung bedarf keiner besonderen Vorsicht. Bei Transport gesondert aufbewahren oder schützen	Normale Benutzung unbedenklich. Sturz kann beschädigen. Gesonderter Transport	Behutsame Benutzung gefordert. Erschütterungen können Vorrichtung beschädigen. Gesonderter Transport	Teile brechen bei Einstellung ab oder gehen bei Sturz verloren
<b>Kostengünstig</b>	Verkaufspreis	10-50€	ca. 15€	ca. 25€	ca. 35€	ca. 45€	> 50€
<b>Montage-freundlichkeit</b>	Bearbeitung des Stockes notw.? Werkzeug erforderlich?	/	Kann von NutzerInnen selbst, rasch & ohne Werkzeug, an jeden Stock montiert und demontiert werden	Kann von NutzerInnen selbst, mit Werkzeug, an jeden Stock montiert und demontiert werden	Ohne Werkzeug lösbare Verbindung. Stock muss bearbeitet werden.	Mit Werkzeug lösbare Verbindung. Stock muss von Fachkraft bearbeitet werden.	Unlösbar mit Stock verbunden
<b>Präsentation des Ergebnisses</b>	Verständlichkeit und Sichtbarkeit des Ergebnisses	/	Auch bei eingeschränkter Sicht gut lesbar; eindeutige Handlungsempfehlung; jedoch durch subjektive Eindrücke anpassbar.	Gute Präsentation, aber nicht optimal	Befriedigende Präsentation	etwas besser als 0	Nur bei gutem Sehvermögen ablesbar; Ergebnis wird erst nach einiger Übung oder Schulung verständlich
<b>Sorgfalt der Bewertungsmethode</b>	Anzahl der berücksichtigten Einflussfaktoren	/	Steigung, LWS, Exposition laut LLB, Lawinenproblem oder mehr	Steigung, LWS, Exposition laut LLB	Steigung, LWS & Exposition (Nur Nord/Süd-Fallunterscheidung)	Steigung & LWS	Steigung

Tabelle 16: Werteskala für die Punktevergabe

Bei der Auswahl der Bewertungskriterien wird vor allem auf die erlangten Erkenntnisse durch die QFD zurückgegriffen. Es wird versucht, die wichtigsten Kundenanforderungen vollständig zu erfassen, um ein realistisches Bild über den Erfolg der Konzepte zu erlangen.

Da den Kriterien teils eine unterschiedliche Bedeutung zukommt, werden sie in Tabelle 17 mithilfe eines paarweisen Vergleichs gewichtet. Die Gewichtung entspricht dabei dem normierten Summenwert, also dem Quotienten aus jeweiligem Wert und maximal erreichtem Wert (in diesem Fall acht).

als wichtiger	Einfache & rasche Bedienung	Einfachheit & Robustheit des Aufbaus	Kostengünstig	Montage- freundlichkeit	Präsentation des Ergebnisses	Sorgfalt der Bewertungs- methode	Summe	Summe normiert (=Gewichtung)
<b>Einfache &amp; rasche Bedienung</b>	1	1	1	2	1	1	7	88%
<b>Einfachheit &amp; Robustheit des Aufbaus</b>	1	1	1	2	1	1	7	88%
<b>Kostengünstig</b>	1	1	1	1	1	0	5	63%
<b>Montage- freundlichkeit</b>	0	0	1	1	0	0	2	25%
<b>Präsentation des Ergebnisses</b>	1	1	1	2	1	1	7	88%
<b>Sorgfalt der Bewertungs- methode</b>	1	1	2	2	1	1	8	100%

**Tabelle 17: Gewichtung der Bewertungskriterien**

Aus Tabelle 17 ist ersichtlich, dass die Sorgfalt der Bewertungsmethode das wichtigste Kriterium der Punktebewertung darstellt. Daneben zeigen sich mit 88% auch die Art der Bedienung, des Aufbaus und der Präsentation des Ergebnisses als sehr bedeutsam. Als weniger relevant stellt sich hingegen die Montagefreundlichkeit heraus.

Mit den festgelegten Bewertungskriterien, der definierten Werteskala und den ermittelten Gewichtungen kann die finale Bewertung der Varianten durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind der Bewertungsmatrix, Tabelle 18, zu entnehmen. Die letzten beiden Zeilen beinhalten die Gesamtergebnisse in Form der ungewichteten und

gewichteten Punktesumme sowie der technischen Wertigkeit der Lösungen. Die Wertigkeit stellt einen Vergleich der Ergebnisse zu einem Idealwert an. Eine sehr gute Lösung sollte dabei einen Wert von über 80% der Ideallösung erreichen.

Bewertungs-kriterium	Gewichtung	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		Ungew.	Gew.	Ungew.	Gew.	Ungew.	Gew.
Einfache & rasche Bedienung	0,88	4	3,50	3	2,63	1	0,88
Einfachheit & Robustheit des Aufbaus	0,88	2	1,75	2	1,75	2	1,75
Kostengünstig	0,63	2	1,25	2	1,25	2	1,25
Montage-freundlichkeit	0,25	1	0,25	1	0,25	4	1,00
Präsentation des Ergebnisses	0,88	2	1,75	3	2,63	3	2,63
Sorgfalt der Bewertungs-methode	1,00	2	2,00	2	2,00	4	4,00
<b>Summe</b>	4,50	13,00	10,50	13,00	10,50	16,00	11,50
<b>Technische Wertigkeit</b>	/	54%	58%	54%	58%	67%	64%

Tabelle 18: Bewertungsmatrix

Der Blick auf die Ergebnisse von Tabelle 18 zeigt, dass Variante 3, das im Zuge der Projektarbeit entwickelte Konzept, mit einer Wertigkeit von 64% den besten Wert erzielt. Variante 1 und 2, die beiden Konzepte der Bachelorarbeit, liegen gleichauf mit einer Wertigkeit von 58%.

Das zweite Konzept der Bachelorarbeit konnte somit keinen erhofften Mehrwert zum ersten Konzept erzielen. Grund dafür ist, dass bei dessen Entwicklung versucht wurde, die Präsentation des Ergebnisses der Risikobewertung zu verbessern, was jedoch auf Kosten der einfachen Bedienung der Vorrichtung ging. NutzerInnen und ExpertInnen beklagten beim ersten Konzept (modifizierter Kugelkompass) die komplizierte und umständliche Darstellung der Bewertung durch den kleinen Markierungspunkt und den Kreis, der die ungünstigen Expositionen berücksichtigen sollte. In Konzept 2 wurde deshalb auf die zweigeteilte Bewertungsskala der „SnowCard“ gewechselt und im Falle eines Nordhanges auf die ungünstige Hälfte der Skala verwiesen. Es wurde damit die Darstellung des Ergebnisses verbessert (3 Punkte statt 2), jedoch durch den zusätzlichen Aufwand der separaten Messung der Hangausrichtung und Fallunterscheidung die Einfachheit der Bedienung verschlechtert (von 4 Punkte auf 3). Die Gesamtsumme bleibt somit unverändert.

Das dritte Konzept sollte vor allem die Schwächen der ersten beiden Konzepte in der Montagefreundlichkeit beheben. Während diese eine Modifikation des Stockes und somit die Zusammenarbeit mit einem Skistockhersteller verlangten, überzeugte die letzte Iteration durch eine einfache Montage ohne Zuhilfenahme von Werkzeug am Schaft des Stocks. Darüber hinaus wurde versucht noch weitere Einflussfaktoren, wie die im LLB angegebene kritische Höhenlage und das aktuelle Lawinenproblem, in die Bewertung einzubeziehen. Allerdings führen die zusätzlichen Parameter zu einer proportional ansteigenden Zahl von notwendigen Einstellungen, was einerseits die Teileanzahl erhöht und somit die Robustheit der Baugruppe schwächt, und andererseits auch die Bedienung entscheidend verlangsamt. Die Gesamtsumme der Punkte erhöht sich deshalb nur unwesentlich verglichen zu Variante 1 und 2 und liegt deutlich unter dem gesetzten Mindestziel einer technischen Wertigkeit von 80%.

Wie eben geschildert, liegt die Schwäche des dritten Konzepts in der hohen Anzahl an notwendigen Einstellungen und beweglichen Elementen. Es bietet sich deshalb die Untersuchung einer weiteren Variante an, welche nur den Hauptkörper des dritten Konzeptes, also die s.g. Tonne ohne die zusätzlichen Parameter in Form der Ringe beinhaltet. Damit beschränkt sich die Bewertungsgrundlage auf die drei Parameter Steigung, Lawinenwarnstufe und Exposition. Abbildung 6.18 zeigt die reduzierte Version des dritten Konzeptes, genannt Variante 3.1.

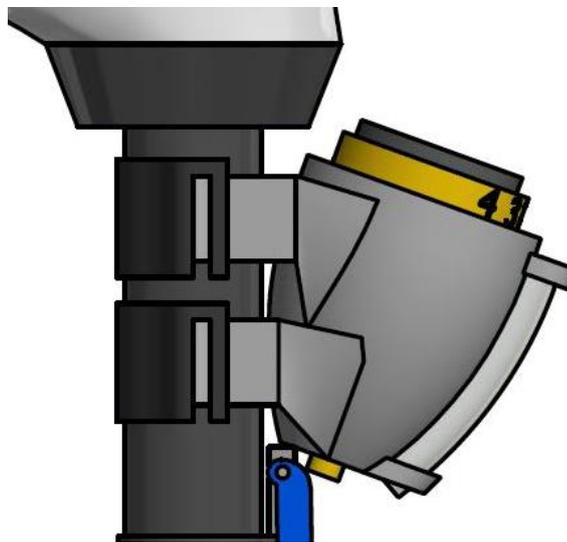


Abbildung 6.18: Variante 3.1 (ohne zusätzliche Parameter)

In Tabelle 19 wird der Vergleich zwischen den beiden Varianten (3 und 3.1) durchgeführt. Die schwer gewichteten Kriterien Robustheit und Bedienung werden jeweils um einen Punkt verbessert, was die gewichtete technische Wertigkeit um 8% von 64% auf 72% steigert.

Bewertungs-kriterium	Gewichtung	Variante 3		Variante 3.1	
		Ungew.	Gew.	Ungew.	Gew.
Einfache & rasche Bedienung	0,88	1	0,88	2	1,75
Einfachheit & Robustheit des Aufbaus	0,88	2	1,75	3	2,625
Kostengünstig	0,63	2	1,25	3	1,875
Montage-freundlichkeit	0,25	4	1,00	4	1
Präsentation des Ergebnisses	0,88	3	2,63	3	2,625
Sorgfalt der Bewertungs-methode	1,00	4	4,00	3	3
<b>Summe</b>	4,50	16,00	11,50	18	12,875
<b>Technische Wertigkeit</b>	/	67%	64%	75%	72%

Tabelle 19: Vergleich der Varianten 3 und 3.1

Die Punkteverteilung entlang der einzelnen Kriterien zeigt sich bei Variante 3.1 sehr ausgewogen. Weiteres Potenzial für Verbesserungen liegt vor allem in der einfachen Bedienung und Sorgfalt der Bewertungsmethode. Für die nächsten Schritte der Produktentwicklung gilt es einen Weg zu finden, weitere Einflussfaktoren in die Bewertung zu integrieren, ohne dabei den Aufwand in der Bedienung zu erhöhen, bzw. diesen idealerweise sogar zu reduzieren.

Die analytische Bewertung der Konzepte nach Punkten erlaubt einen strukturierten Vergleich der Varianten und entlarvt dabei Stärken und Schwächen der einzelnen Konzepte. Im nächsten Schritt der Produktentwicklung sollen diese Erkenntnisse dazu genutzt werden einen „Vision Prototype“ zu konstruieren, der eine technische Wertigkeit von über 80% erreicht und somit die Kundenanforderungen sehr gut befriedigt.

## 6.8 Erkenntnisse und Vision Prototype

In den vorigen Kapiteln 6.1 bis 6.7 wurde die Problemstellung und die bisherigen Ergebnisse der Entwicklung umfassend analysiert. Durch die QFD wurden die Kundenanforderungen intensiv behandelt und die kritischen technischen Parameter identifiziert, welche es mit besonderem Augenmerk zu beachten gilt. Durch das Denken in Funktionen wurde der Blick auf die notwendigen Funktionalitäten (siehe Abschnitt 6.5) des zukünftigen Produktes gelenkt und im morphologischen Kasten (Tabelle 14 in Abschnitt 6.6) konnten die bisher gefundenen Teillösungen aus den

Konzepten den einzelnen Funktionen zugeordnet werden. Abschließend zeigte die analytische Bewertung den Erfolg der einzelnen Lösungsvarianten anhand eines Vergleichs untereinander sowie mit einer Idealvorstellung (Tabelle 18 und Tabelle 19 in Abschnitt 6.7). Keine der Varianten konnte dabei die angepeilte technische Wertigkeit von mindestens 80%, gemessen am Idealwert, erreichen. In diesem Abschnitt soll versucht werden, durch die Kombination der besten Teillösungen sowie das neu gewonnene Verständnis über die kritischen Erfolgsfaktoren des Produktes eine neue Lösung zu finden, welche in Form eines „Vision Prototype“ die konvergierende Phase der Produktentwicklung einleiten soll.

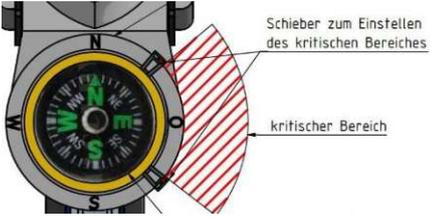
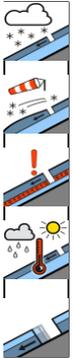
Im folgenden Abschnitt findet die Auswahl der besten, kombinierbaren Lösungen statt. Es wird auf die Darstellung in Form eines morphologischen Kastens zurückgegriffen, der allerdings je Funktion nur die favorisierte Lösung sowie die Begründung für dessen Auswahl enthält.

### 6.8.1 Auswahl der besten, kombinierbaren Teillösungen

Im Vordergrund der Entwicklung des neuen Konzeptes steht das Prinzip des Minimalismus. Es wird die einfachste mögliche Lösung zur Erfüllung der NutzerInnenbedürfnisse angestrebt und versucht ein s.g. „Minimum Viable Product“ (MVP) zu realisieren. Es soll eine Vision der Lösung entstehen und greifbar gemacht werden, um sie mit zukünftigen NutzerInnen besprechen zu können und in weiterer Folge schrittweise zu konkretisieren.

Folgende Tabelle 20 enthält die für den „Vision Prototype“ ausgewählten Teillösungen der einzelnen Funktionen. Einige davon wurden bereits in den vorherigen Konzepten (siehe morphologischer Kasten in Tabelle 14) eingesetzt, andere ergaben sich durch neue Ideen Anregungen im Zuge der umfangreichen Analyse der bisherigen Ergebnisse. In der letzten Spalte der Tabelle wird die Motivation für die Auswahl der jeweiligen Lösung besprochen.

Funktionen	Lösung	Begründung
Vorrichtung mit Stock verbinden	 <p>[57]</p>	Die schnell lösbare Verbindung bietet sowohl sicheren Sitz, durch die gute Haftung der gummierten Bänder, als auch die Möglichkeit, die Vorrichtung zum Schutz vor Beschädigungen (beispielsweise beim Transport im Auto) vom Stock zu lösen.

<p>Lawinenwarnstufe (LWS) einstellen</p>	<p>Die Einstellung wird nicht vorgenommen. Der Parameter wird aber berücksichtigt.</p>	<p>Es wird versucht, eine eindeutige Ergebnisskala zu entwickeln, welche die Einstellung der LWS überflüssig macht.</p>
<p>Kritische Expositionen markieren</p>	<p>Zwei Schlitten gleiten auf einer Führung um den Kompass und markieren den kritischen Bereich.</p> 	<p>Die Berücksichtigung der im LLB angegebenen Expositionen über die beiden Schlitten stellt eine sehr einfache Lösung des Problems dar und hat sich bei Variante 3 (siehe Abschnitt 6.3.3) bereits bewährt. Der Mehrwert durch den Erhalt der zusätzlichen Information gegenüber einer Fallunterscheidung zwischen Nord- und Südhängen rechtfertigt die zusätzliche Einstellung.</p>
<p>Kritisches Lawinenproblem einstellen</p>	<p>Die Symbole der 5 Probleme werden gut sichtbar auf die Vorrichtung gedruckt. Ein Verweis auf das vorherrschende Hauptproblem ist nicht möglich.</p> 	<p>Durch den Aufdruck der 5 Lawinenprobleme wird die minimalistischste Lösung der Funktion angestrebt. Die NutzerInnen sollen im Gelände daran erinnert werden, bei der Risikoeinschätzung nicht auf die Lawinenprobleme zu vergessen. Das im LLB angegebene Problem des Tages müssen sich die NutzerInnen selbst merken. Sollte durch Beobachtungen das Problem im Gelände erkannt werden, ist Zurückhaltung gefordert.</p>

Kritische Höhenlagen einstellen	Auf die Berücksichtigung dieses Parameters wird verzichtet.	Grund für den Verzicht ist der zu geringe Mehrwert, den die Information mit sich bringt, im Vergleich zu der verminderten Bedienungsfreundlichkeit durch die zusätzlich notwendige Einstellung. Außerdem ist eine Messung der aktuellen Höhe ohne elektronische Bauteile sehr schwierig. Der Verzicht auf elektronische Bauteile wird in der Anforderungsliste gefordert.
Exposition bestimmen	Flacher Mini-Kompass.	Die geringe Baugröße sowie die Verträglichkeit mit der Teillösung zur Markierung der kritischen Expositionen begründen die Entscheidung.
Steigung messen	Wasserwaage, in Form einer gebogenen Röhre	Das Wirkprinzip der Wasserwaage hat sich für die Neigungsmessung bei zwei der bisherigen Konzepte bewährt. Die große, kuppelförmige Bauweise des zweiten Konzepts stellte sich als zu aufwändig in der Herstellung heraus. Es wird deshalb eine simplere, röhrenförmige Bauweise gewählt.
Geltungsbereich berücksichtigen	Der Geltungsbereich wird nicht berücksichtigt.	Da nur als „Zusatzfunktion“ klassifiziert, fällt die Funktion dem angestrebten Minimalismus im „Vision Prototype“ zum Opfer.

Messergebnisse verknüpfen	Grafische Reduktionsmethode (GRM)	Die Ergebnisse werden mit einer zweiteiligen Skala gemäß der GRM verknüpft. Je ein Teil der Skala deckt die Ergebnisse für günstig bzw. ungünstig eingeschätzte Hanglagen ab. Es wird keine Farbindikation ausgegeben, sondern ein fixer Markierungsstrich je LWS, der nicht überschritten werden sollte. Die Skala der ungünstigen Hänge ist genau um 5 Grad zu jener der günstigen Lagen versetzt, da dies genau einer Erhöhung der LWS um eine Stufe laut GRM entspricht. Eine genaue Erklärung folgt in Abschnitt 6.8.2. Subjektive Einschätzungen werden insofern berücksichtigt, als dass zwischen den Skalenhälften gewechselt werden kann.
Gesamtergebnis ausgeben	Grafische Reduktionsmethode (GRM). Fixer Markierungsstrich für zulässige Neigung je LWS.	
Subjektive Einschätzung zulassen	Zweigteilte Skala für günstige und ungünstige Hanglagen. Bei Zweifel die konservativere Hälfte beachten.	

**Tabelle 20: Teillösungen des „Vision Prototype“**

Die Kombination der Teillösungen wird im nächsten Abschnitt präsentiert.

## 6.8.2 Gesamtlösung 4 – Der Vision Prototype

In diesem Abschnitt werden die beschriebenen Teillösungen aus Tabelle 20 zusammengesetzt und als neues Konzept vorgestellt.

Das Ergebnis ist in Abbildung 6.19 dargestellt. Die Grafik enthält neben den Hauptansichten der Baugruppe auch eine Beschreibung der wichtigsten Komponenten.

Das Konzept unterstützt die Entscheidung über die Auswahl der Skalenhälfte mithilfe des integrierten Kompasses und den eingestellten kritischen Expositionen sowie der Auflistung der fünf von der Vereinigung der Europäischen Lawinenwarndiensten EAWS definierten Lawinenprobleme als eine Art Checkliste.

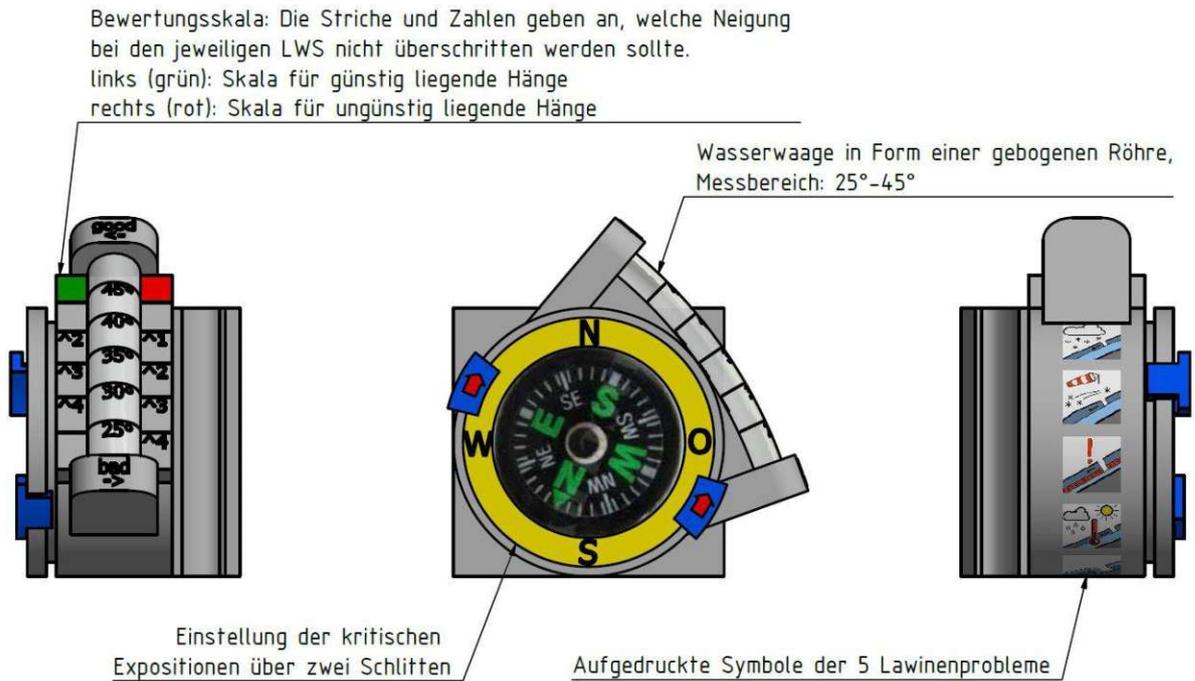


Abbildung 6.19: Der „Vision Prototype“

Wie bereits erwähnt, wird die GRM für die Bewertung herangezogen. Eine genauere Ansicht der Bewertungsskala ist in Abbildung 6.20 dargestellt.

