



# «Akku rein und losfliegen»: Drohnennutzung in der Alpwirtschaft

**Autoren und Autorinnen**

Maximilian Meyer, Katja Heitkämper, Linda Reissig



## Impressum

---

|             |   |
|-------------|---|
| Herausgeber | Agroscope<br>Reckenholzstrasse 191<br>8046 Zürich<br><a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a> |
| Auskünfte   | Maximilian Meyer  |
| Titelbild   | Maximilian Meyer  |
| Download    | <a href="http://www.agroscope.ch/science">www.agroscope.ch/science</a>                                      |
| Copyright   | © Agroscope 2025  |
| ISSN        | 2296-729X   |
| DOI         | <a href="https://doi.org/10.34776/as207">https://doi.org/10.34776/as207</a>                                 |

---

### Haftungsausschluss :

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

---

# Inhalt

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Zusammenfassung</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>Résumé</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>Summary</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>Riassunto</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>1 Einführung</b> .....  | <b>6</b>  |
| <b>2 Zielsetzungen und Vorgehensweise</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>3 Methodik und Daten</b> .....  | <b>7</b>  |
| 3.1 Qualitative Netzwerkanalyse .....  | 7         |
| 3.2 Befragung von Pionieren zu Anwendungsbereichen der Drohne und der Einflussfaktoren deren Nutzung ..... | 8         |
| 3.3 Auswertung von landwirtschaftlichen Strukturdaten .....  | 8         |
| <b>4 Resultate</b> .....   | <b>10</b> |
| 4.1 Qualitative Netzwerkanalyse .....  | 10        |
| 4.2 Anwendungsbereiche von Drohnen in der Alpwirtschaft.....   | 11        |
| 4.3 Faktoren der Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft .....                                       | 11        |
| 4.3.1 Äussere Faktoren .....   | 11        |
| 4.3.2 Innere Faktoren .....  | 13        |
| 4.4 Quantitative Resultate .....   | 14        |
| <b>5 Diskussion</b> .....  | <b>15</b> |
| <b>6 Fazit</b> .....   | <b>15</b> |
| <b>7 Ausblick</b> .....  | <b>16</b> |
| <b>8 Danksagung</b> .....  | <b>17</b> |
| <b>9 Literaturverzeichnis</b> .....  | <b>18</b> |
| <b>10 Anhang</b> .....   | <b>19</b> |

## Zusammenfassung

Die Schweizer Alpwirtschaft steht vor Herausforderungen wie Klimawandel-bedingtem Wassermangel, Mensch-Wolf Konflikten sowie Fachkräftemangel bedingt durch die hohe Arbeitsbelastung. Drohnen sind Technologien der Präzisionslandwirtschaft und können die Arbeitsbelastung in der Landwirtschaft durch effizientere Zeitnutzung verringern. Es ist jedoch wenig bekannt darüber, wie Drohnen in der Schweizer Alpwirtschaft genutzt werden. Mittels Netzwerkanalyse, qualitativen Interviews mit Pionierbetrieben und quantitativer Analyse von Strukturdaten beleuchten wir, welche Faktoren die Übernahme dieser Technologie beeinflussen.

Zentrale Erkenntnis ist, dass Drohnen insbesondere zur Tierkontrolle, Überwachung von Zäunen und zur Schadensabschätzung nach Wolfsangriffen eingesetzt werden. Sie bieten Zeitersparnis und stellen somit eine praktikable Ergänzung traditioneller Arbeitsweisen dar, ohne menschliche Arbeit ganz zu ersetzen. Die Entscheidung zur Nutzung hängt von äusseren Faktoren wie Gesetzeslage, Stromversorgung und finanziellen Möglichkeiten sowie inneren Faktoren wie Technikakzeptanz und Lernbereitschaft der ÄlplerInnen ab.

Die Netzwerkanalyse zeigt, dass die Technologieeinführung auf einem Betrieb nicht isoliert, sondern im Zusammenspiel zahlreicher Stakeholder erfolgt. Eine quantitative Analyse von landwirtschaftlichen Strukturdaten zeigt, dass Drohnen vor allem in Betrieben mit grossem Tierbestand, komplexer Weidegeografie und ständiger Hirtenschaft genutzt werden, während Schutzgebiete ein Hemmnis darstellen.