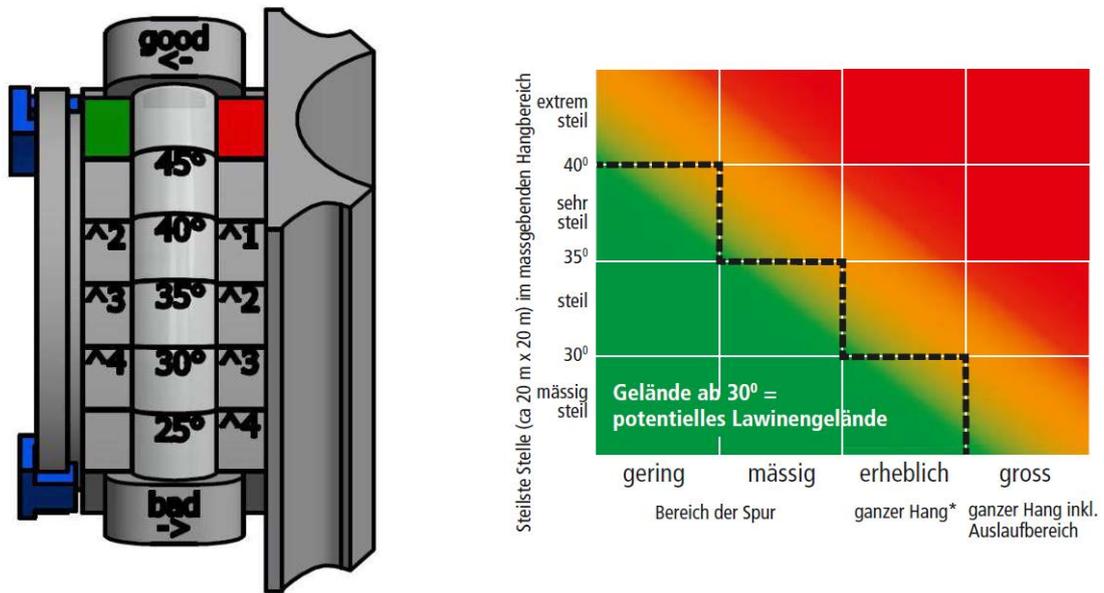


Abbildung 6.20: GRM als Bewertungsskala

Auf der rechten Seite der Wasserwaage sind die zulässigen Hangneigungen für ungünstig eingeschätzte Hanglagen und Verhältnisse aufgetragen. Die Markierungen entsprechen dabei der in der GRM (rechts im Bild) eingezeichneten fetten Linie (z.B. bei LWS 2, mässig, bis zu 35 Grad). Links der Wasserwaage sind die Bereiche für günstige Hänge aufgetragen. Die Skala lässt hier 5 Grad steilere Hänge im Vergleich zur ungünstigen Hälfte bei gleicher LWS zu. Es wird hiermit auf den in der GRM

angeführten Hinweis reagiert, dass bei günstigen Hanglagen in der Regel von der nächsttieferen Gefahrenstufe ausgegangen werden kann. Als günstige Hanglagen werden laut GRM

- Hänge außerhalb der im LLB erwähnten Expositionen oder Höhenlagen oder
- Hänge, die aufgrund von Beobachtungen als günstig beurteilt werden

angesehen. **Dieselben Argumente werden unter anderem auch in der „SnowCard“ und in der „Stop or Go“-Strategie genannt. Letztere Methode stützt sich, vor allem in der 2019 neu aufgelegten Version, auf die fünf Lawinenprobleme. WintersportlerInnen sollen durch Beobachtungen feststellen, ob eines der Probleme im vorliegenden Hang auftritt, und wenn ja, einen zusätzlichen Geländeverzicht von 5 Grad eingehen. [1]**

Eine Ansicht der Vorrichtung im montierten Zustand am Skistock ist in Abbildung 6.21 dargestellt. Die zur Befestigung eingesetzten elastischen Gurte sind in der Abbildung nicht dargestellt.

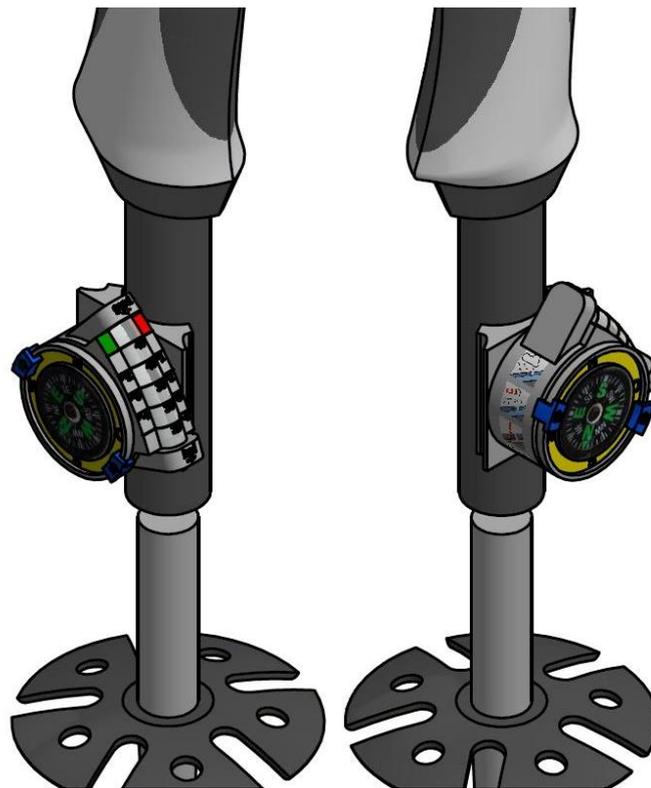


Abbildung 6.21: „Vision Prototype“ am Stock montiert

Das Konzept wird im nächsten Schritt als Prototyp gefertigt und potenziellen NutzerInnen vorgestellt.

### 6.8.3 Realisierung des Vision Prototype und Feedback

Bei der Herstellung des Prototyps wird hauptsächlich auf das 3D-Druck-Verfahren, wie in [1] beschrieben, gesetzt. Aufgrund des simplen Aufbaus beschränkt sich die zu fertigende Komponenten-Anzahl auf sieben Teile:

- obere und untere Gehäusehälfte
- zwei Schlitten für die Expositions-Einstellung
- die Wasserwaagen-Libelle
- zwei Stöpsel zum Verschließen der Wasserwaage

Die übrigen Teile, Kompass und Befestigungsgurte (und Kabelbinder als Alternative dazu), werden zugekauft.

Abbildung 6.22 und Abbildung 6.23 zeigen die beiden Gehäusehälften. Die Trennung des Gehäuses erfolgt aus dem Grund, dass die Wasserwaage so problemlos eingesetzt werden kann. Ein Verbindungsstutzen mit Verdrehsicherung sorgt beim Fügen für eine exakte Position der beiden Hälften. Außerdem wurden die Passungen so gewählt, dass sich ein leichter Presssitz ergibt und kein Klebstoff für die Verbindung der Hälften notwendig ist.



**Abbildung 6.22: Innenseite der beiden Gehäusehälften**

In Abbildung 6.23 ist bereits der Kompass eingesetzt und eine Gummierung für rutschsicheren Halt des Gehäuses angeklebt worden. Der weiße Ring um den Kompass dient zur besseren Lesbarkeit der Aufschrift für die Himmelsrichtungen. Er wird, ebenso wie die Oberfläche der LWS-Skala an der Wasserwaage (siehe Abbildung 6.25), aus einem Stück dünner Hartplastik-Platte geschnitten. Gummierung und Hartplastik sind als Hilfsmittel anzusehen und werden deshalb nicht als Komponenten der Baugruppe gezählt.



Abbildung 6.23: Außenseite der Gehäusehälften

Abbildung 6.24 zeigt den fertigen Prototyp. Die Fotos wurden erst nach den Versuchen und NutzerInnenbefragungen erstellt, weshalb der Zustand der Vorrichtung bereits einige Gebrauchsspuren aufweist. Anstatt der Verwendung von elastischen Gurten für die Befestigung am Stock werden am physischen Muster Kabelbinder verwendet. Grund dafür ist die kurzfristig fehlende Verfügbarkeit der Bänder. Ein entsprechender Test mit der geplanten Befestigungsart wird in den nächsten Iterationsstufen (siehe Abschnitt 6.9.2) nachgeholt.



Abbildung 6.24: Der „Vision Prototyp“

Die Wasserwaage wird aus einem transparenten Polyamid-Rohr mit einem Außendurchmesser von 6 Millimetern gefertigt. Gefüllt wird die s.g. Libelle mit einem PKW-Kühlerwasser und die Stopfen zum Verschließen der Röhre werden additiv gefertigt.

Abbildung 6.25 hebt die Beschriftungen der Wasserwaage und des Kompasses hervor. Links im Bild ist das Tool in leicht ausgelenkter Position dargestellt und kann

daher als Beispiel einer Hangneigungsmessung herangezogen werden. Die Luftblase befindet sich unter der 30 Grad Markierung, zirka bei 27 Grad, und der Hang würde daher nur bei Gefahrenstufe 4 und ungünstiger Hanglage als gefährlich eingestuft werden.

Die Einstellung am Kompass markiert im Beispiel aus Abbildung 6.25 (rechts) die Expositionen NWN-N-OSO als gefährlich. Liegt der zur Bewertung stehende Hang in diesem Bereich, so sollte die ungünstige Skala (rot) bei der Steigungsmessung herangezogen werden. Die detaillierte Ausführung der Schlitten ist in Abschnitt 6.9.3 dargestellt und beschrieben.



Abbildung 6.25: Beschriftungs-Details am „Vision Prototype“

Mit dem hergestellten Prototyp können erste NutzerInnenbefragungen durchgeführt werden. Es werden zwei Skitourenfachhändler im Raum Bozen besucht und dort zwei KundInnen sowie der Inhaber eines der Geschäfte um ein kurzes Feedback zum Produkt gebeten.

Es stellt sich heraus, dass die meisten Befragten nur am Rande über die Reduktionsmethoden, und damit den Zusammenhang von Steigung und Gefahrenstufe, informiert sind. Nach einer kurzen Aufklärung wird die Funktion des Produkts verstanden und konkretes Feedback abgegeben:

- Die Wasserwaage braucht mehr Kontrast. Die Luftblase ist nur schwer zu erkennen.

- Die Bewertungsskala verwirrt etwas. NutzerInnen brauchen bei einer exemplarischen Messung lange, um zu verstehen, ob jetzt gefahren werden könnte oder nicht.
- Der Inhaber des zweiten besuchten Fachhandels rät zu einer Einstellung der Gefahrenstufe bei der Bewertungsskala, um die Messung zu beschleunigen und Klarheit bei der Anwendung zu schaffen.
- Die kompakte und leichte Bauform wird sehr gelobt. Keiner der Befragten empfindet die Vorrichtung als störend am Skistock.
- Ein Kunde regt an, dass bei der Gestaltung der Teile darauf geachtet werden sollte, keine scharfen Ecken oder Kanten zu erzeugen, welche möglicherweise Jacken aufschneiden könnten.
- Die KundInnen würden im Schnitt 25 Euro für das Produkt ausgeben. Der Geschäftsbesitzer rechnet damit, dass acht von zehn seiner (Skitouren-) KundInnen das Tool um diesen Preis kaufen würden.

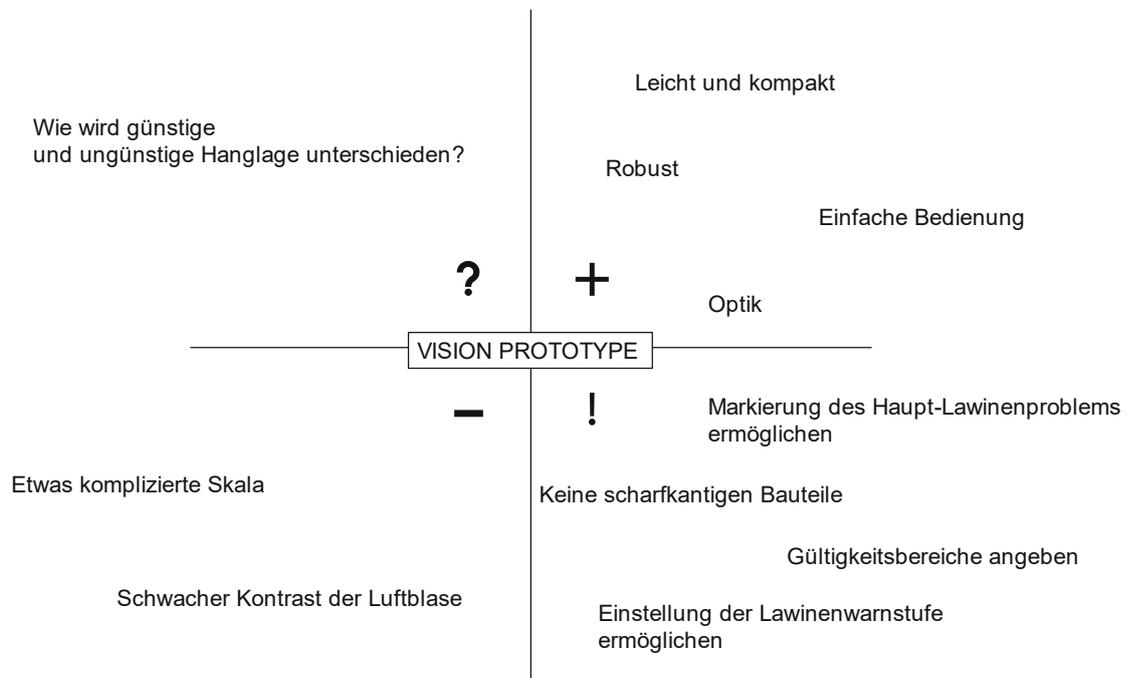


Abbildung 6.26: Feedback-Raster zum „Vision Prototype“

## 6.9 X-is-finished-Prototype

Der „Vision Prototype“ hat gezeigt, dass die prinzipielle Lösung bei den potenziellen NutzerInnen Akzeptanz findet und bei angemessenem Preis auch Kaufbereitschaft herrscht. In diesem Kapitel kann damit die konvergierende Phase der Produktentwicklung fortgeschritten und die einzelnen Funktionalitäten konkretisiert werden.

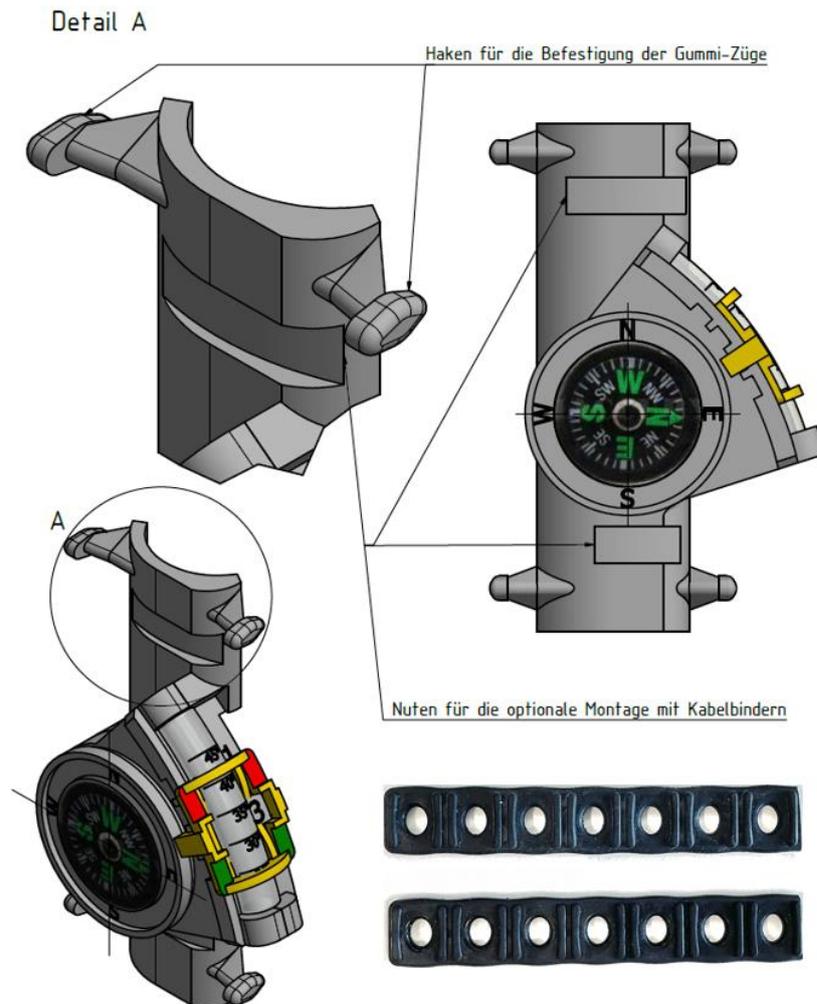
In den nächsten Abschnitten werden die jeweiligen Lösungen und Iterationsschritte auf dem Weg zum „X-is-finished-Prototype“ der folgenden Hauptfunktionen präsentiert:

- Befestigung am Stock
- Neigungsmessung
- Lawinengefahrenstufe
- Lawinenprobleme
- Exposition
- Ausgabe des Ergebnisses

Anstelle der Verwendung eines Feedbackrasters werden die Erkenntnisse aus den einzelnen Iterationen stichpunktartig am Ende jeder Beschreibung festgehalten, womit detaillierter auf die jeweiligen positiven und negativen Aspekte der Lösung eingegangen werden kann.

### 6.9.1 Befestigung am Stock

Wie bereits beim „Vision Prototype“ angekündigt, soll die Befestigung des Produkts am Schaft des Skistockes mittels zweier Gummi-Züge realisiert werden. Diese Lösung soll einen sicheren Sitz der Baugruppe und gleichzeitig auch eine schnelle Montage und Demontage gewährleisten. Während bei der Fertigung des „Vision Prototype“ auf eine provisorische Lösung mittels Kabelbinder ausgewichen wurde, soll an dieser Stelle die geplante Lösung realisiert und vorgestellt werden. Abbildung 6.27 zeigt, wie die Befestigung mit den angesprochenen elastischen Befestigungsgurten gestaltet wird.



**Abbildung 6.27: Befestigungsmöglichkeiten am Skistock**

Die Züge (Gurte) sind, ähnlich einem Gürtel, mit einer Reihe von Löchern ausgestattet, mit welchen sie in den dargestellten Haken eingehängt und dem Durchmesser des Schaftes entsprechend gespannt werden können. Die praktische Realisierung am additiv gefertigten Prototypen mitsamt der beschriebenen Gurte ist in Abbildung 6.31 zu sehen.

Neben den besprochenen Anpassungen bezüglich der Befestigung des Produkts, zeigt Abbildung 6.27 bereits die nächste Evolutionsstufe der gesamten Baugruppe. Die Teillösungen werden in den nächsten Kapiteln detailliert beschrieben und sollen an dieser Stelle noch unkommentiert bleiben.

Die Lösung überzeugt im praktischen Test am additiv gefertigten Prototyp (siehe weiter unten) durch sicheren Halt der Vorrichtung am Stock sowie durch schnelle und simple Montage bzw. Demontage.

## 6.9.2 Neigungsmessung, Lawinengefahrenstufe & Ergebnis

Die Neigungsmessung, Einstellung der Lawinengefahrenstufe und die Ausgabe des Gesamtergebnisses werden an dieser Stelle gemeinsam betrachtet, da die individuellen Teillösungen in einer starken Relation zueinanderstehen.

Durch das Feedback der potenziellen NutzerInnen zum „Vision Prototype“ bezüglich der hier thematisierten Teillösungen können vier wesentliche Verbesserungsmöglichkeiten identifiziert werden:

1. Die Luftblase in der Wasserwaage ist nur schwer erkennbar
2. Die Auswahl der Skalenhälfte sorgt für Verwirrung
3. Die aktuelle Gefahrenstufe kann nicht eingestellt/gespeichert werden
4. Die Zeit zwischen Messung und Interpretation des Ergebnisses dauert (zu) lange.

Um den Ablesevorgang zu vereinfachen und zu beschleunigen, werden in der Weiterentwicklung zwei Neuerungen eingeführt:

1. Über einen am Gehäuse geführten Schlitten soll die Lawinenwarnstufe eingestellt werden können (Teilebezeichnung: LWS-Schlitten)
2. Es wird nur mehr eine einteilige Farbskala verwendet, welche am LWS-Schlitten aufgetragen ist

## 1. Iteration

Die **erste Iteration** des „X-is-finished“-Prototyps ist in Abbildung 6.28 dargestellt. Dort ist auch die prinzipielle Funktionsweise anschaulich erklärt.

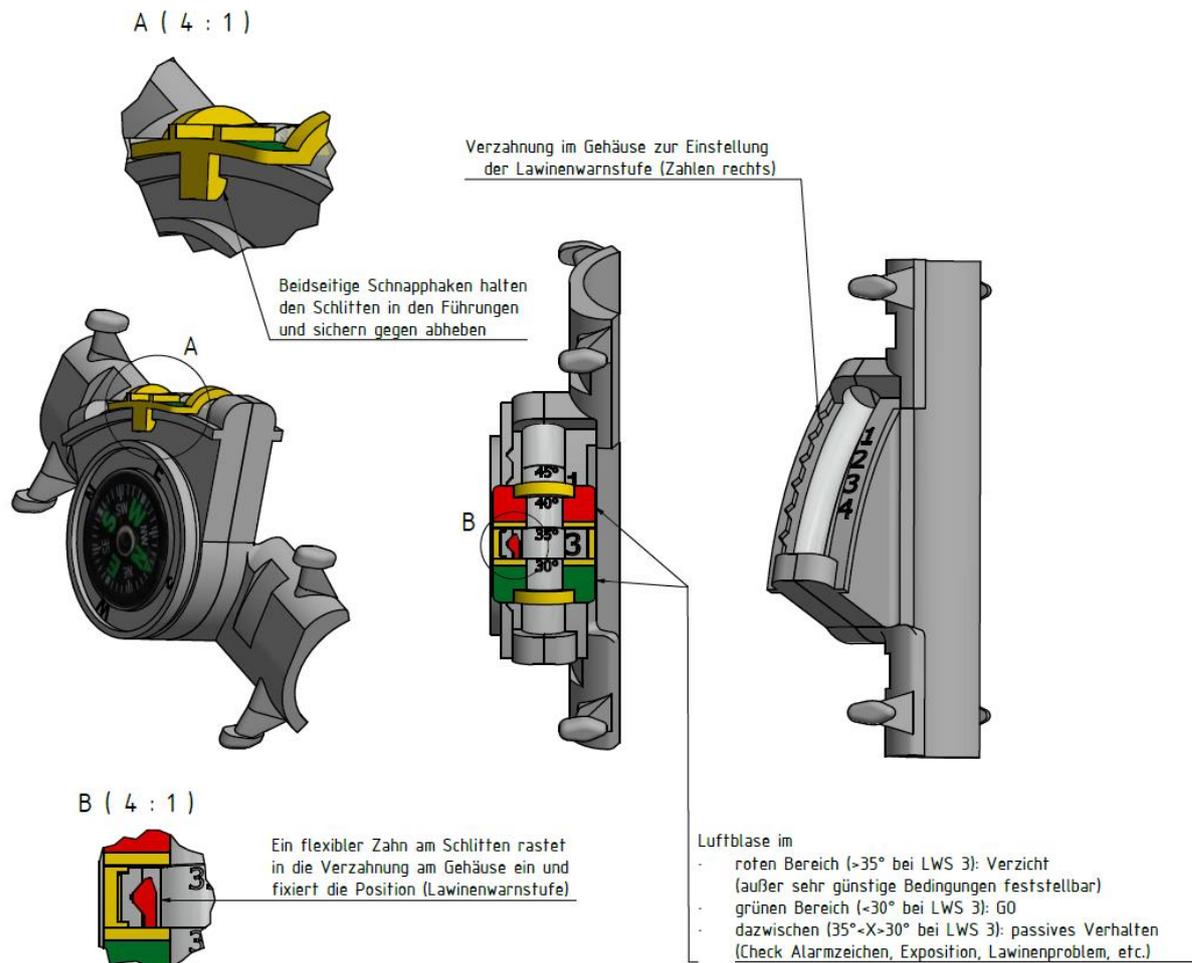


Abbildung 6.28: 1. Iteration des X-fs-finished-Prototyps

Durch die Verlagerung der Skala vom Gehäuse auf den Schlitten und die Einführung der Warnstufen-Einstellung bleibt der Informationsgehalt im Vergleich zum „Vision Prototype“ unverändert: es wird nach wie vor die Grafische Reduktionsmethode (GRM) als Bewertungsmodell herangezogen, jedoch ist nur der entsprechende Ausschnitt für die eingestellte Warnstufe sichtbar. Abbildung 6.29 stellt die realisierte Skala am Prototyp dem entsprechenden Ausschnitt der GRM gegenüber. Ein Wechsel der Gefahrenstufe um eine Stufe bedeutet eine diskrete Verschiebung der Ergebnisskala um 5 Grad, was wiederum dem relevanten Bereich der GRM für die neue Warnstufe entspricht.

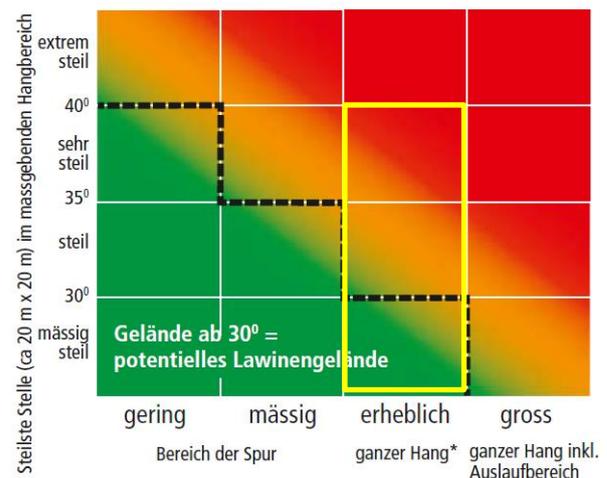
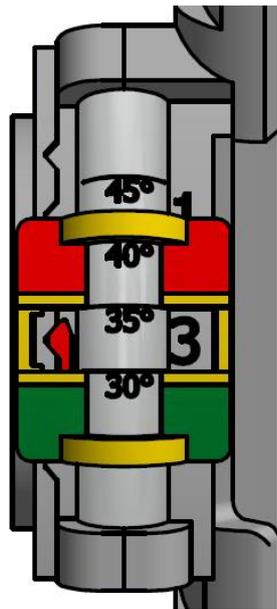


Abbildung 6.29: Links: Skala am Prototyp; Rechts: entsprechender Ausschnitt der GRM (gelb)

Das Konzept wird mittels 3D-Drucker physisch modelliert, sodass die Funktionsweise getestet werden kann. Im Vergleich zum „Vision Prototype“ überzeugt diese Iteration durch:

- eine gelungene Anordnung der Komponenten (LWS-Schlitten ist mit dem Daumen ergonomisch erreichbar)
- einen intuitiven Bewegungsmechanismus zum Einstellen der Lawinenwarnstufe (der LWS-Schlitten wird als Schieberegler verwendet)
- das auf einen Blick ersichtliche Ergebnis der Steigungsmessung sowie der Bewertung nach GRM

Erste Verwendungen zeigen auch Verbesserungspotenziale auf:

- Das Einrasten des LWS-Schlittens muss optimiert werden. Der Federzahn bringt nur eine unzureichende Spannung auf die Verzahnung, was sich einerseits negativ auf die Haptik auswirkt und andererseits auch die sichere Fixierung der eingestellten Lawinenwarnstufe verhindert.
- Die Luftblase der Wasserwaage nach wie vor (wurde schon beim „Vision Prototype“ kritisiert) schlecht sichtbar.

## 2. Iteration

In einer zweiten Iteration wird versucht, die Einstellung der Gefahrenstufe zu optimieren. Ein neuer Mechanismus wird eingeführt, der einen stabilen Sitz und ein definiertes Einrasten des LWS-Schlittens gewährleisten soll. Darüber hinaus sichert eine Arretierung die eingestellte Position. Abbildung 6.30 zeigt den Mechanismus und erklärt die Funktion.

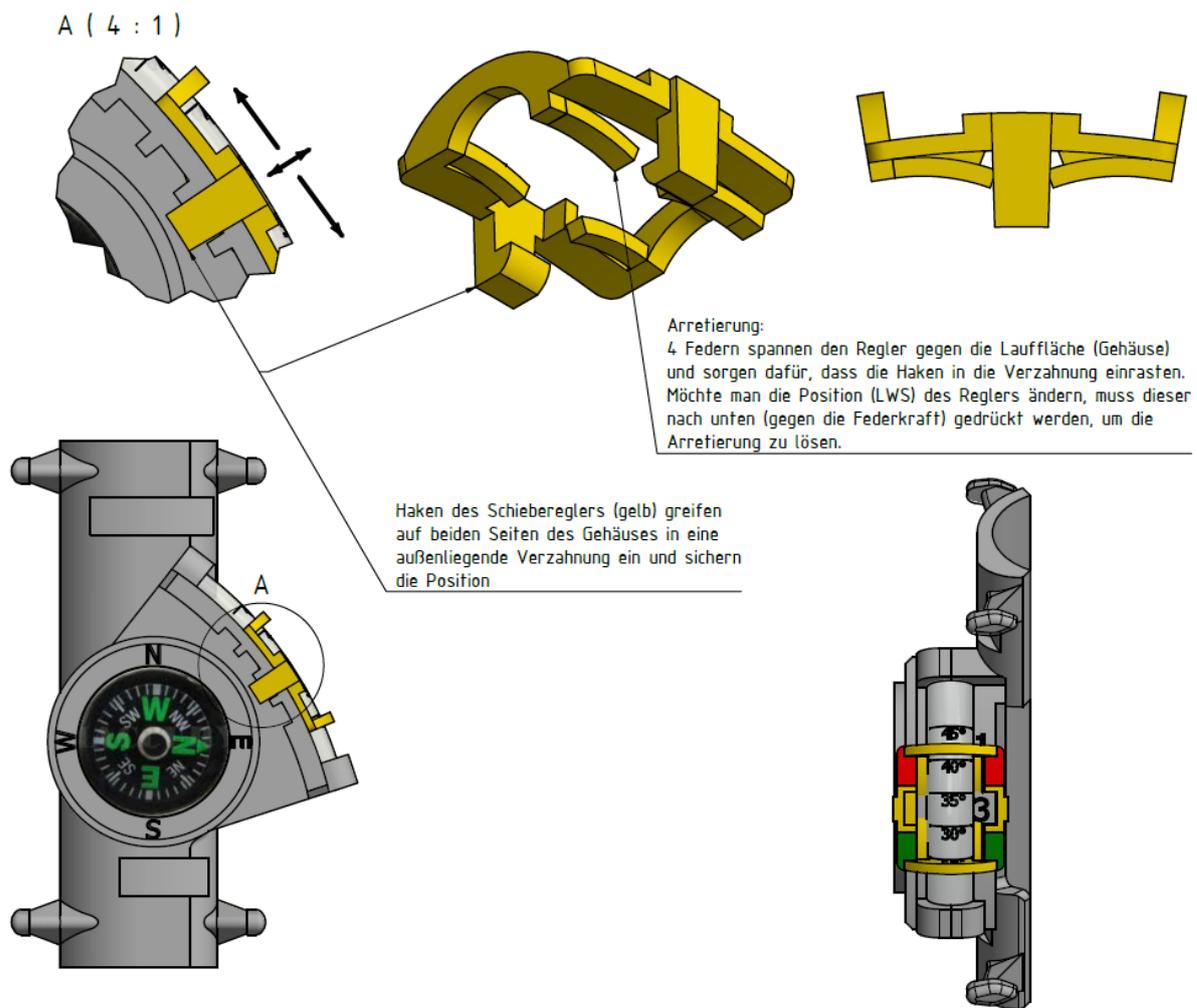


Abbildung 6.30: 2. Iteration der LWS-Einstellung

Es wird erneut ein Prototyp des Konzepts mittels 3D-Druck erstellt und die prinzipielle Funktion erprobt. Abbildung 6.31 zeigt den Prototypen. Um die Sichtbarkeit der Luftblase zu verbessern, wird neben der normalen Version mit 6 Millimeter-Libelle (bezogen auf den Durchmesser) auch eine Version mit einer 8 Millimeter-Libelle gefertigt (dargestellt in Abbildung 6.31).



Abbildung 6.31: 3D-gedruckter X-is-finished-Prototyp der 2. Iteration

Die Erkenntnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Arretierung funktioniert zuverlässig und intuitiv. Gelegentlich klemmt der Zahneingriff beim Lösen der Verbindung, was auf fertigungsbezogene Ungenauigkeiten zurückzuführen ist und in der Serienauslegung beachtet werden sollte.
- Die Ergonomie und Anordnung der Komponenten bleiben unverändert gut.
- Der LWS-Schlitten sitzt sicher in den Führungen, aber die Gestaltung der Federn bietet nur eine kleine Kontaktfläche zum Gehäuse (nur die Spitzen der Federn berühren die Lauffläche neben der Libelle). Dies führt dazu, dass der Schieber ungewollte Bewegungsfreiheiten hat und somit instabil wirkt.
- Die größere Libelle erlaubt eine größere Luftblase, was die Ablesbarkeit geringfügig verbessert. Der Kontrast bleibt bei Verwendung derselben Flüssigkeit (PKW-Kühlerflüssigkeit, wie beim „Vision Prototype“) verbesserungswürdig.

Die ersten Eindrücke des Prototyps überzeugen das Entwicklungsteam und es wird ein weiterer Test unter realen Bedingungen geplant.

## Test unter realen Bedingungen

Im Zeitraum von 26.12.2020 - 10.01.2021 werden fünf 3D-gedruckte Prototypen an rund 10 Skitourentagen getestet. Als Testpersonen werden neben dem Verfasser dieser Arbeit auch einige Mitglieder der Tourengruppe des jeweiligen Testtages dazu eingeladen, das Produkt zu erproben und Feedback abzugeben. Damit kann auf qualitativer Ebene neben den technischen Detaillösungen auch die NutzerInnenakzeptanz überprüft werden.

An dieser Stelle soll nur auf die gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der technischen Gestaltung der Funktionen Neigungsmessung, Lawinengefahrenstufe und Ergebnispräsentation eingegangen werden. Die restlichen Funktionen, wie etwa die Bestimmung der Exposition, sowie die generellen Eindrücke der Testpersonen zum Produkt werden in den nachfolgenden Abschnitten thematisiert.

### Erkenntnisse bezüglich der Neigungsmessung

Die Neigungsmessung im Gelände funktioniert ausreichend genau. Die Auflösung der Skala beträgt fünf Grad, was in der Praxis eine Ablesetoleranz von rund +/- zwei Grad zur Folge hat, denn zwischen den Markierungslinien muss der Wert geschätzt werden. Für eine Bewertung mittels GRM ist diese Toleranz ausreichend und wurde auch von den NutzerInnen als zufriedenstellend befunden. Die Ergebnisse wurden mit dem Neigungsmesser des Smartphones überprüft.

Abbildung 6.32 zeigt den Prototyp im Einsatz.



**Abbildung 6.32: Der Prototyp im Einsatz**

Ein Problem stellt die Sichtbarkeit der Luftblase in der Libelle dar. Sogar unter sehr guten Lichtverhältnissen ist ein genaues Hinsehen notwendig, um den Wert ablesen zu können. Auch die große Libelle (8 Millimeter Durchmesser) verbessert den Sachverhalt nicht. Es wird davon ausgegangen, dass nur eine vollständig transparente Röhre der Libelle und eine einsetzgerechte Flüssigkeit mit genügend Kontrast die Ablesbarkeit verbessern. Dieses Problem muss im Zuge der Auslegung des Serienprodukts berücksichtigt werden und mit einem entsprechenden Zulieferer abgeklärt werden.

### **Erkenntnisse bezüglich Lawinenwarnstufen-Mechanismus**

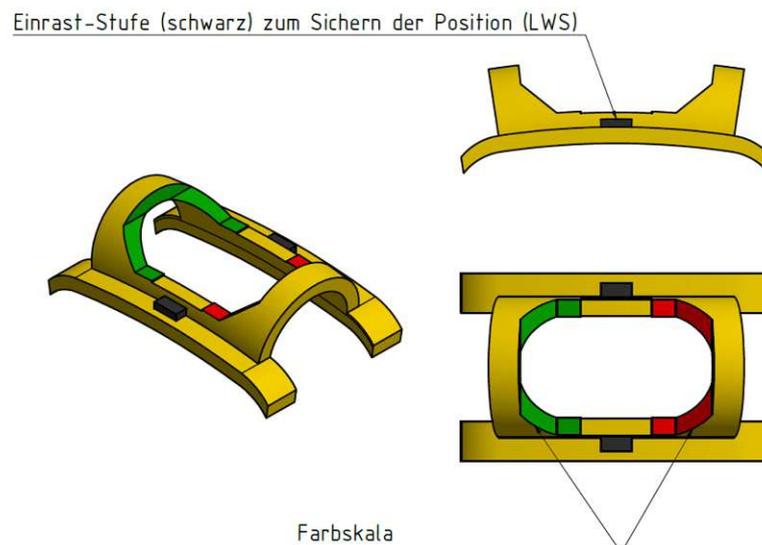
Die Einstellung funktioniert auch mit (dünnen) Handschuhen und bei Kälte. Schnee dringt bei Stürzen oder starkem Schneefall geringfügig in die Führung ein, aber behindert den Mechanismus kaum. Ungenauigkeiten in der Fertigung führen dazu, dass sich die Arretierung oft nicht korrekt lösen lässt und die Haken des Schlittens stark belastet werden. Mehrere LWS-Schlitten brechen infolgedessen. Außerdem wird der Schlitten leicht aus den Führungen gehobelt und kann bei einem Sturz oder bei Kontakt mit der Umwelt (Baum, eigener Körper, etc.) verloren gehen. Dies wird als größtes Problem der Lösungsvariante angesehen.

Die, durch den Test im Gelände aufgedeckten, Probleme sind der Anlass für die Entwicklung einer neuen Iteration des Einstellmechanismus.

### 3. Iteration

Ziel dieser Iteration ist die Optimierung der Stabilität und Fixierung des LWS-Schlittens, um die Haltbarkeit des gesamten Produktes zu verbessern. Der Schlitten soll selbst bei Stürzen weder brechen, noch verloren gehen.

Die neue Lösung wird durch den Versuch gefunden, das Wirkprinzip des bestehenden Mechanismus umzukehren: Während das aktuelle Konzept den LWS-Schlitten auf außenliegenden Schienen am Gehäuse führt, soll er in der neuen Lösung von den Gehäusehälften eingeschlossen und in innenliegenden Nuten geführt werden. Dadurch soll ein ungewolltes Lösen des Schlittens vom Gehäuse verhindert werden. Abbildung 6.33 zeigt den LWS-Schlitten in seiner Einzelheit und Abbildung 6.34 zeigt und beschreibt das System.



**Abbildung 6.33: LWS-Schlitten der 3. Iteration**

Der Schlitten (gelb) kann nur von der Baugruppe gelöst werden, wenn das Gehäuse in seine zwei Teile aufgetrennt wird. Die Trennebene ist in der Abbildung als Schnittebene B-B ersichtlich. Rechts im Bild (Schnitt B-B) ist die untere Gehäusehälfte zu sehen.

Die übrigen Funktionen und Komponenten der in Abbildung 6.34 gezeigten Baugruppe werden in den folgenden Abschnitten besprochen.

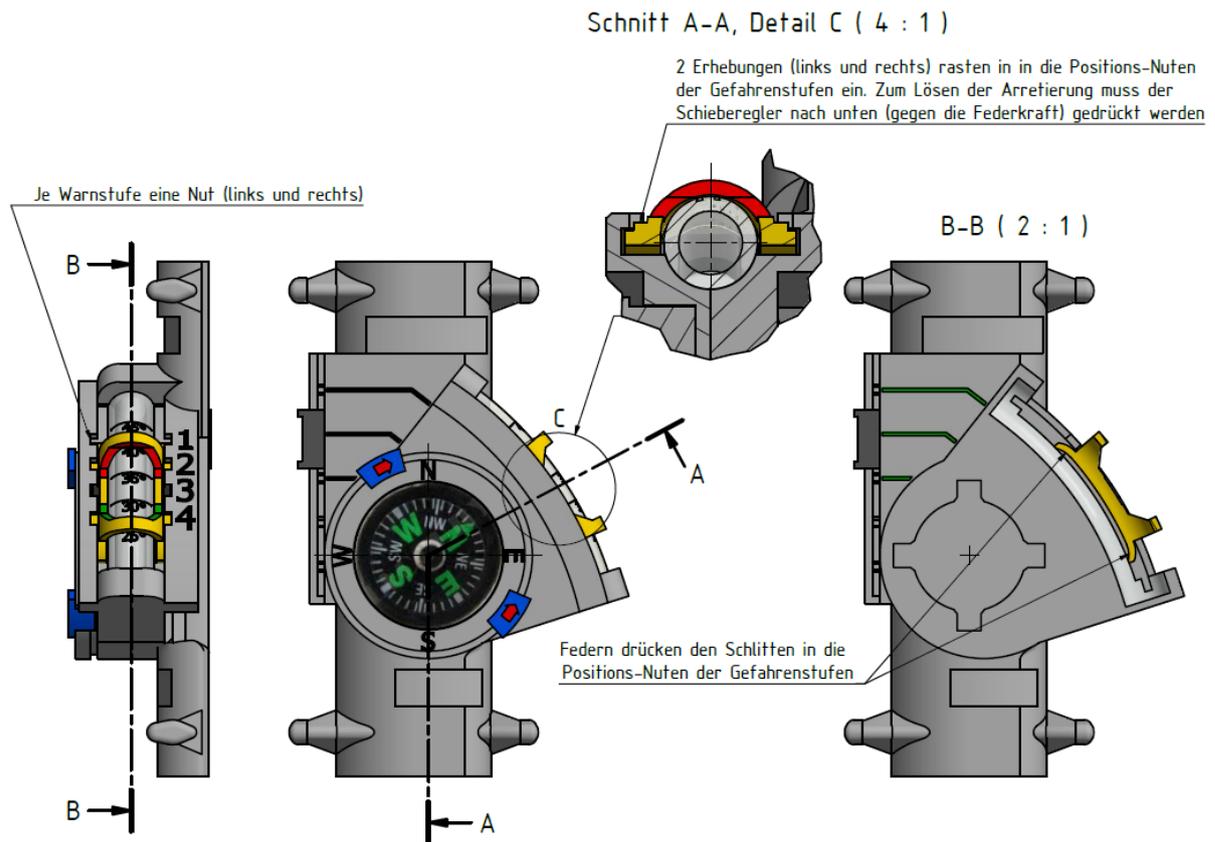


Abbildung 6.34: Iteration Nr. 3 für die LWS-Einstellung

### 6.9.3 Exposition

Die Gestaltung der Markierung und Bestimmung der gefährlichen Expositionen hat bereits am Vision-Prototype größtenteils überzeugt und wird für die nächste Iteration nur geringfügig optimiert. Dazu zählt die Verbreiterung der Schlitten und das Anpassen der Toleranzen, um einerseits die Bedienung zu erleichtern und andererseits den Sitz in der Schiene zu verbessern. Abbildung 6.35 zeigt, wie die Schlitten an der Schiene um den Kompass befestigt sind. Aufgrund des elastisch verformbaren Kunststoffes können sie in die Führung eingeklickt werden und halten anschließend nur durch Reibung ihre Position am Umfang der Kompassrose.

Ein Problem, das sich bei dieser Art der Lösung ergibt, ist, dass die Toleranzen an Führung und Schlitten genau festgelegt werden müssen, um einen sicheren Halt und definierten Widerstand beim Ändern der Position gewährleisten zu können. Bei der Auslegung des Serienprodukts muss deshalb Wert auf eine Spezifizierung der Passung gelegt werden oder, falls fertigungstechnisch günstiger, auf eine andere Art der Befestigung ausgewichen werden.

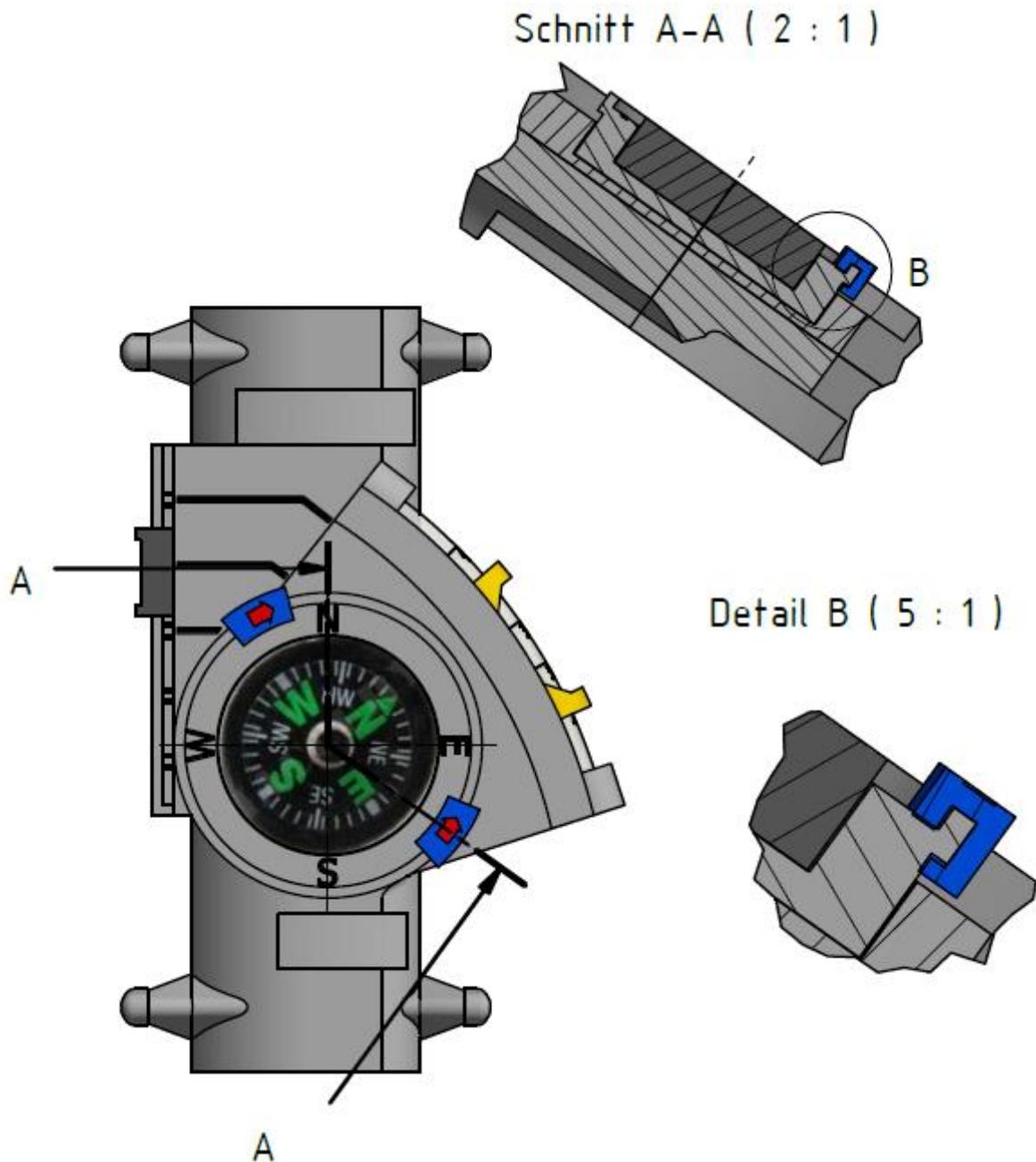


Abbildung 6.35: Exposition-is-finished

Im Zuge des **Tests unter realen Bedingungen** (beschrieben in Abschnitt 6.9.2) wird auch die Funktion der Expositionsmarkierung erprobt. Wie schon die ersten Eindrücke am Vision Prototype zeigten, stellt sich die Lösung als sehr simpel in der Benutzung dar. Nach einer kurzen Demonstration ist die Vorgangsweise allen ProbandInnen klar und die Einstellung der kritischen Expositionen an sich wird intuitiv verstanden, wie sich im Feedback zeigt. Bemerkbar machen sich die fertigungsbedingten Unterschiede in den Toleranzen der Komponenten. Dementsprechend gestaltet sich auch der Widerstand beim Verschieben der Schlitten unregelmäßig und variiert zwischen den Prototypen. Bei manchen Prototypen ist der Sitz der Schlitten derart lose, dass sie sich während des Testeinsatzes von der Baugruppe lösen und im Gelände verloren gehen.

Solche Ausfälle müssen am Serienprodukt, durch die Einhaltung definierter Toleranzen in der Herstellung, ausgeschlossen werden.

Der Test unter realen Bedingungen zeigt ein weiteres Problem, betreffend den verbauten Mini-Kompass, auf. Die Kompassrose neigt dazu, sich innerhalb des eigenen Gehäuses zu verkeilen und dadurch bei Benutzung zu klemmen. Das Ergebnis ist eine ruckelige und unzuverlässige Messung. Bei der Auswahl des Zulieferers für die Serienproduktion muss deshalb auf eine ausreichend hohe Qualität des Kompasses geachtet werden.

### **Einschub Experteninterview**

Nach Beendigung der Tests im Gelände soll durch ein Gespräch mit Herrn Mag. Michael Larcher und Herrn Gerhard Mössmer das Feedback zweier Experten zum Produkt eingeholt werden.

Michael Larcher, Mag., ist staatlich geprüfter Ski- und Bergführer seit 1984 sowie gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Alpinunfälle. Seit 1992 leitet er die Abteilung Bergsport des Österreichischen Alpenvereins in Innsbruck und gründet im selben Jahr die Zeitschrift „bergundsteigen – Zeitschrift für Risikomanagement im Bergsport“ wo er langjährig als Chefredakteur tätig ist. Neben zahlreichen anderen Publikationen entwickelt er zusammen mit Robert Purtscheller die Risikomanagement-Strategie „Stop or Go“ (wird in [1] genauer erläutert). [58]

Gerhard Mössmer ist staatlich geprüfter Bergführer und Bergsport-Experte im Österreichischen Alpenverein. [59]

Das Gespräch findet online über eine Video-Konferenz statt und wird in Form eines Solution-Fit Interviews durchgeführt. Den beiden Experten wird zunächst der „Vision Prototype“ vorgestellt und anschließend die zweite Iteration des „X-is-finished-Prototype“ (wie im Test unter realen Bedingungen eingesetzt und in Abbildung 6.31 und Abbildung 6.32 dargestellt) präsentiert. An dieser Stelle soll nur auf die wesentlichen Punkte, welche für die weitere Entwicklung relevant sind, eingegangen werden.

Larcher und Mössmer sehen die verwendete Bewertungsmethode (Kombination aus Steigung, Lawinengefahrenstufe und Exposition) als sehr mächtig an und vor allem der zugrundeliegende Zusammenhang von Neigungsverzicht und Gefahrenstufe (wie in der Grafischen Reduktionsmethode) sei unumstritten. Die beiden Experten interpretieren das Tool als eine Art „dreidimensionale Stop-or-Go-Karte“ mit der die grundlegenden Faustregeln des Risikomanagements praktisch und verständlich angewandt werden können. Das Produkt eigne sich deshalb sehr gut für

Schulungszwecke, Anfänger oder Unerfahrene, aber auch mäßig erfahrene SkitourengeherInnen, die an ihrer Risikoeinschätzung arbeiten möchten und ein Gespür für die Gefahr entwickeln möchten. Die Erfahrung habe auch gezeigt, dass das Smartphone im Gelände nicht verwendet wird, da es nicht direkt zugänglich und nicht problemlos mit Handschuhen bedienbar ist. Eine Montage am Skistock sei sinnvoll, denn man habe das Produkt stets „bei der Hand“ und nutze es viel häufiger. Eine häufige Nutzung schule das Verständnis und die Achtsamkeit für die verschiedenen relevanten Parameter.

Im direkten Vergleich zwischen Vision Prototype und dem „X-is-finished“- Prototyp der zweiten Iteration präferieren die Experten die Variante mit der einstellbaren Gefahrenstufe. Dies sei allein wegen des pädagogischen Effektes beim Rüsten (Voreinstellen) des Gerätes vorteilhaft, da der/die Nutzende aktiv die Informationen des LLB übertragen muss. Darüber hinaus beschleunige die Voreinstellung die Bewertung im Gelände.

Um tatsächlich dem Informationsgehalt der „Stop or Go“-Methode zu entsprechen, sollte dem Produkt eine Einstellmöglichkeit des tagesabhängigen Haupt-Lawinenproblems hinzugefügt werden sowie Hinweise für den Geltungsbereich des Ergebnisses gegeben werden. Wie auch in [1] beschrieben, muss bei der Messung der Hangneigung nämlich abhängig der Gefahrenstufe ein unterschiedliches Gebiet berücksichtigt werden. Besondere praktische Relevanz hat in diesem Sinne die Gefahrenstufe drei, erheblich, wo die steilste Stelle des gesamten Hanges für die Bewertung entscheidend ist. Dieser Hinweis sollte den NutzerInnen des Produkts mitgeteilt werden.

#### 6.9.4 Lawinenproblem und Geltungsbereich

Die Markierung des (Haupt-) Lawinenproblems des Tages wird auf Empfehlung von Herrn Larcher und Herrn Mössmer (siehe Feedback im vorherigen Abschnitt) in die Palette der Produktfunktionen aufgenommen. Die zusätzliche Einstellung wird über einen linear verschiebbaren Schlitten gelöst, welcher auf das jeweilige Hauptproblem des Tages gestellt wird. Abbildung 6.36 veranschaulicht die Lösung.

Abhängig vom ausgewählten Fertigungsverfahren muss der Einrast-Mechanismus an Schiene und Schlitten überarbeitet werden. In einer ersten Variante, ideal für den 3D-Druck, wird der Schlitten mit zwei Zähnen versehen, welche in entsprechende Gegen-Nuten der Schiene (an den Positionen der Markierungslinien) einrasten können. Die benötigte Federkraft wird ausschließlich durch die elastische Eigenschaft des Kunststoffes erzielt. In Abbildung 6.37 sind die ersten beiden Iterationen des Schlittens zu sehen.

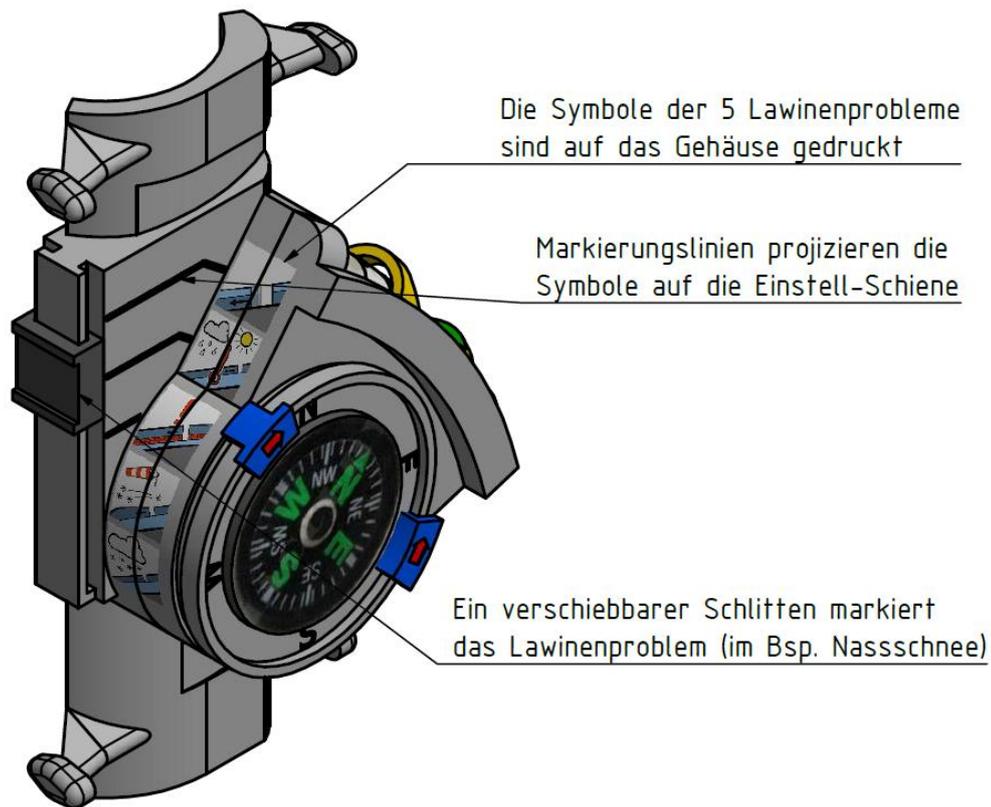


Abbildung 6.36: Markierung des Lawinenproblems

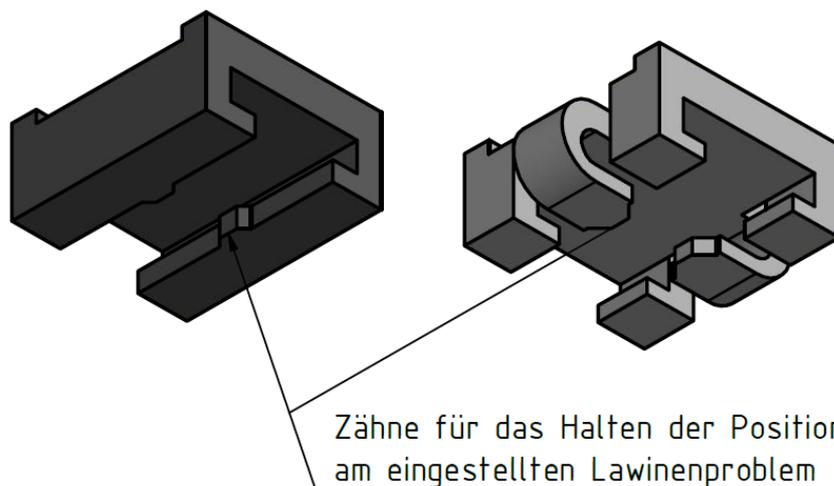


Abbildung 6.37: Schlitten zur Einstellung des Lawinenproblems (links erste, und rechts zweite Iteration)

- **Geltungsbereich**

Im Gespräch mit den Experten Larcher und Mössmer wurde angeraten, Hinweise über den Geltungsbereich des Bewertungsergebnisses in das Produkt zu integrieren. Insbesondere sollten die NutzerInnen daran erinnert werden, dass bei

Lawinenwarnstufe drei, erheblich, die steilste Stelle am ganzen Hang entscheidend für die Beurteilung ist. Es wird deshalb, wie in Abbildung 6.38 dargestellt, an der dem Stock zugewandten Seite des Gehäuses ein Hinweis eingraviert oder aufgedruckt.

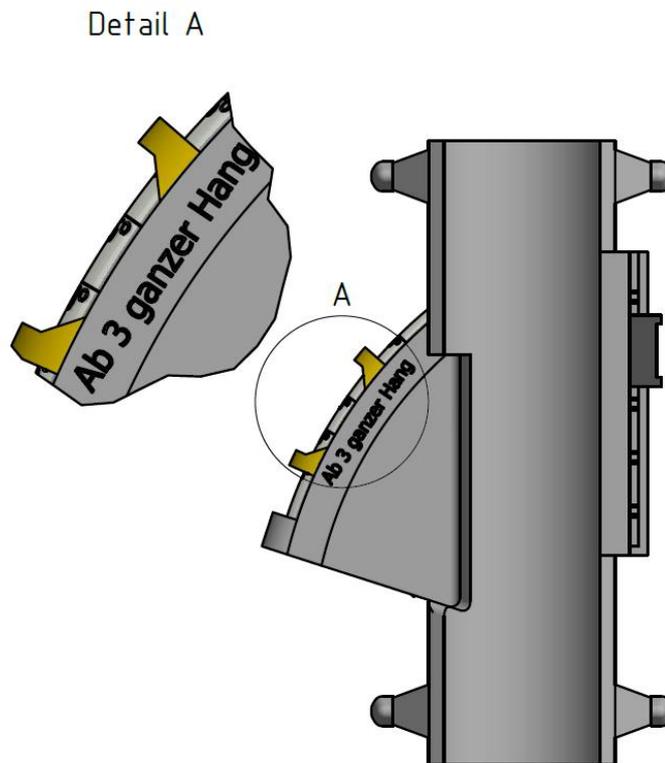


Abbildung 6.38: Hinweisende Aufschrift bzgl. Geltungsbereich

## 6.10 Finaler Prototyp

Der finale Prototyp vereint die in den X-is-finished Prototypen erarbeiteten Teillösungen und ist das Ergebnis der in dieser Arbeit durchgeführten Produktentwicklung. In diesem Abschnitt soll das finale Konzept und der 3D-gedruckte Prototyp gezeigt und eine verkürzte Punktebewertung durchgeführt werden.

### 6.10.1 Ansichten

Abbildung 6.39 zeigt eine Explosionsdarstellung des finalen Prototyps. Die einzelnen Bauteile sind mit einer Positionsnummer gekennzeichnet und in der zugehörigen Tabelle 21 namentlich aufgelistet. Die erste Spalte der Tabelle („Objekt“) beinhaltet die Positionsnummern aus Abbildung 6.39 und stellt somit die Verbindung zur Darstellung her.

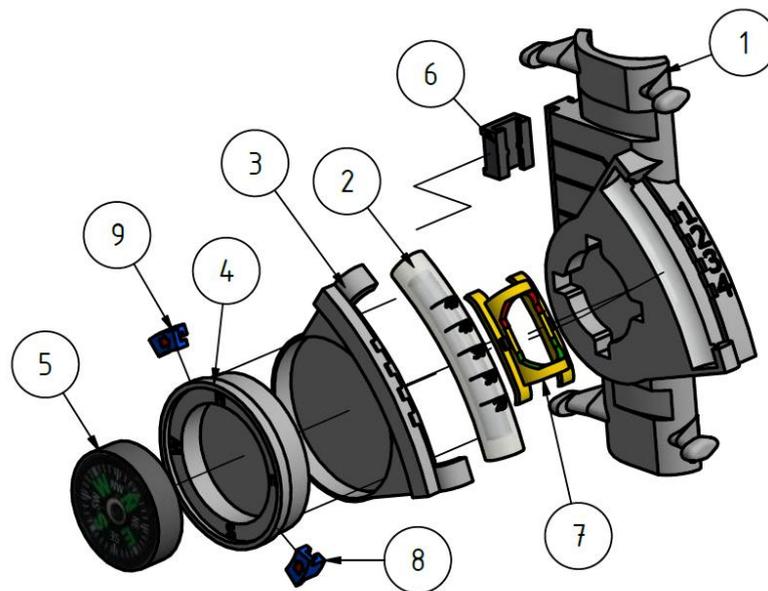


Abbildung 6.39: Explosionsdarstellung des finalen Prototyps mit Bauteilnummerierung

BAUTEILLISTE			
OBJEKT	ANZAHL	BEZEICHNUNG	BESCHREIBUNG
1	1	Gehäuse Unterteil	/
2	1	Wasserwaagen-Libelle	/
3	1	Gehäuse Oberteil	/
4	1	Kompass-Stutzen	/
5	1	Kompass	/
6	1	Schlitten LP	Einstellung Lawinenproblem
7	1	Schlitten LWS	Einstellung Lawinenwarnstufe
8	1	Schlitten Kompass GUZ	1. Einstellung Exposition
9	1	Schlitten Kompass UZ	2. Einstellung Exposition
(10)	(1)	(Sticker LP)	Aufkleber Lawinenprobleme (nicht sichtbar in Abbildung 6.39)
(11)	(2)	(Befestigungsurte)	Elastische Gurte zum Befestigen am Skistock (nicht sichtbar in Abbildung 6.39)

Tabelle 21: Bauteilliste des finalen Prototyps

Folgende Abbildung 6.40 zeigt den additiv gefertigten, finalen Prototyp aus vier verschiedenen Perspektiven. Bei der Herstellung wurde dieselbe Vorgehensweise wie beim „Vision Prototype“ und den „X-is-finished Prototyps“ angewandt (siehe Abschnitt 6.8.3).



Abbildung 6.40: 3D-gedruckter, finaler Prototyp

### 6.10.2 Punktebewertung

Die abschließende Punktebewertung soll auf quantitative Weise den Erfolg der Produktenwicklung aufzeigen und lässt durch die errechnete technische Wertigkeit auch einen Vergleich mit den einzelnen Iterationsstufen (siehe dazu die Bewertung der bisherigen Konzepte in Abschnitt 6.7) zu. Tabelle 22 schlüsselt die Bewertung auf.

Bewertungskriterium	Gewichtung	Finaler Prototyp	
		Ungew.	Gew.
Einfache & rasche Bedienung	0,88	3	2,625
Einfachheit & Robustheit des Aufbaus	0,88	3	2,625
Kostengünstig	0,63	3	1,875
Montagefreundlichkeit	0,25	4	1
Präsentation des Ergebnisses	0,88	4	3,5
Sorgfalt der Bewertungsmethode	1,00	4	4
<b>Summe</b>	4,50	21	15,625
<b>Technische Wertigkeit</b>		88%	87%

Tabelle 22: Punktebewertung des finalen Prototyps

Das Endergebnis der (gewichteten) technischen Wertigkeit liegt bei 87% der idealen Lösung und damit deutlich über dem bisherigen Maximum von 72% der Variante 3.1 (siehe Tabelle 19). Auch das absolute Ziel einer Wertigkeit von über 80% konnte deutlich erreicht werden.

### 6.10.3 Ausständige Anpassungen für das Serienprodukt

Der finale Prototyp wird als „Design Freeze“ für diese Arbeit herangezogen und die Produktentwicklung damit beendet. Mit seiner Erstellung wurden alle wesentlichen Fragestellungen der Produktentwicklung gelöst und ein Konzept geschaffen, das im nächsten Schritt für die Serienproduktion angepasst werden kann.

Einige der offenen Probleme für die Serienauslegung wurden bereits in Kapitel 6.9 angesprochen und sollen an dieser Stelle noch einmal zusammengefasst werden:

- Verbindung der Komponenten  
Bislang wurden die Prototypen verklebt oder durch Übermaßpassungen gefügt. Für das Serienprodukt gilt es eine, hinsichtlich des Fertigungsverfahrens und der Montage optimierte, Lösung zu finden (z.B. Rasthakenverbindung).
- Wandstärken  
Auch die Wandstärken sowie die generelle Geometrie der Komponenten muss an das Fertigungsverfahren angepasst werden. Derzeit ist die Konstruktion für additive Verfahren ausgelegt.
- Schlitten der Expositions- und Lawinenproblem-Markierung

Die Schlitten zur Markierung der im LLB angegebenen Parameter sind im derzeitigen Prototyp für die Fertigung mittels 3D-Druck ausgelegt. Bei beiden Komponenten (drei Teile) hängt die Funktion stark von den Fertigungstoleranzen und den Materialparametern ab und ist deshalb für die im Serienprodukt verlangte konstante Qualität nicht ideal.

- Funktion der Wasserwaage  
Die Sichtbarkeit der Luftblase innerhalb der selbstgebauten Wasserwaagen-Libellen stellte sich als kritischer Erfolgsfaktor bei der Bestimmung der Hangneigung und damit der gesamten Bewertung heraus. Bei der Entscheidung über Eigen- oder Fremdfertigung sowie bei der Auswahl eines eventuellen Zulieferers muss dieser Aspekt berücksichtigt werden.
- Kompass  
Es muss ein Kompass verbaut werden, der unter den geforderten Einsatzbedingungen zuverlässig funktioniert.

Trotz der letzten, offenen Anpassungen wird im nächsten Kapitel mit der Entwicklung einer Produktionsstrategie begonnen.

## 7 Produktionsstrategie

In diesem Kapitel soll eine Produktionsstrategie für das entwickelte Produkt festgelegt und dessen Wirtschaftlichkeit überprüft werden. Für die Erstellung einer solchen Strategie ist es zunächst notwendig, eine Stückzahl zu bestimmen und Zukaufteile der Baugruppe zu identifizieren. In weiterer Folge wird über die Fremd- oder Eigenfertigung bzw. -montage entschieden sowie das Fertigungsverfahren, passend zur Stückzahl und der Teilegeometrie, ausgewählt. Das fertigungs- und montagegerechte Entwerfen der Komponenten des Serienprodukts trägt maßgeblich zu den Kosten und der Qualität des Ergebnisses bei. Deshalb soll der Blick erneut auf die Konstruktion der Teile gelenkt werden. Im letzten Teil des Kapitels wird eine Lieferkette (Supply Chain) gebildet und Angebote für die Fertigung eingeholt. Zusammen mit der Erstellung eines groben Montageplans können damit die Gesamtkosten des Betriebs („Total Cost of Ownership“) errechnet werden.

### 7.1 Prämissen

In diesem ersten Abschnitt des Kapitels werden für die Produktionsstrategie wichtige Rahmenbedingungen festgelegt.

#### 7.1.1 Festlegung der Stückzahl

Das Produktionsvolumen ist mitunter die wichtigste Kennzahl einer Produktionsauslegung. Besonders bei der Markteinführung von neuartigen und innovativen Produkten ist die Bestimmung dieser Zahl anfänglich mit vielen Unsicherheiten behaftet. Durch eine gewissenhafte Marktanalyse, wie sie in Kapitel 5 durchgeführt wurde, und eine nutzerInnenorientierte Produktentwicklung kann dieser Unsicherheit bis zu einem gewissen Maße entgegengewirkt werden. Neben der Ungewissheit bezüglich des Absatzes ändern sich auch die Produktionskosten in Abhängigkeit der Stückzahl und beeinflussen somit das unternehmerische Risiko. Schlussendlich muss also ein Kompromiss zwischen rentabler Stückzahl und vertretbarem Risiko gefunden werden.

Im vorliegenden Fall wurde in der Marktanalyse aus Kapitel 5 ein möglicher Marktanteil von rund 75.000 Stück für die Alpenregionen Österreich, Deutschland, Italien, Schweiz und Frankreich berechnet. Um das Risiko bei der Markteinführung möglichst gering zu halten, wird zunächst ein Produktionsvolumen von 1000 Stück angestrebt und am Ende des Kapitels mit den erhaltenen Angeboten und einem geplanten Verkaufspreis gegengerechnet.

In den nächsten Abschnitten wird also eine Stückzahl von 1000 angenommen.

## 7.1.2 Klassifizierung von Zukaufteilen

Vor Beginn der Produktionsauslegung wird die Baugruppe auf mögliche Zukaufteile analysiert. Komponenten, welche standardisiert am Markt angeboten werden, haben üblicherweise eine geprüfte Qualität und einen besseren Preis, als er durch Eigenfertigung erzielbar ist.

Betrachtet man die Baugruppe des gegenständlichen Produktes in Abbildung 6.39 und die dazugehörige Bauteilliste (Tabelle 21) in Abschnitt 6.10.1, dann können zwei offensichtliche Zukaufteile ausgemacht werden:

- Der Kompass
- die elastischen Züge für die Befestigung des Produkts am Skistock.

Beide Komponenten sind Standardteile, die in großen Stückzahlen hergestellt und damit zu günstigen Preisen eingekauft werden können. Abbildung 7.1 zeigt die beiden Komponenten.



**Abbildung 7.1: Kompass und Befestigungsgurte als Standardteile [60]**

Ein drittes Bauteil, wo die Zusammenarbeit mit einem Zulieferer interessant erscheint, ist die Wasserwaagen-Libelle. Im Zuge der Prototypen-Tests hat sich die korrekte und zuverlässige Funktionsweise der Libelle als kritisch für eine erfolgreiche Bewertung herausgestellt (siehe Abschnitt 6.9.2). Besonders das Erreichen bestimmter Eigenschaften der Flüssigkeit (Kontrast, Temperatur-, Strahlungsbeständigkeit, etc.) und deren konstante Füllmenge für die Erzeugung einer spezifizierten Luftblase zählen zu den größten Herausforderungen einer Eigenfertigung. Im Abschnitt 7.3 wird deshalb eine Fremdfertigung durch einen Spezialisten angestrebt und entsprechende Angebote eingeholt.

Alle übrigen Teile sind nicht-standardisierte Kunststoffteile, welche entweder selbst oder auf Auftrag durch einen Fertiger hergestellt werden. Die Frage nach der Eigen- oder Fremdfertigung sowie -montage wird im nächsten Abschnitt geklärt.

### 7.1.3 Festlegung der prinzipiellen Produktionsstrategie

Als Festlegung der prinzipiellen Produktionsstrategie wird an dieser Stelle die Entscheidung über eine ausgelagerte oder eigene Fertigung und Montage der Nicht-Zukaufteile verstanden.

Eine „inhouse“ Produktion (Eigenfertigung) erfordert zu Beginn hohe Investitionen in Material, Maschinen, Werkzeuge und Personal (variiert durch das verwendete Fertigungsverfahren) und führt damit zu einem großen Fixkostenanteil je produziertem Stück. Aufgrund der überschaubaren geplanten Stückzahl bei Produktionsstart erscheint diese Strategie als suboptimal im Vergleich zu einer ausgelagerten Produktion. Es wird deshalb eine Fremd-Fertigung der Teile angestrebt und entsprechende Angebote werden in Abschnitt 7.5.1 eingeholt.

Bei der Montage der Baugruppe ergibt sich eine andere Kostenstruktur. Im vorliegenden Fall beeinflussen vor allem zwei Faktoren die Auslegung des Montagesystems:

- die Personalkosten
- die Wandlungsfähigkeit sowie Flexibilität in Bezug auf Ausbringungsmenge und Produktvielfalt

Die verhältnismäßig kleinen Bauteile sowie das überschaubare Produktionsvolumen schließen eine investitionsintensive, automatisierte Montagelinie aus und legen eine manuelle Montage nahe. Diese Art der Montage ist zwar personalintensiv, zeichnet sich aber durch seine Flexibilität, besonders bei kleinen Stückzahlen, aus. Flexibilität und Wandlungsfähigkeit ist für die thematisierte Produktionsstrategie von Bedeutung, da die Prognosen für die Entwicklung der Verkaufszahlen zum derzeitigen Standpunkt mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Das Montagesystem muss also in der Lage sein, schnell skalieren zu können, um den Durchsatz zu erhöhen oder Anpassungen aufgrund von nachträglichen, konstruktiven Änderungen am Produkt zu ermöglichen.

Für das hier zur Diskussion stehende Produktionssystem wird aufgrund der beschriebenen Zusammenhänge ein eigenständig betriebenes Montagesystem vorgeschlagen. Auf eine explizite Gegenüberstellung der Kosten wird verzichtet, da dies den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Zusammengefasst wird in den folgenden Abschnitten von einer ausgelagerten Fertigung der Kunststoffteile und einer eigenständig betriebenen Montage ausgegangen.

### 7.1.4 Auswahl des Fertigungsverfahrens

Die Wahl des Fertigungsverfahrens hängt stark vom geplanten Produktionsvolumen ab. Wie in Abschnitt 3.4.2 beschrieben, eignet sich das Vakuumguss-Verfahren nur bis zu einer Stückzahl von einigen hundert Teilen. Danach wird die Herstellung der Gießformen zunehmend unrentabel, denn es können maximal 25 Abgüsse pro Form erstellt werden.

Bei einer festgelegten Stückzahl von 1000 Teilen zu Produktionsstart stellt das Vakuumgießen also nicht die wirtschaftlichste Lösung dar. Als sinnvollere Alternative wird deshalb das Kunststoffspritzgießen für die Produktion gewählt.

Trotz der Problematik bei größeren Stückzahlen sollen in Abschnitt 7.5.1 neben den Angeboten für Spritzguss auch Preise für das Vakuumgießen eingeholt werden, um die Möglichkeiten für die Herstellung einer (kleineren) Vorserie auszuloten.

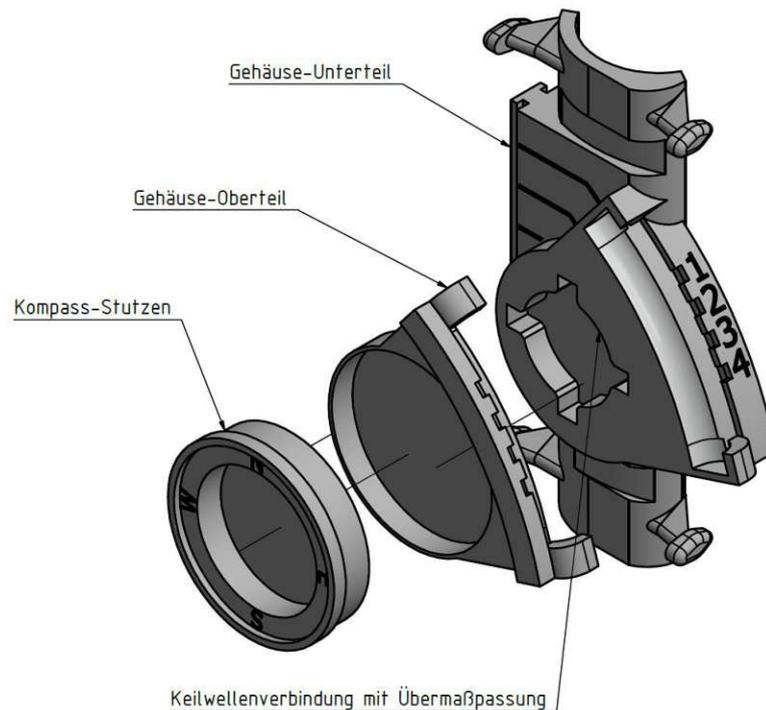
Im folgenden Abschnitt sollen die fertigungs- und montagerelevanten Aspekte der finalen Ausarbeitung des Produktes aufgezeigt werden. Das eigentliche Entwerfen der Komponenten ist nicht Teil dieser Arbeit, sondern muss im Vorfeld des Produktionsstartes separat erfolgen.

## 7.2 Fertigungs- und montagegerechtes Entwerfen

Fertigungsgerechtes Entwerfen bedeutet, dass die konstruierten Teile mit dem ausgewählten Fertigungsverfahren herstellbar sind und dabei den wirtschaftlichen und funktionellen Anforderungen der Produktentwicklung entsprechen.

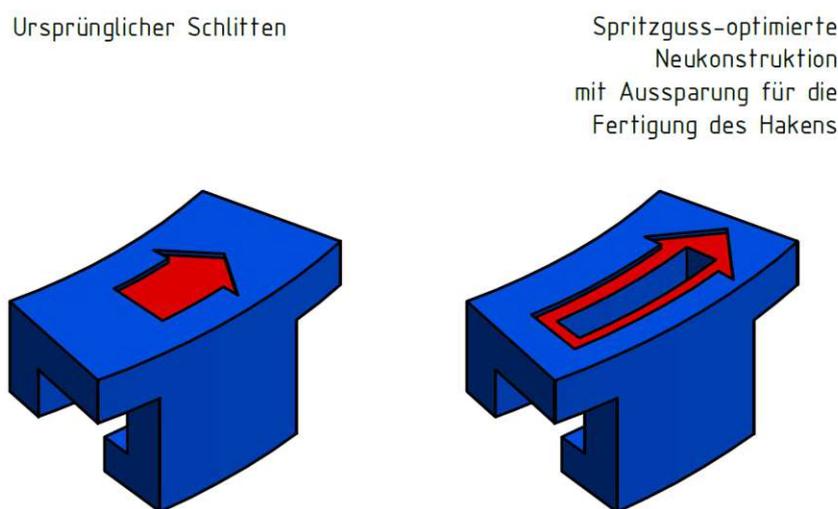
Bereits bei der Konstruktion der Prototypen wurde darauf geachtet, dass die Teile auch herstellbar sind. Wo möglich wurde eine spritzgusstaugliche Geometrie gewählt, welche bei der fertigungsgerechten Überarbeitung nur mehr geringfügig angepasst werden muss. Spritzgussgerecht bedeutet in diesem Fall hauptsächlich, dass die Werkstücke entformbar sind, also dass das Spritzgusswerkzeug beim Auswerfen der Teile linear auseinanderfahren kann, ohne das Werkstück zu beschädigen. Wo dies nicht möglich ist, ergeben sich sogenannte Hinterschneidungen, welche mit speziellen Einsätzen in der Gussform abgebildet werden müssen.

Um die angesprochene Entformbarkeit beim gegenständlichen Produkt zu erreichen, wurde die Baugruppe bewusst in geeignete Einzelteile aufgegliedert, wie Abbildung 7.2 zeigt.



**Abbildung 7.2: Aufgliederung des Gehäuses in eine fertigungstechnisch günstige Baustruktur**

Ein weiteres Beispiel für Bauteile, wo die Entformbarkeit bereits berücksichtigt wurde, sind die Kompass-Schlitten. Für die Realisierung des Hakens, der sich an die Schiene am Rand des Kompass-Stutzens klammert, muss eine Aussparung berücksichtigt werden, durch die das Werkzeug Ein- und Ausfahren kann. Abbildung 7.3 zeigt den Schlitten vor und nach der Anpassung an das Spritzgussverfahren.



**Abbildung 7.3: Entformbarkeit der Kompass-Schlitten**

Nicht berücksichtigt wurde die schadensfreie Entformbarkeit bei der Gestaltung des Schlittens für die Einstellung des Lawinenproblems (LWS-Schlitten), wie auch schon in Abschnitt 6.10.3 angemerkt wurde. Hier muss eine Anpassung erfolgen, um das

Spritzgießen zu ermöglichen. Alternativ eignet sich die derzeitige Konstruktion, trotz Hinterschneidung, für die Herstellung mittels Vakuumguss.

Neben der Entformbarkeit gilt es noch weitere Aspekte beim spritzgussgerechten Entwerfen zu berücksichtigen, welche bei den vorliegenden Teilen noch nicht beachtet wurden. Dazu zählt vor allem die Einhaltung konstanter Wandstärken. Um dieser Forderung gerecht zu werden, müssen die beiden Gehäusehälften schalenförmig ausgeführt werden, im Gegensatz zur derzeitigen „vollen“ Ausführung, wie sie in Abbildung 7.2 gezeigt wird.

Als Verbindungselement zwischen den Gehäuseschalen und dem Gehäuse mit dem Kompass-Modul, werden in der derzeitigen Konstruktion (siehe Abbildung 7.2) eine Keilwellenverbindung mit Übermaßpassung und ein Presssitz vorgesehen. Für das Spritzgießen bietet es sich jedoch an, Rasthaken in die Einzelteile zu integrieren, um den Montageprozess zu vereinfachen und zu beschleunigen. Wie in Abbildung 6.34 und Abbildung 7.2 ersichtlich ist, wird zwischen der oberen und unteren Gehäusehälfte die Wasserwaage und der Schlitten zur Einstellung der Lawinengefahrenstufe eingesetzt. Das bedeutet, dass eine lösbare Verbindung zwischen den Gehäusehälften sinnvoll erscheint, um bei einem Versagen eines der beiden Bauteile eine Reparatur oder einen Austausch vornehmen zu können. Bei der Gestaltung der Rasthaken-Verbindung soll deshalb auf eine Lösbarkeit der Teile geachtet werden.

Der Kompass hingegen wird, wie schon beim Prototyp, in den sogenannten Kompass-Stützen geklebt und die Wasserwaage wird durch einen Presssitz zwischen den Gehäuseschalen gehalten.

Im nächsten Kapitel sollen die Grundzüge einer „Supply Chain“ für das Produkt festgelegt werden.

## 7.3 Auslegung der Supply Chain

Wie in Kapitel 3.4.4 beschrieben, umfasst eine Supply Chain alle Waren-, Geld und Informationsflüsse entlang der gesamten Wertschöpfungskette vom Kunden bis zum Rohstofflieferanten. Im Folgenden wird der Fokus auf die Logistikkette (tradierte Unternehmensbereiche und keine Geldflüsse) gelegt und nur die Strategien der Kernprozesse Planen, Beschaffen, Produzieren und Liefern werden beschrieben.

### 7.3.1 Planen

Der Planungsprozess gilt als übergeordneter Prozess im Supply Chain Management (SCM) und beeinflusst damit verschiedene Phasen der Lieferkette. In dieser Arbeit soll das Augenmerk auf die Bedarfsermittlung gelegt werden und die bereits im vorherigen Kapitel festgelegten Strategien bezüglich Baustruktur in die Lieferkette übernommen werden. Es wird hierfür das Fertigungsstufenverfahren als analytische Methode der

deterministischen Bedarfsermittlung herangezogen. Dieses Verfahren knüpft an die Strukturstückliste an und zeigt für jede Stufe der Fertigung die benötigten Einzel- und Bauteile an. Abbildung 7.4 zeigt das Strukturdiagramm, aufgeteilt in die Fertigungsstufen null, eins und zwei.

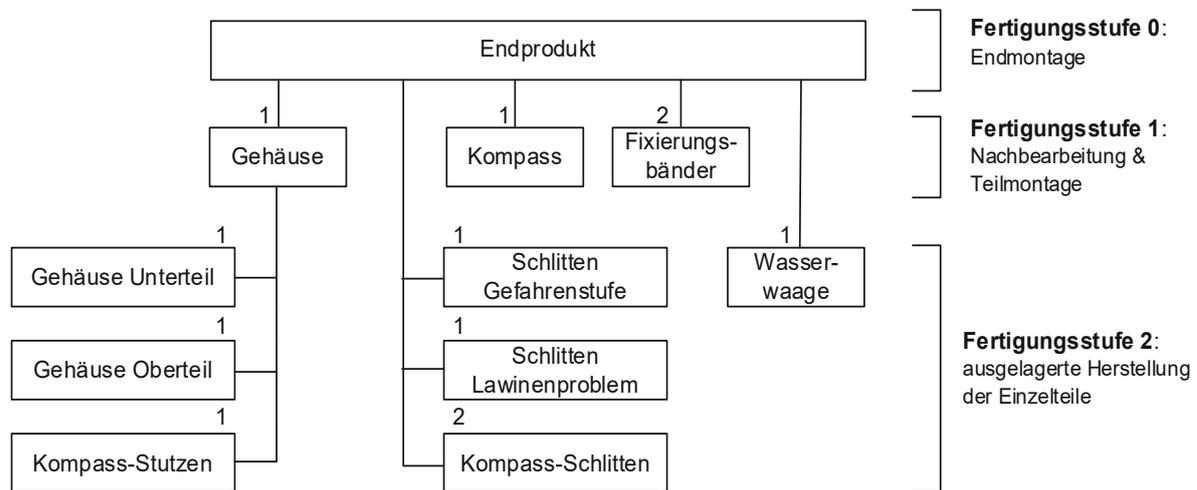


Abbildung 7.4: Bedarfsermittlung mittels Fertigungsstufenverfahren

Fertigungsstufe zwei bezeichnet die externe Herstellung der Spritzgussteile sowie die Fertigung des Wasserwaagen-Systems bei einem Spezialisten. In Stufe eins werden die Kaufteile bezogen und die Spritzgussteile (wenn nötig) nachbearbeitet. Hierzu zählt auch das Aufmalen der Farbskala auf den Schlitten zur Einstellung der Lawinengefahrenstufe. Außerdem werden die Teile des Gehäuses gruppiert, können aber erst in der letzten Fertigungsstufe zusammengesetzt werden, da die Wasserwaage und der Schlitten der Gefahrenstufe zuerst eingelegt werden müssen. In Abschnitt 3.4.5 wird die Montagereihenfolge erläutert. Die Fertigungsstufe null bezeichnet die finale Montage der Bauteile zum Endprodukt.

### 7.3.2 Beschaffen

Im Kernprozess „Beschaffen“ soll eine vertikale Kooperationsstrategie (Sourcing-Strategie) für den Bezug der in Abbildung 7.4 aufgeschlüsselten Einzelteile entwickelt werden. Das festgelegte Konzept wird im Folgenden unter den Gesichtspunkten Herkunft, Anzahl und Aufgabenumfang der Lieferanten sowie Wertschöpfungsverlagerung beschrieben:

- Herkunft der Lieferanten:  
Aus preislichen Gründen wird eine globale Lieferkette mit Schwerpunkt auf den asiatischen Raum aufgestellt.

- Anzahl der Lieferanten:  
Bei dem Bezug der Spritzgussteile wird auf eine „Single-Sourcing“-Strategie gesetzt und mit nur einem Lieferanten eine Kooperation eingegangen. Auch die anderen Bauteile werden von einzelnen Lieferanten bezogen. Grund dafür ist hauptsächlich die geringe Stückzahl, welche bei einer Aufteilung auf mehreren Lieferanten zu noch kleineren Bestellmengen und somit höheren Preisen führen würde.
- Aufgabenumfang:  
Es wird einerseits „Particular-Sourcing“ bei den Kaufteilen (die Einzelteile werden von verschiedenen Lieferanten bezogen) und andererseits „Modular-Sourcing“ bei den Spritzgussteilen sowie der Wasserwaage betrieben. Die Kunststoffteile werden nämlich als Bausatz von einem Lieferanten bezogen und die Wasserwaage wird als Systemeinheit von einem Spezialisten zugekauft.
- Wertschöpfungsverlagerung:  
Wie bereits in Abschnitt 7.1 festgelegt wurde, wird der größte Teil der Wertschöpfung ausgelagert. Lediglich gewisse Nachbearbeitungen und die Endmontage werden intern abgewickelt.

### 7.3.3 Produzieren

Die Produktion wird, zumindest in den ersten Verkaufsperioden, auftragsneutral auf Bestand produziert (make-to-stock). Geplant ist eine anfängliche Stückzahl von 1000 Baugruppen, welche im Push-Prinzip bis zu einem Fertig-Lager durch die Wertschöpfungskette geschoben werden. Der Kundenentkopplungspunkt befindet sich demnach am Ende der Lieferkette. So können Schwankungen im Absatz ausgeglichen und eine schnelle Lieferung an die KundInnen garantiert werden.

Nach der erfolgreichen Einführung des Produktes am Markt und einer Stabilisierung der Nachfrage kann der Entkopplungspunkt zu einer vorgelagerten Stufe der Versorgungskette verschoben werden. Abhängig von den neuen Absatzzahlen ist eine auftragsgesteuerte (make-to-order) Endmontage in Kombination mit einer angepassten Auftrags-Auslöselogik denkbar. Damit könnten Lagerkosten gespart und die Gefahr einer Überproduktion gesenkt werden. Die skizzierten Möglichkeiten sollen lediglich einen Ausblick auf zukünftige Strategien geben, können aber erst zu einem späteren Zeitpunkt ausreichend evaluiert werden.

### 7.3.4 Liefern

Die komplette Logistik der Fertigware wird ausgelagert. Nach der Montage und dem Verpacken der Produkte wird die Ware an einen Logistikdienstleister abgegeben, welcher die Lagerung, Kommissionierung, Endverpackung und den Versand

übernimmt. Die Produkte werden direkt und ohne Zwischenhändler an die KundInnen versendet.

## 7.4 Montageablaufplanung

Für die Festlegung des groben Montageablaufs werden zunächst die einzelnen Teilverrichtungen aufgelistet. Tabelle 23 zeigt die Nummer und Benennung der Tätigkeiten sowie die Richtzeit und eine kurze Beschreibung. Die angegebenen Richtzeiten der Tätigkeiten wurden durch Versuche am Prototyp oder Schätzungen (wo nicht anders möglich) ermittelt. Die Werte sind lediglich als grobe Richtwerte zu verstehen und müssen in der Montage-Feinplanung, welche nicht Teil dieser Arbeit ist, detaillierter bestimmt werden.

Nr.	Teilverrichtung	Richtzeit	Beschreibung
1	Kompass-Stutzen in G.Oberteil einsetzen	2s	Der Kompass-Stutzen wird in das Gehäuse-Oberteil gesetzt.
2	Kompass mit Kompass-Stutzen verkleben	8s	Klebstoff auf Kompass auftragen und in Kompass-Stutzen pressen. Andruckzeit: 2s
3	Kompass-Schlitten auf Kompass-Stutzen montieren	4s	Die beiden Schlitten werden auf dem Rand des Kompass-Stutzens montiert.
4	Farbskala auf LWS-Schlitten auftragen	6s	Der Schieber zur Einstellung der Lawinenwarnstufe (LWS-Schlitten) muss gemäß Abbildung 6.33 mit roter und grüner Farbe besprüht/bemalt werden. Die genaue Vorgehensweise muss noch entwickelt werden. Möglicherweise ist eine zusätzliche Trocknungszeit des Lacks einzuplanen.
5	LWS-Schlitten in G.Unterteil einlegen	2s	Der LWS-Schlitten wird in der unteren Gehäuseschale eingesetzt.
6	LP-Schlitten auf G.Unterteil montieren	2s	Der Schlitten zur Markierung des Lawinenproblems wird in die vorgesehene Schiene am Gehäuse-Unterteil eingeschoben.
7	Wasserwaage in G.Unterteil einsetzen	3s	Die Wasserwaagen-Libelle wird in das Unterteil des Gehäuses eingesetzt.
8	G.Unter- & Oberteil zusammensetzen	2s	Die beiden Gehäusehälften werden zusammengesetzt.
9	Sticker der LP auf Gehäuse kleben	6s	Der Sticker mit den Symbolen der Lawinenprobleme (LP) wird abgezogen, positioniert und auf das Gehäuse klebt.
10	Verpacken	12s	Das fertige Produkt, inkl. Befestigungsgurte, wird mit Füllmaterial in Versandkarton gelegt und dieser verschlossen.
<b>Summe Richtzeit</b>		<b>47s</b>	

Tabelle 23: Teilverrichtungen bei der Montage

In einem zweiten Schritt müssen die Restriktionen bei der Montage festgehalten werden. Diese lauten wie folgt:

- Der Schlitten zur Einstellung der Lawinengefahrenstufe (LWS-Schlitten) muss lackiert werden, bevor er eingebaut wird.

- Der LWS-Schlitten und die Wasserwaage werden zwischen den Gehäusehälften eingeschlossen und müssen deshalb vor der Vereinigung der Hälften eingesetzt werden.
- Der LWS Schlitten muss dabei vor der Wasserwaage eingelegt werden.
- Der Sticker mit den Lawinenproblem-Symbolen kann erst auf das geschlossene Gehäuse geklebt werden.
- Das gesamte Kompass-Modul (Kompass, Kompass-Stutzen und die beiden Schlitten) kann unabhängig von den restlichen Teilen montiert werden und anschließend an die Baugruppe angefügt werden. Die Einzelteile können aber auch schrittweise direkt an das Gehäuse (ohne Vormontage des Moduls) angebracht werden.
- Die elastischen Befestigungsgurte, die für die Montage des Produkts am Skistock benötigt werden, sind am Ende der Verpackung beigelegt und von den selbst anzubringen.

Mit der Bestimmung der Teilverrichtungen in Tabelle 23 und den eben genannten Restriktionen kann der Vorranggraph skizziert werden, welcher in Abbildung 7.5 dargestellt ist.

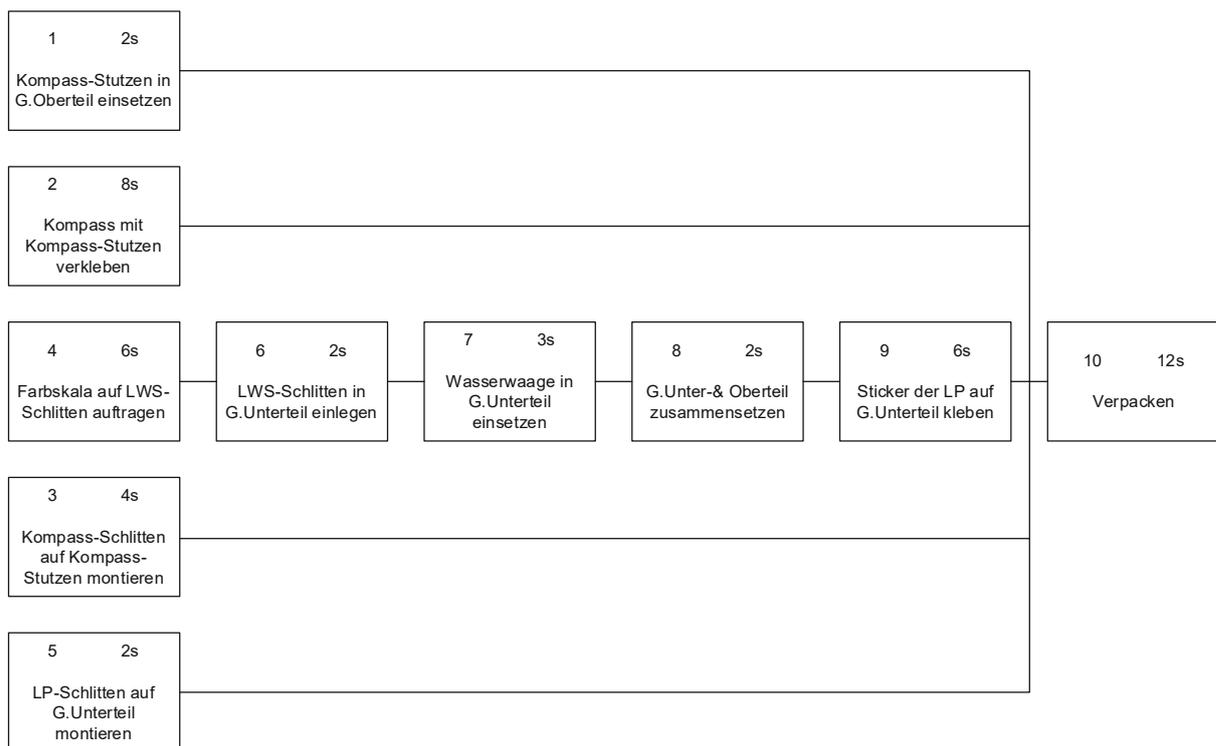


Abbildung 7.5: Vorranggraph der Montageablaufstruktur

Anmerkung: Abhängig von der Wahl des Lackes für die Farbskala ist eine Trocknungszeit desselben einzuplanen. Je nach Länge dieser Prozesszeit kann es sich anbieten, eine größere Anzahl (Charge) von Schlitten im Vorfeld der Endmontage zu lackieren. Beträgt die Trockenzeit hingegen weniger als 16 Sekunden, kann

währenddessen das Kompassmodul (Summe der Teilverrichtungen 1, 2, 3 ergibt 14 Sekunden) sowie der LP-Schlitten (Richtzeit 2 Sekunden) vormontiert werden (die Zeiten der Arbeitsschritte sind in Tabelle 23 nachzulesen).

Im nächsten Kapitel sollen schließlich die Gesamtkosten für die Umsetzung der Produktionsstrategie abgeschätzt werden.

## 7.5 Total Cost of Ownership (TCO)

In diesem Kapitel soll eine Abschätzung der Gesamtkosten des Betriebs für das entwickelte Produkt erstellt werden.

In einem ersten Schritt werden die Angebotspreise der Lieferanten aufgelistet und für die Einheit einer Baugruppe summiert. Entsprechende Transportkosten werden sodann aufgeschlagen. Anschließend werden die Aufwände der intern ausgeführten Montagearbeiten bestimmt und auf eine Produkteinheit heruntergebrochen. Auch die Gemein- und Vertriebskosten werden schließlich aufgeschlagen.

### 7.5.1 Angebotspreise

In diesem Abschnitt werden die Angebote der Lieferanten zusammengefasst und summiert. <sup>15</sup> Tabelle 24 zeigt die Preise des Spritzgießers für die in Abschnitt 7.1.2 klassifizierten Teile und listet neben den variablen Stückkosten auch die fixen Werkzeugkosten auf.

---

<sup>15</sup> Die präsentierten Preise in diesem Kapitel wurden mit einem Faktor von 0,82 (Wechselkurs am 21.05.2021) von US-Dollar in Euro umgerechnet.

Bauteilname	Material	Preis der Werkzeuge [€]	Stückpreis bei 1000 Stk. [€]	Stückpreis bei 5000 Stk. [€]
Gehäuse Unterteil	ABS	4.100,00	0,5740	0,3854
Gehäuse Oberteil	ABS		0,3854	0,2460
Kompass-Stutzen	ABS		0,3854	0,2460
LWS-Schlitten	PC		0,3854	0,2460
Schlitten Kompass UZ	ABS	2.583,00	0,2870	0,2050
Schlitten Kompass GUZ	ABS		0,2870	0,2050
Schlitten Lawinenproblem	ABS		0,2870	0,2050
<b>Summe:</b>		<b>6.683,00</b>	<b>2,5912</b>	<b>1,7384</b>
<b>Stückpreis (bei 1000 Stk.)</b>	<b>9,274 €</b>			
<b>Stückpreis (bei 5000 Stk.)</b>	<b>3,075 €</b>			

Tabelle 24: Angebot der Spritzgussteile

Neben dem Angebot für die Fertigung mittels Spritzgießen wird auch ein Angebot für das Vakuumgießen eingeholt. Das Vakuumgießen eignet sich, wie bereits in Abschnitt 3.4.2 besprochen, nur für kleinere Stückzahlen bis zu einigen hundert Stück. Das folgende Angebot aus Tabelle 25 hat deshalb lediglich für eine eventuelle Vorserie mit einem Volumen von 500 Stück Relevanz. Es werden Materialien gewählt, welche die in Tabelle 24 angegebenen Werkstoffe (ABS und PC) simulieren sollen.

Bauteilname	Stückpreis bei 500 Stk. mittels Vakuumguss
Komplette Baugruppe	9,512€

Tabelle 25: Angebot für Vakuumguss

Im nächsten Schritt werden die eingeholten Angebote der Zukaufteile zusammengefasst. Die folgende Tabelle 26 zeigt die Preise.

Teilebezeichnung	Stückpreis bei 500 Stk. [€]	Stückpreis bei 1000 Stk. [€]	Stückpreis bei 5000 Stk. [€]
Wasserwaage	0,9840	0,9020	0,7667
Kompass [60]	0,0984	0,0738	0,0656
Befestigungsgurte (2er Set)	2,0500	1,1726	0,4838
Sticker (Lawinenprobleme) <sup>16</sup> [61]	0,1100	0,0610	0,0234
<b>Summe</b>	<b>3,2424</b>	<b>2,2094</b>	<b>1,3395</b>

Tabelle 26: Preise der Zukaufteile

Summiert man die Gesamtkosten, erhält man einen Preis für die gesamte Baugruppe (auf Auftrag gefertigte und zugekaufte Teile) unter Abhängigkeit der Stückzahl. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Tabelle 27 aufgelistet.

	Bei 500 Stk. <sup>17</sup>	Bei 1000 Stk.	Bei 5000 Stk.
Preis der Baugruppe	12,754 €	11,456 €	4,415 €

Tabelle 27: Preis der kompletten Baugruppe inkl. Zukaufteile

## 7.5.2 Pipeline-Kosten

Der Bezug der extern gefertigten sowie zugekauften Teile ist mit entsprechenden Pipeline-Kosten verbunden. Diese Import-Nebenkosten umfassen:

- Versandkosten
- Zollgebühren
- Einfuhrumsatzsteuer
- Sonderabgaben (Verbrauchssteuern)
- Servicegebühren des Transportunternehmens [62]

In Tabelle 28 wird eine grobe Abschätzung dieser Aufwände vorgenommen. Die einzelnen Preissätze werden dabei der kompletten Baugruppe (gefertigte und gekaufte Teile) zugeschlüsselt, mit der Annahme, dass alle Teile in einer Lieferung versandt werden und unter den gleichen Zolltarif fallen. Die prozentuellen Anteile aus Spalte zwei werden mit den Gesamtpreisen der Baugruppe aus Tabelle 27 verrechnet und das Gewicht einer Produkteinheit wird auf 15 Gramm geschätzt (entspricht der Masse des Prototyps). Sonderabgaben und Servicegebühren werden in der Rechnung vernachlässigt.

<sup>16</sup> Es werden mehrere Sticker auf einen Aufkleber gedruckt und müssen somit vor der Verwendung ausgeschnitten werden.)

<sup>17</sup> Herstellung mittels Vakuumguss

Kostenstelle	Anteil	Kosten für 500 Stk.	Kosten für 1000 Stk.	Kosten für 5000 Stk.	Referenzen
Versand	6,20€/kg	46,50 €	93,00 €	465,00 €	[63]
Zoll	6,50%	414,51 €	744,64 €	1.434,88 €	[64]
Einfuhrsteuer	20%	1.275,40 €	2.291,20 €	4.415,00 €	[65]
Summe		1.736,41 €	3.128,84 €	6.314,88 €	
<b>Kosten pro Baugruppe</b>		<b>3,47 €</b>	<b>3,13 €</b>	<b>1,26 €</b>	

Tabelle 28: Pipeline-Kosten

### 7.5.3 Interne Produktionskosten

Als interne Produktionskosten werden in dieser Arbeit die Summe aus den direkten und indirekten Prozesskosten, sowie die „Set-Up“- und Gemeinkosten angesehen. Konkret werden dafür die Lohnkosten und die Betriebskosten der Gebäude und Anlagen für die Berechnung herangezogen.

- **Personalkosten**

Es wird ein/e Angestellte/r mit Abschluss einer Höheren Technischen Lehranstalt (HTL) für die gesamten Tätigkeiten im Produktionsumfeld angeworben. Für die Entlohnung wird der Rahmenkollektivvertrag des Fachverbandes der Metalltechnischen Industrie herangezogen. Dieser sieht ein Mindestgehalt von 2.328,44 € für die der Ausbildung entsprechenden Beschäftigungsgruppe D vor. Berücksichtigt man die Lohnnebenkosten des Dienstgebers, rund 700€, dann belaufen sich die monatlichen Lohnkosten auf 3.027,91€. [66, 67]

Die Dauer des Arbeitsvertrages wird durch die Hochrechnung der benötigten Arbeitszeit für die Herstellung der ersten Produktionsserie von 1000 Stück bestimmt. Zusätzlich wird eine im Projektteam festgelegte Pauschale von 25% der errechneten Zeit für Neben- und Gemeintätigkeiten aufgeschlagen.

Mit der (vorläufigen) geplanten Arbeitszeit für die Montage einer kompletten Baugruppe von rund 47 Sekunden (laut Tabelle 23) errechnet sich die gesamte Arbeitszeit wie folgt:

$$\begin{aligned}
 \text{Gesamte Arbeitszeit} &= \frac{\text{effektive Arbeitszeit pro Einheit} * 1000 * 1,25}{3600} \\
 &= \frac{47 * 1000 * 1,25}{3600} h = 16,32h
 \end{aligned}$$

(1)

Die Montagetätigkeiten können also in rund zwei Arbeitstagen abgewickelt werden. Da es aber auch eine Zeit für die Einarbeitung und das „Set-Up“ der Arbeits- und Betriebsmittel braucht, wird ein weiterer Arbeitstag eingeplant. Die Dauer der Anstellung beträgt in Summe also drei Tage.

Bei einer Teilzeitbeschäftigung ist laut Kollektivvertrag das Mindestgehalt durch 38,5 zu teilen und mit der vereinbarten Wochenstundenzahl zu vervielfachen. Da es sich im vorliegenden Fall um einen befristeten Vertrag handelt, welcher nur einmalig drei Arbeitstage (24 Arbeitsstunden) in einer Woche vorsieht, wird das erhaltene Ergebnis durch vier geteilt (vier Wochen pro Monat), um das Monatsgehalt korrekt auf die 24 Arbeitsstunden herunterzuberechnen. Formel (2) zeigt den Rechenweg und das Ergebnis.

$$\text{Entlohnung} = \frac{\text{Mindestmonatsgehalt} * 24}{38,5 * 4} = \frac{3027,91\text{€} * 24}{38,5 * 4} = 471,88\text{€}$$

(2)

Es soll an dieser Stelle angemerkt werden, dass bei rund drei Tagen Arbeitszeit die Sinnhaftigkeit einer intern durchgeführten Montage (bei 1000 Stück) in Frage zu stellen ist. Falls kein betriebsinternes Personal freigestellt werden kann (oder gar vorhanden ist), bietet es sich wider den in o.g. Vorteilen einer Eigenmontage an, den Zusammenbau der Teile auszulagern. Alternativ ist die Beauftragung eines Freiberuflers in Erwägung zu ziehen. Für den weiteren Verlauf dieser Arbeit wird jedoch mit den in (2) bestimmten Lohnkosten gerechnet.

- **Betriebskosten für Gebäude und Anlagen**

Es wird davon ausgegangen, dass keine innerbetrieblichen Räumlichkeiten für den Montageprozess zur Verfügung stehen. Auch eventuelle Halterungen, Maschinen und Montagehilfsmittel müssen gesondert angeschafft werden.

Für den Zweck der Unternehmung wird deshalb auf eine temporäre Anmietung eines passenden Raumes in einer s.g. „Shared Facility“ zurückgegriffen. Der Mietpreis einer solchen Räumlichkeit wird durch Vergleich verschiedener Anbieter (siehe [68]) auf **350€ pro Monat** geschätzt. In diesem Preis sind bereits alle Nebenkosten sowie das benötigte Werkzeug inkludiert. Das Objekt wird für die Dauer eines Monats angemietet und kann damit neben seiner Funktion als Produktionsstätte auch als Lager und Vertriebsbüro genutzt werden.

#### 7.5.4 Logistikkosten

Wie bereits in Abschnitt 7.3 beschrieben, wird die Fertigwaren-Logistik ausgelagert. Die Produkte werden nach der Montage in verpacktem Zustand auf eine Palette

geladen und dem Logistik-Dienstleister übergeben. Dieser übernimmt die folgenden Schritte:

- Einlagern (die Palette wird in einem Warenlager eingelagert)
- Kommissionieren und Verpacken (bei Eingang einer Bestellung wird das Produkt vom Lagerort zum Verpackungsort kommissioniert und dort versandfertig verpackt<sup>18</sup>)
- Versand (weltweiter Versand direkt zu den EndkundInnen)
- Retouren-Management (wird im vorliegenden Fall nicht beansprucht)

Tabelle 29 listet die Kosten für die Dienstleistung auf. Die Einzelheiten des Angebots sind im Anhang nachzulesen.

In der Kostenrechnung wird davon ausgegangen, dass alle 1000 Stück auf eine Palette passen und somit nur eine Warenanlieferung erforderlich ist. Bei einer SKU-Einheit (Stock Keeping Unit – marktfähige Form des Produktes, also vollständig verpackte End-Ware) mit Abmaßen von grob 100 x 80 x 50cm können sogar bis zu 3600 Einheiten auf eine Palette geladen werden (bei einer maximalen zulässigen Höhe von 160cm).

Außerdem wird in der Berechnung davon ausgegangen, dass das gesamte Produktionsvolumen innerhalb von sechs Monaten abgesetzt wird.

Leistung	Kosten	Häufigkeit
Warenannahme fix	4,00 €	1
Warenannahme pro Palette	2,00 €	1
Einlagerung ohne Zählung	0,90 €	1
Lagerung (pro Palette und Monat)	9,90 €	6
Pick (einmalig pro Sendung)	0,90 €	1000
Pick (pro Gegenstand in Sendung)	0,35 €	1000
Verpacken (Arbeit + Material)	1,00 €	1000
Servicepauschale Versand (hochgerechnet auf 6 Monate <sup>19</sup> )	552,00 €	1
<b>Kosten gesamt</b>		<b>2.868,30 €</b>
Kosten pro Einheit		<b>2,87 €</b>

**Tabelle 29: Kosten für die Logistikdienstleistung**

<sup>18</sup> Die Produkte sind zwar schon verpackt, aber es wird eine zweite, stabile Karton-Verpackung für den Versand benötigt. Außerdem wird das Versandlabel angebracht und Zolldokumente beigelegt.

<sup>19</sup> Die Pauschale beträgt 15% der Versandkosten und wird monatlich berechnet. Bei der Hochrechnung wurde GLS National als Versandart mit einem Preis von 3,65€ gewählt.

Wie Tabelle 29 zeigt, belaufen sich die Logistikkosten pro Einheit auf 2,87€. Im folgenden Abschnitt wird dieser Aufwand zu den restlichen Kosten addiert, um damit den „Total Cost of Ownership“ zu bestimmen.

### 7.5.5 Gesamtkosten – TCO

Die Gesamtkosten des Betriebs, der „Total Cost of Ownership“, kann schließlich durch die Summe, der in den letzten Abschnitten aufgelisteten oder berechneten Teilkosten, bestimmt werden. Tabelle 30 fasst die Teilergebnisse zusammen und gibt in der letzten Zeile die Gesamtkosten pro Stück an.

Kostenstelle	Preis bei 500 Stk.	Preis bei 1000 Stk.	Preis bei 5000 Stk.
Kunststoffteile	9,512 €	9,247 €	3,075 €
Kaufteile	3,242 €	2,209 €	1,340 €
Transport	3,473 €	3,129 €	1,263 €
Personal	0,629 €	0,472 €	0,472 €
Gebäude und Anlagen	0,700 €	0,350 €	0,070 €
Logistik	2,930 €	2,870 €	2,830 €
<b>TCO</b>	<b>20,486 €</b>	<b>18,277 €</b>	<b>9,049 €</b>

Tabelle 30: Zusammenfassung der Kosten und TCO

Wie Tabelle 30 zeigt, belaufen sich die Gesamtkosten pro Stück bei dem geplanten Produktionsvolumen von 1000 Stück auf rund 18€. Unter Berücksichtigung einer handelsüblichen Verkaufsmarge von etwa 50 – 100% kann damit ein Verkaufspreis von rund 27€ – 36€ angesetzt werden. Dieser Preisbereich befindet sich an der oberen Grenze des vom Markt akzeptierten Niveaus (siehe Kapitel 6, Produktenwicklung). Anzumerken ist, dass in der Punktebewertung des finalen Prototyps in Tabelle 22, Abschnitt 6.10.2, von einem Preis von rund 25€ ausgegangen wurde. Die technische Wertigkeit ist demnach geringfügig nach unten zu korrigieren, erreicht aber trotzdem einen sehr guten Wert von 83%.

Auffallend gering ist der Kostenunterschied, wenn die Stückpreise einer Produktion von 500 und einer Produktion von 1000 Stück verglichen werden. Die Diskrepanz ist weitestgehend auf die Kaufteile zurückzuführen und dort im Speziellen auf den Preis der Befestigungsurte, wie Tabelle 26 zeigt. Zum Zeitpunkt der Angebotserstellung kann der ausgewählte Lieferant kein Standard-Teil auf Lager anbieten und muss die Gurte somit auf Auftrag fertigen. Der hohe Fixkostenanteil des Werkzeuges wirkt sich dementsprechend auf die Stückpreise aus. Dennoch liegt der Gesamtpreis in einem Rahmen, der für die Herstellung einer Vorserie interessant erscheint.

Die Unternehmung wird aber zunehmend rentabler, wenn die Stückzahl erhöht wird, wie der Gesamtpreis für ein Volumen von 5000 Stück zeigt. Die Kosten halbieren sich grob und die Gewinnmarge verdoppelt sich infolgedessen.

## 8 Conclusio

Das Ziel dieser Arbeit war es, ein simples, robustes und trotzdem bedeutendes Hilfsmittel zu entwickeln, das vor allem die unerfahrenen SkitourengeherInnen und Freerider bei der Risikoeinschätzung im ungesicherten Gelände unterstützt. Im Vordergrund der Entwicklung sollte die Benutzungsfreundlichkeit stehen und der Mehrwert sollte vielmehr durch die schnelle und praktische Anwendung der Vorrichtung, als durch den Einsatz hochtechnologischer Messtechnik gewonnen werden.

Zu Beginn der Arbeit wurde mittels einer Produkt- und Patentrecherche ein Überblick über bestehende Lösungen im Bereich der Lawinenprävention gegeben. Der Fokus der Recherche wurde dabei auf technische Hilfsmittel zur Lawinenrisikobewertung sowie multifunktionale Skistöcke gelegt. Auch das webbasierte Planungstool *skitouren guru.ch* wurde vorgestellt, da es von ExpertInnen als sehr vielversprechende und zukunftsweisende Form des Lawinenrisikomanagements angesehen wird [17, 56]. Als Fazit der Untersuchung wurde festgehalten, dass es zwar einige Entwicklungen zu technischen Hilfsmitteln in der Lawinenprävention, auch in Verbindung mit Skistöcken, gibt, aber sich diese entweder in Bezug auf die Zielgruppe, den Umfang und der Qualität der gelieferten Unterstützung bei der Bewertung, oder dem Zeitpunkt (Phase) der Anwendung des Produktes von der vorliegenden Produktidee unterscheiden. Es konnte also kein direktes Konkurrenzprodukt zur gegenständlichen Produktentwicklung identifiziert werden.

In einer der Recherche anschließenden Marktanalyse wurde die Zielgruppe festgelegt und Marktkennzahlen ermittelt. Die Zielgruppe umfasst die Gruppe der AnfängerInnen, Unerfahrenen sowie einen Teil der PistengeherInnen und die geübten, aber in der Risikobewertung unsicheren SkitourengeherInnen. Für die Ermittlung des Marktvolumens wurde angenommen, dass der Anteil der Zielgruppe an der Gesamtheit der SkitourengeherInnen rund 50% beträgt. Bei einer Gesamtzahl von rund 1,5 Millionen TourengeherInnen in den Alpenländern Österreich, Deutschland, Italien, Frankreich und Schweiz entspricht das knapp 750.000 potenziellen KundInnen. Es wurde geschätzt, dass ein Marktanteil von 10% (entspricht 75.000 Stück) innerhalb von 10 Jahren erreicht werden kann.

Nach der Marktanalyse wurde die Produktentwicklung mit einer gründlichen Untersuchung der in [1] und [2] entwickelten Lösungsvarianten begonnen. Die Erkenntnisse daraus wurden dazu verwendet die Produkthanforderungen in einem „Quality Function Deployment“ (QFD) neu aufzulisten und gemäß ihrer Bedeutung zu gewichten. Das Ergebnis zeigte, dass die Entwicklung vor allem auf ein zuverlässiges Bewertungsergebnis, eine einfache Bedienung und eine robuste, wetterfeste und simple Bauweise Wert legen sollte. Eine anschließende Transformation der

Kundenanforderungen in technische Design-Parameter machte deutlich, dass die Anzahl der zu messenden Parameter und der zu tätigen Einstellungen sowie die Auswahl des zugrundeliegenden Bewertungsmodells kritische Erfolgsmerkmale für das zukünftige Produkt darstellen. Diese Design-Parameter nehmen nämlich Einfluss auf die entscheidenden Kundenanforderungen bezüglich der Bedienung und der Bauweise der Vorrichtung sowie der Qualität des Bewertungsergebnisses.

Im nächsten Schritt wurden die notwendigen Funktionen des zukünftigen Produktes festgelegt und in einem Funktionsdiagramm verknüpft, um anschließend einen Katalog der bisherigen Teillösungen in Form eines morphologischen Kastens zu erstellen. Nach einer abschließenden Punktebewertung der in [1] und [2] hervorgebrachten Gesamtlösungsvarianten wurden die besten Teillösungen ausgewählt und ein neues Lösungskonzept entwickelt. Gemäß „Design Thinking“ soll dieses Konzept als „Vision Prototype“ eine Vision des zukünftigen Produktes darstellen und die konvergierende Phase der Produktentwicklung einleiten. In den folgenden Schritten wurden die Teillösungen in mehreren Iterationsstufen als „X-is-finished-Prototypes“ konkretisiert, um schließlich einen finalen Prototyp präsentieren zu können. Im Zuge dieses Prozesses wurde laufend Feedback von potenziellen NutzerInnen eingeholt und ein Test unter realen Bedingungen sowie ein Experteninterview durchgeführt. Diese Vorgehensweise stützt sich auf die Philosophie des „Design Thinking“, die sich eine nutzerInnenzentrierte Entwicklung zum Ziel setzt. Die abschließende Punktebewertung des finalen Prototyps ergibt eine „sehr gute“ gewichtete, technische Wertigkeit von 87%.

Im letzten Kapitel dieser Diplomarbeit wurde eine Produktionsstrategie für den vorgestellten Prototyp entwickelt und die Gesamtkosten des Betriebs berechnet. Dabei wurde eine Stückzahl von 1000 Stück festgelegt, aber zusätzlich auch die Möglichkeit einer Produktion von 500 und 5000 Stück überprüft. In der gewählten Produktionsstrategie werden die Bauteile extern gefertigt und von einzelnen Lieferanten aus dem asiatischen Raum bezogen. Grund dafür sind die geringen Kosten bei der überschaubaren Losgröße im Vergleich zu einer Eigenfertigung oder Beschaffung von europäischen Herstellern. Die Kunststoffteile, das Gehäuse und die einzelnen Schlitten, werden spritzgegossen (bei einer Losgröße von 500 Stück Vakuumgegossen) und genauso wie die Wasserwaage in Form eines „Modular-Sourcing“ von spezialisierten Herstellern geliefert. Kompass, Befestigungsgurte und Aufkleber können hingegen als Standardteile zugekauft werden. Die Montage erfolgt betriebsintern nach einem definierten Vorranggraphen (Abbildung 7.5). Die gesamte Fertigwarenlogistik wird dagegen ausgelagert.

Mit der festgelegten Produktionsstrategie konnten entsprechende Angebote von Herstellern, Lieferanten und einem Logistikdienstleister eingeholt werden, um anschließend die Gesamtkosten des Betriebs für ein Produktionsvolumen von 500,

1000 und 5000 Stück zu berechnen. Das Ergebnis zeigt, dass sich die Stückkosten bei 1000 Stück auf rund 18€ belaufen und damit ein aus den Feedbackgesprächen ermittelter, interessanter Verkaufspreis von 27€-36€ möglich ist. Die Kosten bei 500 Stück liegen bei rund 20,50€ und damit rund 2,5€ höher als bei doppelter Ausbringungsmenge. Bei einem Produktionsvolumen von 5000 Einheiten hingegen halbieren sich die Kosten im Vergleich zu einer Losgröße von 1000 Stück auf rund 9€. Dementsprechend verdoppelt sich die Gewinnmarge bei gleichbleibendem Verkaufspreis und die Unternehmung ist deutlich profitabler.

## 9 Schlussfolgerung / Resümee / Ausblick

Nach erfolgreichem Abschluss der Produktentwicklung und der Festlegung einer passenden Produktionsstrategie soll an dieser Stelle Raum für Diskussionen geboten und kritische Aspekte der Arbeit angesprochen werden. Außerdem wird ein Ausblick auf den weiteren Verlauf des Projektes gegeben.

Über die Sinnhaftigkeit der gegenständlichen Produktentwicklung wurde bereits in der vorausgehenden Bachelorarbeit ([1]) ausgiebig diskutiert. Auch hier soll noch einmal in aller Kürze auf die Relevanz der Entwicklung im Vergleich zu bestehenden Lösungen eingegangen werden. Die wichtigste Gegenüberstellung muss hier mit der Plattform *skitouren guru.ch* getroffen werden, welche einen Vorgeschmack auf die Möglichkeiten von „Machine Learning“ und künstlicher Intelligenz im Bereich der Lawinenrisikobewertung gibt. ExpertInnen sehen viel Potenzial in der Technologie und einige vermuten sogar die Zukunft des Risikomanagements darin (sowohl im Alpinforum [17] als auch im Feedbackgespräch mit Michael Larcher wurde auf die Relevanz des Ansatzes hingewiesen). Aufgrund ihrer Bedeutsamkeit wurde die Plattform zu Beginn dieser Arbeit gründlich beschrieben, um in weiterer Folge die Sinnhaftigkeit einer Produktentwicklung entgegen diesem Trend zu begründen. Durch ExperInneninterviews einerseits und durch eine bewusste Positionierung des in dieser Arbeit entwickelten Produktes andererseits kann gesagt werden, dass die Entwicklung nicht in Konkurrenz zum angesprochenen, datenbasierten Ansatz (*skitouren guru.ch*) steht. Der Einsatz der Plattform *skitouren guru.ch* beschränkt sich nämlich auf die Planungsphase einer Tour und hilft demnach nur bei der Auswahl einer, den Verhältnissen angepassten Route. Die in dieser Arbeit durchgeführte Entwicklung zielt hingegen auf eine Unterstützung während der Tour ab. Außerdem positioniert sich das entwickelte Produkt klar als robuste Verkörperung der Faustregeln und will durch seine einfache und schnelle Bedienung eine möglichst breite Masse an SkitourengeherInnen ansprechen. Es wird dabei viel eher auf ein ungefähr richtiges Ergebnis Wert gelegt, das einfach und schnell bestimmt werden kann, als auf eine akribisch genaue Analyse der Situation, welche in vielen Fällen ohnehin nur einen begrenzten Mehrwert bringt (vgl. Diskussion über Schneedeckeanalyse in [1]). Das Tool kann in dieser Hinsicht als physische (oder dreidimensionale) Ausführung der „Stop or Go“-Karte des ÖAV bezeichnet werden, wie Larcher und Mössmer im Gespräch interpretierten.

Um den Erfolg der Arbeit und das Erreichen der eben beschriebenen Ziele zu bestätigen, sei auf die vielversprechende technische Wertigkeit von 87% sowie auf das positive Feedback einzelner Befragter verwiesen. Eine statistisch haltbare Umfrage sowie ein Feldtest sind jedoch noch ausständig und sollten als konsequenter nächster Schritt im Anschluss dieser Arbeit durchgeführt werden. Damit kann das Risiko der Unternehmung bei Markteinführung deutlich gesenkt werden.

Einige konstruktive Änderungen am Prototyp sind für den Produktionsstart noch ausständig und wurden in der Arbeit diskutiert. Es handelt sich dabei größtenteils um die fertigungs- oder montagegerechte Umgestaltung einzelner Komponenten.

Ein weiterer Punkt, der für die Auslegung des Serienprodukts geklärt werden muss, betrifft die Applikation des Aufklebers der Lawinenprobleme. Hier ist ein zuverlässiges Verfahren zu finden, das die Haltbarkeit der Funktion über die Produktlebensdauer hinaus gewährleistet. Nur durch den integrierten Klebestreifen des Stickers selbst ist ein beständiges Haften nicht zu erwarten.

Außerdem ist die Funktionalität aller zugekauften Komponenten zu überprüfen. Besonders die Zuverlässigkeit der Wasserwaage und des Kompasses hat sich bei den Tests als kritisch für die Gesamtfunktion herausgestellt. Muss hier auf teurere, qualitativ höherwertige Produkte zurückgegriffen werden, könnte das die Gesamtkosten in die Höhe treiben. Umgekehrt bieten die Befestigungsgurte noch Potenzial Kosten einzusparen. Das eingeholte Angebot bezieht sich nämlich auf eine Auftragsfertigung und nicht, wie ursprünglich festgelegt, auf eine standardisierte Ausführung.

Auch in der Produktionsstrategie sind alternative Vorgehensweisen auszuloten. Insbesondere die Sinnhaftigkeit einer innerbetrieblichen Montage bei einer Stückzahl von 1000 Baugruppen und einer geplanten Arbeitszeit von nur drei Tagen ist anzuzweifeln. Eine wirtschaftlichere Lösung könnte hier die Beauftragung eines externen Dienstleisters oder die befristete Beschäftigung eines/r FerialarbeiterIn sein.

Die Gesamtkosten der Unternehmung fallen bei der angepeilten Losgröße von 1000 Stück grenzwertig hoch aus, sind aber noch im Rahmen der Wirtschaftlichkeit. Wirklich interessant wird die Produktion ab etwa 5000 Stück, wie die Berechnung zeigt. Auch ein derartiges Absatzvolumen ist durchaus möglich, bedenkt man das Marktpotenzial von rund 750.000 Stück. Der Verkaufsstart eines solchen neuartigen Produkts ist jedoch stets mit großen Unsicherheiten behaftet, weshalb ein Kompromiss zwischen Stückpreis und Risiko eingegangen werden muss.

Auch die Wahl eines angemessenen Verkaufspreises spielt eine bedeutende Rolle für den Erfolg des Produkts und der Unternehmung. In den Feedbackgesprächen hielten NutzerInnen und ExpertInnen einen Preisbereich von 20 – 40€ als akzeptabel. Dabei ist zu beachten, dass abhängig von der Distributionsstrategie auch eine Verkaufsmarge für Zwischenhändler einzurechnen ist. Eine solche Einbindung von Fachhändlern in das Vertriebsnetz könnte für den Verkauf sinnvoll sein, um den Mehrwert des Produkts durch ein Verkaufsgespräch verständlich vermitteln zu können. Während die Entwicklung einer derartigen Vertriebsstrategie sowie eines passenden Marketingkonzepts in dieser Arbeit vernachlässigt wurde, sollte dies im weiteren Verlauf des Projekts beachtet werden. Gelingt es den Nutzen des Produktes zu

kommunizieren, kann das Produktionsvolumen im Verlauf der nächsten Jahre deutlich gesteigert werden. Denkbar ist eine Skalierung auf bis zu 75.000 Stück (entspricht einem ungefähren Marktanteil von zehn Prozent). Entsprechend der Stückzahl muss auch die Produktionsstrategie angepasst werden. Während bspw. bei einer Charge von 1000 Stück noch eine ausgelagerte Montage sinnvoll erscheint (wurde bereits in Kapitel 7.5.3 diskutiert) wird mit ansteigendem Arbeitsaufwand ein eigener, innerbetrieblicher Zusammenbau zunehmend vorteilhafter.

Neben der geplanten Nutzung der Vorrichtung auf privaten Touren, hat sich im Zuge der Arbeit ein weiteres, mögliches Anwendungsfeld gezeigt. Wie durch Larcher und Mössmer angeregt wurde, bietet das Produkt durch seine anschauliche Umsetzung der Risikomanagement-Grundregeln das Potenzial als didaktisches Mittel zu dienen. Das bedeutet, dass das Tool etwa bei Lawinen-Sicherheits-Kursen eingesetzt werden könnte, um den Teilnehmern die etablierten Strategien, wie die „Stop or Go“-Methode, näher zu bringen. Um diese Möglichkeit zu nutzen, muss eine enge Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Organisationen angestrebt werden und darauf hingearbeitet werden, dass das Produkt in die Teilnehmer-Ausrüstungsliste der Kurse aufgenommen wird. Ein erster Schritt in diese Richtung könnte eine frühzeitige Zusammenarbeit bereits während des geplanten Feldtests sein.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die intensive Produktentwicklung ein sehr gelungenes Konzept hervorgebracht hat, das auch neben den aktuellen Vorstößen in Richtung maschinelles Lernen und künstlicher Intelligenz (*skitourenguru.ch*) einen berechtigten Platz als unterstützendes Hilfsmittel in der Risikobewertung findet (auch durch Larcher in Abschnitt 6.9.3 bestätigt). Der große Nutzen wird dabei durch die schnelle und einfache Benutzung erreicht, ohne dabei auf ein zuverlässiges Ergebnis verzichten zu müssen. Das vielversprechende Resultat der Kostenrechnung sowie das große Marktpotenzial und der aktuelle Boom in der Skitourenindustrie legen eine weitere Verfolgung des Projektes nahe.

## 10 Literaturverzeichnis

- [1] P. Oberrauch, „Produktentwicklung eines multifunktionalen Skistockes, der bei der Bewertung des Risikos im ungesicherten Gelände unterstützt“. Bachelorarbeit, Institut für Fertigungstechnik und Photonische Technologien, Technische Universität Wien, 2019.
- [2] P. Oberrauch, „Produktentwicklung eines multifunktionalen Skistockes, der bei der Bewertung des Risikos im ungesicherten Gelände unterstützt“. Projektarbeit, Institut für Fertigungstechnik und photonische Technologien, Technische Universität Wien, 2020.
- [3] Österreichischer Alpenverein, *Lawinen-Know-How: Der Skitouren-Winter 2020/21*. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.alpenverein.at/portal/news/aktuelle\\_news/2020/2020\\_10\\_20\\_wissen-skitourensaison-2020.php](https://www.alpenverein.at/portal/news/aktuelle_news/2020/2020_10_20_wissen-skitourensaison-2020.php) (Zugriff am: 14. Juni 2021).
- [4] Ortovox, *Check and Ride Manual: Bedienungsanleitung mit Hintergrund-Informationen und Sicherheitshinweisen*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.yumpu.com/da/document/read/4167460/check-and-ride-manual-german-ortovox>.
- [5] „Check and Ride“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.amazon.it/Ortovox-Check-And-Ride/dp/B00521YEEU>
- [6] Freeskiers Forum, *Thema: Ortovox Check & Ride*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.freeskiers.net/community/showthread.php?7892-Ortovox-Check-amp-Ride> (Zugriff am: 2. Oktober 2020).
- [7] *Avatech*. [Online]. Verfügbar unter: <https://about.avatech.com> (Zugriff am: 28. September 2020).
- [8] Mountain Hub, *Connectivity in the outdoors*. [Online]. Verfügbar unter: <https://about.mountainhub.com/connected-devices/#product-1> (Zugriff am: 28. September 2020).
- [9] *Propagation Lab*. [Online]. Verfügbar unter: <https://app.propagationlabs.com/#/>.
- [10] K2, *K2 Lockjaw*. [Online]. Verfügbar unter: <https://k2snow.com/en-at/p/lockjaw-carbon-pole>.
- [11] Backcountry Access, *Slope Meter*. [Online]. Verfügbar unter: <https://backcountryaccess.com/en-it/p/slope-meter> (Zugriff am: 1. Oktober 2020).
- [12] Pole Clinometer, *The Ski Pole Inclinator Sticker*. [Online]. Verfügbar unter: <https://poleclinometer.com> (Zugriff am: 1. Oktober 2020).
- [13] Fresh Alpine Lines, *PoleClinometer Review*. [Online]. Verfügbar unter: <https://freshalpinelines.wordpress.com/2017/02/16/pole-clinometer-review/> (Zugriff am: 1. Oktober 2020).
- [14] [Online]. Verfügbar unter: [www.skitouren guru.ch](http://www.skitouren guru.ch) (Zugriff am: 4. November 2020).
- [15] Günter Schudlach, „Quantitative Reduktionsmethode (QRM): Eine datenbasierte Methode zur Berechnung des Lawinenrisikos für Wintersportler“, *bergundsteigen*, Nr. 106, S. 30–42, 2019.
- [16] Günter Schudlach, „Reduktionsmethode im Computerzeitalter: Eine neue Methode hilft bei der Planung einer Skitour mit tiefen Lawinenrisiko“, *Die Alpen*, 02/2019, S. 17–

- 21, 2019. [Online]. Verfügbar unter: [https://info.skitourennguru.ch/download/media/DieAlpen\\_2019\\_02\\_QRM\\_de.pdf](https://info.skitourennguru.ch/download/media/DieAlpen_2019_02_QRM_de.pdf)
- [17] Günter Schudlach, „Automatisierte, digitale Lawinenrisikobeurteilung“, 22. Okt. 2020.
- [18] Anita Bachmann, „Der Computer als Skitourenautor: Automatisch generierte Skitourenkarte“, *Die Alpen*, 02/2020, S. 28–31, 2020. [Online]. Verfügbar unter: [https://info.skitourennguru.ch/download/media/DieAlpen\\_2020\\_02\\_DerComputerAlsSkitourenautor\\_DE.pdf](https://info.skitourennguru.ch/download/media/DieAlpen_2020_02_DerComputerAlsSkitourenautor_DE.pdf)
- [19] Ao. Univ. Prof Dr. Wolfgang Wimmer, „Teil-4-Patentrecherche“, 23. Apr. 2020.
- [20] Internationale Handelskammer (IHK) / Europäische Gesellschaft für Meinungs- und Marketing-Forschung, „Internationaler Kodex für die Praxis der Markt- und Sozialforschung“, 1994. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.werbemonitor.at/medien/dateien/vertraege\\_und\\_co/marktmeinungsforschung-kodex.pdf](https://www.werbemonitor.at/medien/dateien/vertraege_und_co/marktmeinungsforschung-kodex.pdf)
- [21] K. S. Kastin, *Marktforschung mit einfachen Mitteln: Daten und Informationen beschaffen, auswerten und interpretieren*, 3. Aufl. München: Dt. Taschenbuch-Verl., 2008.
- [22] M. Dannenberg und S. Barthel, *Effiziente Marktforschung: [market research - neuester Stand]*, 1. Aufl. Bonn: Galileo Press, 2002.
- [23] *Design Thinking | Detecon: Mit Wir-Intelligenz zur Kundenlösung*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.detecon.com/de/wissen/design-thinking> (Zugriff am: 19. Oktober 2020).
- [24] C. Glitza, R.-S. Hamburger und M. Metzger, *Hands on design thinking*. München: Verlag Franz Vahlen, 2019.
- [25] M. Lewrick, P. Link und L. Leifer, *Das Design Thinking Playbook: Mit traditionellen, aktuellen und zukünftigen Erfolgsfaktoren*, 2. Aufl., 2018.
- [26] M. Schumacher und G. R. Hofmann, *Case-based Evidence - Grundlagen und Anwendung: Prognose und Verbesserung der Akzeptanz von Produkten und Projekten*, 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2016. [Online]. Verfügbar unter: <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4444651>
- [27] Ao. Univ. Prof Dr. Wolfgang Wimmer, „Teil 5: QFD“, 2020.
- [28] Ao. Univ. Prof Dr. Wolfgang Wimmer, „Teil 6: Denken in Funktionen“, 2020.
- [29] Ao. Univ. Prof Dr. Wolfgang Wimmer, „Teil 7: Ideenfindung & Teil 8: TRIZ“, 2020.
- [30] Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Georg Kartnig, „Skript zur VO Höhere Konstruktionslehre und Produktentwicklung“, 2019.
- [31] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen und K.-H. Grote, *Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung ; Methoden und Anwendung*, 6. Aufl. Berlin: Springer, 2005.
- [32] Ao. Univ. Prof Dr. Wolfgang Wimmer, „Teil 10: Bewertung von Lösungsvarianten“, 2020.
- [33] Univ. Prof. Dr.-Ing.Dipl.-Ing Sebastian Schlund, „Montage 1“. TU Wien, 12. März 2021.

- [34] Wikipedia, *Vakuumgießen*. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Vakuumgießen&oldid=193992166> (Zugriff am: 18. Mai 2021).
- [35] M. T. Wolschendorf, *VAKUUMGUSS - Seriennahe Prototypen und Kleinserien in Spritzgussqualität*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.prototec.de/vakuumguss> (Zugriff am: 18. Mai 2021).
- [36] T. Kies, *10 Grundregeln zur Konstruktion von Kunststoffprodukten*, 2. Aufl. München: Hanser, 2018.
- [37] M. Proj.Ass.Alexandra Birkmaler, „Supply Chain Management“, Feb. 2021.
- [38] H. Arndt, *Supply chain Management: Optimierung logistischer Prozesse*, 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2004.
- [39] J. Neubauer und D. Sanders, „Ski pole with inclinometer,“ EP 2444132 B1, Jul 6, 2016.
- [40] Christian, James, Loren, Bennett, Andrew, Stockton und Harmsen, Garrett, Marshall, „Multifunction Snowpack Measurement Tool,“ WO2016209979A1, Dez 29, 2016.
- [41] Grayson C. King, „Ski pole shaft inclinometer as sticker or image,“ US 2015/0306487 A1, Okt 29, 2015.
- [42] Nick Steffanoff, „Survival Information Ski Pole,“ US4832368A, Mai 23, 1989.
- [43] Alexander Willian Carr, „Multifunction Ski Pole,“ US2013264810A1, Okt 10, 2013.
- [44] Thomas Leitner, *Erneutes Umsatzwachstum beim Trendsport Skibergsteigen*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tips.at/nachrichten/gmunden/wirtschaft-politik/494881-erneutes-umsatzwachstum-beim-trendsport-skibergsteigen> (Zugriff am: 3. November 2020).
- [45] Österreichisches Kuratorium für alpine Sicherheit, „Endbericht einer Skitourengeher-Befragung im Winter 2014/15“, 2015.
- [46] Stephan Harvey und Benjamin Zweifel, „Lawinenunfallstatistik“, *Die Alpen*, 12/2008, S. 25–26, 2008. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.slf.ch/fileadmin/user\\_upload/SLF/Lawinen/Unfaelle\\_Schadenlawinen/Unfallberichte\\_Publikationen/2008\\_Lawinenunfallstatistik\\_alpen\\_2008\\_d.pdf](https://www.slf.ch/fileadmin/user_upload/SLF/Lawinen/Unfaelle_Schadenlawinen/Unfallberichte_Publikationen/2008_Lawinenunfallstatistik_alpen_2008_d.pdf)
- [47] Florian Hellberg, „Lawinenprävention: Probabilistik und Analytik im historischen Vergleich und Strategie-Einigung in Deutschland“. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.alpenverein.de/bergsport/sicherheit/alpine-sicherheitsgespraeche-2020\\_aid\\_35702.html](https://www.alpenverein.de/bergsport/sicherheit/alpine-sicherheitsgespraeche-2020_aid_35702.html)
- [48] Günter Schudlach, „Das Paradoxon der Reduktionsmethoden“, 2020. [Online]. Verfügbar unter: [www.skitouren guru.ch](http://www.skitouren guru.ch)
- [49] A. Heubacher, *Skitouren-Boom: Warnung vor Chaos auf Tirols Bergen*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tt.com/artikel/16515866/skitouren-boom-warnung-vor-chaos-auf-tirols-bergen> (Zugriff am: 3. November 2020).
- [50] Par Pierre Jaxel-Truer, *Le ski de randonnée à l'assaut des cimes*. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.lemonde.fr/m-voyage/article/2018/12/28/le-ski-de-randonnee-a-l-assaut-des-cimes\\_5403142\\_4497613.html](https://www.lemonde.fr/m-voyage/article/2018/12/28/le-ski-de-randonnee-a-l-assaut-des-cimes_5403142_4497613.html) (Zugriff am: 17. November 2020).
- [51] Marco Di Marco, *Le discipline invernali più amate dagli italiani*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.sciaremag.it/notiziesci/le-discipline-invernali-piu-amate-dagli-italiani/> (Zugriff am: 17. November 2020).

- [52] Kurt Winkler und Frank Techel, „Lawinenrisiko auf Skitouren: Wie männlich ist der Lawinentod“, *DAV Panorama*, 6/2017, S. 58–61, 2017. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.slf.ch/fileadmin/user\\_upload/SLF/Lawinen/Unfaelle\\_Schadenlawinen/Unfallberichte\\_Publikationen/2017\\_DAV\\_Winkler\\_Lawinenrisiko.pdf](https://www.slf.ch/fileadmin/user_upload/SLF/Lawinen/Unfaelle_Schadenlawinen/Unfallberichte_Publikationen/2017_DAV_Winkler_Lawinenrisiko.pdf)
- [53] H. Gasser, *Trend-Sport Skitour: Spaß ohne Risiko*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.sueddeutsche.de/reise/trendsport-skitour-spass-ohne-risiko-1.3847341> (Zugriff am: 17. November 2020).
- [54] Prof. Dr. Bernhard Streicher, „Was bestimmt Risikoverhalten? Risikokultur als Grundlage einer Lawinenprävention“. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.alpenverein.de/bergsport/sicherheit/alpine-sicherheitsgespraeche-2020\\_aid\\_35702.html](https://www.alpenverein.de/bergsport/sicherheit/alpine-sicherheitsgespraeche-2020_aid_35702.html)
- [55] Rudi Mair, Patrick Nairz, Lukas Rastner und Norbert Lanznasto, „Skitour 1 & 2 - Lawinenprognose, Planung & Unterwegs im Gelände“, 13. Nov. 2020. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.youtube.com/watch?v=XGeCoBmmz24&list=PLDjtjy\\_HOisp06SqQDV3cE0Zel3XCaQxK&index=4](https://www.youtube.com/watch?v=XGeCoBmmz24&list=PLDjtjy_HOisp06SqQDV3cE0Zel3XCaQxK&index=4)
- [56] Christian Damisch, *20 Jahre Stop-or-Go: Eine bewährte Methode?: Über das Entscheidungs- und Handlungskonzept für Touren im freien Skiraum*. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.alpenverein.at/portal/news/aktuelle\\_news/2020/2020\\_01\\_16\\_Stop-or-Go.php](https://www.alpenverein.at/portal/news/aktuelle_news/2020/2020_01_16_Stop-or-Go.php) (Zugriff am: 3. November 2020).
- [57] *www.fahrrad.de*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.fahrrad.de/sks-raceblade-pro-xl-schutzblech-set-M121836.html> (Zugriff am: 24. Januar 2021).
- [58] *www.alpenverein.at*, *bergundsteigen - Archiv zu Autor Michael Larcher*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.alpenverein.at/bergundsteigen/archiv/autoren/Larcher-Michael/index.php> (Zugriff am: 12. Mai 2021).
- [59] Österreichischer Alpenverein, *Sicher auf Skitour*. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.alpenverein.at/portal/news/aktuelle\\_news/2017/2017\\_12\\_21\\_sicher-auf-skitour-booklet-skitouren.php](https://www.alpenverein.at/portal/news/aktuelle_news/2017/2017_12_21_sicher-auf-skitour-booklet-skitouren.php) (Zugriff am: 12. Mai 2021).
- [60] *Mini Compass*. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.alibaba.com/product-detail/Compass-Mini-Plastic-Compass-Hot-Selling\\_60372091885.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_title.17a546d8Uo8VHt&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Compass-Mini-Plastic-Compass-Hot-Selling_60372091885.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.17a546d8Uo8VHt&s=p) (Zugriff am: 8. Juni 2021).
- [61] Sticker Mule, *Rechteckige Aufkleber und Sticker*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.stickermule.com/de/products/rechteck-sticker> (Zugriff am: 8. Juni 2021).
- [62] Bundesministerium für Finanzen, *Internet Shopping und Versandhandel*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmf.gv.at/themen/zoll/post-internet/internet-shopping-versandhandel.html> (Zugriff am: 8. Juni 2021).
- [63] Byrd, Hg., „Versandtarife“. [Online]. Verfügbar unter: [https://getbyrd.com/wp-content/uploads/Ratecard-Germany-2021\\_0-500.pdf](https://getbyrd.com/wp-content/uploads/Ratecard-Germany-2021_0-500.pdf).
- [64] Dg-taxud, *Information zu TARIC-Massnahmen*. [Online]. Verfügbar unter: [https://ec.europa.eu/taxation\\_customs/dds2/taric/measures.jsp?Lang=de&SimDate=20210608&Area=CN&MeasType=&StartPub=&EndPub=&MeasText=&GoodsText=&opp=&Taric=3926900000&search\\_text=goods&textSearch=&LangDescr=de&OrderNum=&Regulation=&measStartDat=&measEndDat=](https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/taric/measures.jsp?Lang=de&SimDate=20210608&Area=CN&MeasType=&StartPub=&EndPub=&MeasText=&GoodsText=&opp=&Taric=3926900000&search_text=goods&textSearch=&LangDescr=de&OrderNum=&Regulation=&measStartDat=&measEndDat=) (Zugriff am: 8. Juni 2021).

- [65] PostAG, *Import Zollabwicklung*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.post.at/p/c/import> (Zugriff am: 8. Juni 2021).
- [66] WKO, *RKV EisenMetall*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.wko.at/service/kollektivvertrag/kv-metalltechnische-industrie-angestellte-2020.pdf> (Zugriff am: 30. Mai 2021).
- [67] BruttoNetto-Rechner.at, *Lohnkostenrechner: Brutto Netto Rechner für Arbeitgeber 2020*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bruttonetto-rechner.at/arbeitgeber-lohnkostenrechner/> (Zugriff am: 9. Juni 2021).
- [68] Wirtschaftsagentur, *Coworking/Shared Facilities*. [Online]. Verfügbar unter: <https://wirtschaftsagentur.at/startup-city-vienna/startup-oekosystem/coworking/shared-facilities/> (Zugriff am: 31. Mai 2021).

## 11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: ORTOVOX Check and Ride [5] .....	9
Abbildung 2.2: "Scope"-Skistock [8] .....	10
Abbildung 2.3: Screenshot der Online Anwendung von Propagation Hub [9] .....	11
Abbildung 2.4: Der K2 Lockjaw Carbon mit integrierter Wasserwaage [10] .....	12
Abbildung 2.5: Der "Slope Meter" von Backcountry Access [11] .....	12
Abbildung 2.6: Der Aufkleber wird an den Schaft des Skistockes geklebt [12].....	13
Abbildung 2.7: Die Hangneigung lässt sich sowohl von oben als auch seitlich zum Hang bestimmen [12] .....	13
Abbildung 2.8: Screenshot der Skitouren guru-Plattform für das österreichischen Gebiet. Die Karte ist auf Demo geschaltet, da es z.Z. der Aufnahme (04.11.2020) keinen aktuellen LLB gab. [14] .....	15
Abbildung 2.9: Beispiel der Detailansicht einer Tour (Ellesspitze) mit konkreter Bewertung [14] .....	16
Abbildung 2.10: Die quantitative Reduktionsmethode (QRM) [15] .....	16
Abbildung 2.11: Entwicklung der QRM [17] .....	17
Abbildung 2.12: Automatisch generierte Tourenmöglichkeiten [14].....	18
Abbildung 3.1: Beispiel der Kennzeichnung eines österreichischen Patents [19].....	20
Abbildung 3.2: Typischer Ablauf einer Marktstudie aus betrieblicher Sicht [21] .....	22
Abbildung 3.3: Übersicht über die Methoden der Marktforschung [21].....	24
Abbildung 3.4: Die primäre folgt auf die sekundäre Marktforschung [22] .....	24
Abbildung 3.5: Mikrozyklus des Design Thinking [25] .....	30
Abbildung 3.6: „Case-based Evidence“ als Kombination verschiedener Ansätze der Akzeptanzforschung [26] .....	33
Abbildung 3.7: Einteilung der Akzeptanzfaktoren [26] .....	35
Abbildung 3.8: Der „Design Thinking“-Makrozyklus [25].....	39
Abbildung 3.9: Feedback-Raster [24] .....	42
Abbildung 3.10: „House of Quality“ – Übersicht [27].....	43
Abbildung 3.11: House of Quality – Schritte [27] .....	44
Abbildung 3.12: Ursache-Wirkung-Diagramm [27] .....	45
Abbildung 3.13: Schematische Darstellung der Gesamtfunktion [28].....	48
Abbildung 3.14: Schema einer Funktionsstruktur [28] .....	49
Abbildung 3.15: Schema des morphologischen Kastens [31] .....	50
Abbildung 3.16: Beispiel einer Strukturliste nach Fertigungsstufen [37].....	60
Abbildung 3.17: Beispiel eines Vorranggraphs [33].....	62
Abbildung 4.1: Patentierter Neigungsmesser von K2 [39] .....	65
Abbildung 4.2: Abnehmbare Griffereinheit mit darunterliegendem Messkopf [40] .....	66
Abbildung 4.3: Funktion der Schneedeckenuntersuchung [40] .....	67
Abbildung 4.4: Aufkleber mit Markierungslinien in 5 Grad Abständen [41].....	68
Abbildung 4.5: Messung von der Seite bzw. von Oben zum Hang [41].....	68

Abbildung 4.6: Skigriff mit integrierter Zeit- und Temperaturanzeige [42].....	69
Abbildung 4.7: Einige der Features des Patents [43] .....	70
Abbildung 5.1: Stakeholder-Map [22] .....	74
Abbildung 5.2: Altersverteilung .....	76
Abbildung 5.3: Gruppengröße .....	77
Abbildung 5.4: Skitouren pro Jahr .....	77
Abbildung 5.5: Kenntnis über den aktuellen Lawinenlagebericht .....	78
Abbildung 5.6: Beurteilungsmethode der Wintersportler .....	79
Abbildung 6.1: Konzept 1 - modifizierter Kugelkompass .....	91
Abbildung 6.2: Feedback-Raster für Konzept 1 .....	91
Abbildung 6.3: Aufbau und Hauptkomponenten des Konzept 2 [1] .....	92
Abbildung 6.4: Grundkörper der Wasserwaage mit Farbskala gemäß DAV SnowCard [1] .....	93
Abbildung 6.5: Fallunterscheidung günstige oder ungünstige Hanglage [1].....	93
Abbildung 6.6: Exemplarische Neigungsmessung mit Konzept 2.....	94
Abbildung 6.7: Prototyp des 2. Konzepts - links ohne Gehäuse, rechts mit [1] .....	95
Abbildung 6.8: Feedback zum zweiten Konzept.....	95
Abbildung 6.9: Überblick über Konzept 3 .....	96
Abbildung 6.10: Einstellung der Lawinenwarnstufe und Steigungsmessung bei Konzept 3 .....	97
Abbildung 6.11: Detailansicht der Tonne mit aufgedruckter Farbskala .....	98
Abbildung 6.12: Einstellung der gefährlichen Expositionen bei Konzept 3 .....	98
Abbildung 6.13: Einstellung der zusätzlichen Parameter bei Konzept 3.....	99
Abbildung 6.14: Feedback für Konzept 3 .....	100
Abbildung 6.15: Ursache-Wirkung-Diagramm zur Analyse der Anforderung "einfache Bedienung" .....	102
Abbildung 6.16: Gesamtfunktion .....	107
Abbildung 6.17: Funktionsstruktur des zukünftigen Produkts .....	109
Abbildung 6.18: Variante 3.1 (ohne zusätzliche Parameter) .....	118
Abbildung 6.19: Der „Vision Prototype“ .....	124
Abbildung 6.20: GRM als Bewertungsskala .....	124
Abbildung 6.21: „Vision Prototype“ am Stock montiert .....	125
Abbildung 6.22: Innenseite der beiden Gehäusehälften .....	126
Abbildung 6.23: Außenseite der Gehäusehälften .....	127
Abbildung 6.24: Der „Vision Prototype“ .....	127
Abbildung 6.25: Beschriftungs-Details am „Vision Prototype“ .....	128
Abbildung 6.26: Feedback-Raster zum „Vision Prototype“ .....	129
Abbildung 6.27: Befestigungsmöglichkeiten am Skistock.....	131
Abbildung 6.28: 1. Iteration des X-fs-finished-Prototyps.....	133
Abbildung 6.29: Links: Skala am Prototyp; Rechts: entsprechender Ausschnitt der GRM (gelb).....	134

Abbildung 6.30: 2. Iteration der LWS-Einstellung .....	135
Abbildung 6.31: 3D-gedruckter X-is-finished-Prototyp der 2. Iteration.....	136
Abbildung 6.32: Der Prototyp im Einsatz .....	138
Abbildung 6.33: LWS-Schlitten der 3. Iteration.....	139
Abbildung 6.34: Iteration Nr. 3 für die LWS-Einstellung .....	140
Abbildung 6.35: Exposition-is-finished.....	141
Abbildung 6.36: Markierung des Lawinenproblems.....	144
Abbildung 6.37: Schlitten zur Einstellung des Lawinenproblems (links erste, und rechts zweite Iteration) .....	144
Abbildung 6.38: Hinweisende Aufschrift bzgl. Geltungsbereich.....	145
Abbildung 6.39: Explosionsdarstellung des finalen Prototyps mit Bauteilnummerierung .....	146
Abbildung 6.40: 3D-gedruckter, finaler Prototyp.....	147
Abbildung 7.1: Kompass und Befestigungsgurte als Standardteile [60] .....	151
Abbildung 7.2: Aufgliederung des Gehäuses in eine fertigungstechnisch günstige Baustruktur .....	154
Abbildung 7.3: Entformbarkeit der Kompass-Schlitten .....	154
Abbildung 7.4: Bedarfsermittlung mittels Fertigungsstufenverfahren .....	156
Abbildung 7.5: Vorranggraph der Montageablaufstruktur .....	160

## 12 Formelverzeichnis

(1).....	164
(2).....	165

## 13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Patent Schutzrechtarten [19] .....	20
Tabelle 2: Paarweiser Vergleich .....	45
Tabelle 3: Bewertung der Design Parameter (Beispiel) .....	46
Tabelle 4: Werteskala für Nutzwertanalyse und Richtlinie VDI 2225 [31] .....	52
Tabelle 5: Spezielle Werteskala – Beispiel [32] .....	52
Tabelle 6: Anzahl an aktiven Skitourengehern .....	81
Tabelle 7: Bewertung der Einflussfaktoren durch Experten [1] .....	87
Tabelle 8: Anforderungsliste Stand Bachelorarbeit [1] .....	89
Tabelle 9: Gewichtete Kundenanforderungen .....	101
Tabelle 10: Kundenanforderungen und zugehörige technische Parameter .....	103
Tabelle 11: Bewertung der technischen Design Parameter .....	104
Tabelle 12: Funktionen erkennen und lösungsneutral formulieren .....	108
Tabelle 13: Klassifizierung der Funktionen .....	108
Tabelle 14: Morphologischer Kasten mit den bisherigen Teillösungen .....	113
Tabelle 15: Überprüfung der Einhaltung der Festforderungen .....	114
Tabelle 16: Werteskala für die Punktevergabe .....	115
Tabelle 17: Gewichtung der Bewertungskriterien .....	116
Tabelle 18: Bewertungsmatrix .....	117
Tabelle 19: Vergleich der Varianten 3 und 3.1 .....	119
Tabelle 20: Teillösungen des „Vision Prototype“ .....	123
Tabelle 21: Bauteilliste des finalen Prototyps .....	146
Tabelle 22: Punktebewertung des finalen Prototyps .....	148
Tabelle 23: Teilverrichtungen bei der Montage .....	159
Tabelle 24: Angebot der Spritzgussteile .....	162
Tabelle 25: Angebot für Vakuumguss .....	162
Tabelle 26: Preise der Zukaufteile .....	163
Tabelle 27: Preis der kompletten Baugruppe inkl. Zukaufteile .....	163
Tabelle 28: Pipeline-Kosten .....	164
Tabelle 29: Kosten für die Logistikdienstleistung .....	166
Tabelle 30: Zusammenfassung der Kosten und TCO .....	167

## 14 Abkürzungsverzeichnis

bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d.h.	das heißt
etc.	et cetera
exkl.	exklusive
GRM	Grafische Reduktionsmethode
i.d.R	in der Regel
inkl.	inklusive
lt.	laut
LWS	Lawinenwarnstufe (= Lawinengefahrenstufe)
MTM	Methods-Time Measurement
Min.	Minuten
Mio.	Millionen
o.g.	oben genannt
ÖAV	Österreichischer Alpenverein
QFD	Quality Function Deployment
QRM	Quantitative Reduktionsmethode
Sek.	Sekunden
SLF	Schweizer Institut für Schnee- und Lawinenforschung
Std.	Stunden
Stk.	Stück
s.g.	so genannt
TCO	Total Cost of Ownership
tlw.	teilweise
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel
zzgl.	zuzüglich

# 15Anhang



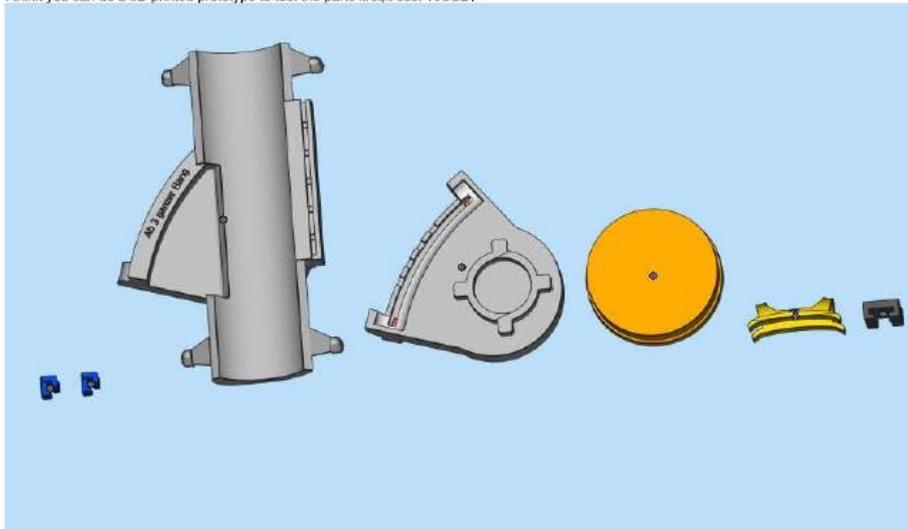
Paul Oberrauch &lt;paul.oberrauch@gmail.com&gt;

## Quote IFT TU Vienna

hilary.wang@lexcent.com <hilary.wang@lexcent.com>  
An: "paul.oberrauch" <paul.oberrauch@gmail.com>

12, Mai 2021 um 06:32

Hi Paul,  
The cost is 360USD of them(20sets) in silicone molding by ABS/PC-like  
The cost is 5800USD of them(500sets) in silicone molding by ABS/PC-like.  
I think you can do a 3D printed prototype to test the parts first,it cost 10USD.



Regards!  
Hilary

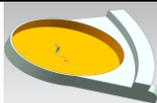
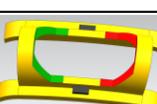
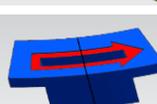
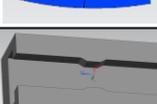
Shenzhen Lexcent Technology Co., Ltd.

Mobile: +86 13424429116  
Email: hilary.wang@lexcent.com  
Web: www.lexcent.com

Factory: 3F, No.1119, Guanguang Road, Guanlan, Shenzhen,PRC.  
Tel: +86 755 2300 6896

## Shenzhen Lexcent Technology Co., Ltd.

FROM: Shenzhen Lexcent Technology Co., Ltd.  
 Email: [hilary.wang@lexcent.com](mailto:hilary.wang@lexcent.com)  
 Cell No. 13424429116

Picture	Name	Materila of the produce	Mould cavity number	The surface	Price of the mold (USD)	Unit price of the product (USD) for 1000pcs	Unit price of the product (USD) for 5000pcs	Remarks
	Casing_inside	ABS	1+1+1+1	Ordinary matte surface	\$5,000.00	\$0.70	\$0.47	LT (mold) : 42days MOQ: 1000pcs
	Casing_outside	ABS				\$0.47	\$0.30	
	Compass_modul	ABS				\$0.47	\$0.30	
	Slider	PC				\$0.47	\$0.26	
	Slider_compass_ccw_inj.	ABS	1+1+1		\$3,150.00	\$0.35	\$0.25	
	Slider_compass_cw_inj.	ABS				\$0.35	\$0.25	
	Slider_LP	ABS				\$0.35	\$0.25	
<b>Total:</b>					<b>\$8,150.00</b>	<b>\$3.16</b>	<b>\$2.08</b>	

**COMMENT:**  
 Due to the recent exchange rate fluctuations, this quotation is valid for 15 days

TU WIEN Bibliothek verfügbar  
 TU Wien Bibliothek  
 Dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien  
 in digitaler Form als PDF-Datei  
 verfügbar. Die Rechte an dieser  
 Arbeit verbleiben bei der Autorin  
 Hilary Wang.





Buy Sell



Search

Jerry Wang

Local Time: 21:09



Home



Messages



Buying Leads



Orders



Transaction



Contacts



My Lists



Trade Services



**Paulo Hsing**

2021-5-26

Hengshui Yuanbo Import And Export Co.,...  
OK. Apologize again. I have miss m...



**Jerry Wang**

2021-6-4

Dongguan JR Silicone Products Co., Ltd.  
[Read] Thank you for the quotation! I ...



**Procurement A...** Official 2021-4-27

Alibaba.com  
[Message]



**Grace Jia**

2021-4-12

Hengshui Yuanbo Import And Ex...  
hi

Hello Jerry,

Here is a drawing of the strap we need. The dimensions do not have to be exact like in the drawing.

If you have something similar in stock, please send me a drawing and we will see if it meets our requirements.

Read

2021-06-03 11:45

Hello Jerry,

here is a drawing of the srapp we need. The dimensions do not have to be exact like in the drawing.

If you have something similar in stock that we could use, would be great, so that we can keep the costs low.

Best regards,  
Paul

Read

2021-06-03 11:47

Ah sorry for texting you twice. I thought the first message was deleted

Read

Jerry Wang 2021-06-03 12:07



thanks

Jerry Wang 2021-06-03 12:07



May i know how many you want?

2021-06-04 09:29

Sorry I forgot to mention that.

Please send me a quote for 1.000, 2.000 and 10.000 pcs.  
Thanks in advance

Read

Jerry Wang 2021-06-04 12:21



okay, thank you.

Jerry Wang 2021-06-04 12:27



What about mold cost: \$950, and unit price:  
1000pcs: \$0.30/pc  
2000pcs: \$0.24/pc  
10000pcs: \$0.20/pc  
including air freight directly to your company  
Sample lead-time: 15days  
Mass production lead-time: 10-20days

2021-06-04 22:10

Thank you for the quotation! I will let you know.

FAQs

Start Order

Logistics Inquiry

Please type your message here...



Send

Quick send: "Enter"/Start a new line: "Shift+enter"