Um die potenziell weitreichenden Auswirkungen des Einsatzes von Drohnen auf Alpbetrieben zu bewerten, bedarf es weiterer Forschung, die die Zeit- und damit Kostenersparnis für Alpbetriebe untersucht. Ausserdem könnten gezielte Schulungsangebote und rechtliche Klarheit die Verbreitung von Drohnen in der Alpwirtschaft fördern und zur Zukunftssicherung der Alpwirtschaft beitragen.

## Résumé

L'économie alpestre suisse est confrontée à de nombreux défis tels que la pénurie d'eau liée au changement climatique, les conflits homme-loup ainsi que le manque de personnel qualifié résultant de la charge de travail élevée. Les drones sont des technologies d'agriculture de précision qui peuvent réduire la charge de travail dans l'agriculture grâce à une gestion plus efficace du temps. Toutefois, l'utilisation des drones dans l'économie alpestre suisse reste un sujet assez méconnu. Nous présentons ici, au moyen d'une analyse de réseau, d'entretiens qualitatifs avec des entreprises pionnières et d'une analyse quantitative des données structurelles, les facteurs qui influencent l'adoption de cette technologie.

Le principal enseignement est que les drones sont surtout utilisés pour le contrôle des animaux, la surveillance des clôtures et l'évaluation des dégâts engendrés par les attaques de loups. Ils permettent de gagner du temps et constituent donc un complément pratique aux méthodes de travail traditionnelles, sans pour autant se substituer complètement au travail humain. La décision de recourir ou non à des drones dépend de facteurs externes tels que la législation, l'approvisionnement électrique et les capacités financières, mais également de facteurs internes tels que l'acceptation de la technologie, le pragmatisme et la volonté de se former des exploitantes et exploitants d'alpage.

L'analyse de réseau montre que l'introduction de la technologie dans une exploitation ne se fait pas de manière isolée, mais en interaction avec de nombreuses parties prenantes. Une analyse quantitative des données structurelles agricoles montre que les drones sont principalement utilisés dans les exploitations avec un cheptel important, une géographie des pâturages complexe et un gardiennage permanent, tandis que les zones de protection représentent un frein.

Afin d'évaluer les répercussions potentiellement importantes de l'utilisation de drones dans les exploitations d'alpage, des recherches complémentaires sont nécessaires pour estimer les gains de temps et par conséquent les économies de coûts pour ces exploitations. Par ailleurs, des offres de formation ciblées et une clarification juridique pourraient favoriser la diffusion de drones dans l'économie alpestre et contribuer ainsi à en garantir l'avenir.

## Summary

Summer farming in Switzerland faces numerous challenges such as water shortages caused by climate change, conflicts between wolves and humans and skills shortages due to the high workload. Drones are a precision farming technology that can reduce the agricultural workload by making more efficient use of time. However, little is known about the use of drones in Swiss summer farming. Using network analysis, qualitative interviews with pioneer farmers and quantitative analysis of farm structural data, we shed light on the factors influencing the adoption of this technology.

The key finding is that drones are mainly used for monitoring livestock, checking fences and assessing damage after wolf attacks. They save time and are thus a practical means of complementing traditional working methods without entirely replacing human work. The adoption decision depends on external factors such as the legal situation, power supply and financial means, as well as internal factors such as openness to new technologies, pragmatism and willingness of farmers to learn.

The network analysis shows that the take-up of technology on a farm does not happen in isolation but involves numerous stakeholders coming together. A quantitative analysis of agricultural structure data shows that drones are mainly used on farms with a large number of livestock, complex field geography and permanent shepherding, while protected areas are an impediment.

Further research to determine the time and associated cost savings is needed to assess the potentially far-reaching implications of using drones on summer farms. In addition, targeted training events and legal clarity could support the spread of drones and help safeguard the future of summer farming.

## Riassunto

L'economia alpestre svizzera deve affrontare sfide quali lo stress idrico causato dal cambiamento climatico, i conflitti uomo-lupo e la carenza di manodopera qualificata dovuta all'elevato carico di lavoro. I droni sono tecnologie per l'agricoltura di precisione e possono ridurre il carico di lavoro attraverso un uso più efficiente del tempo. Tuttavia, non si sa ancora molto riguardo al loro utilizzo nell'agricoltura alpestre svizzera. Tramite analisi delle reti sociali, interviste qualitative con aziende pioniere e analisi quantitative dei dati strutturali, abbiamo fatto luce sui fattori che portano all'adozione di questa tecnologia.

Dall'indagine risulta principalmente che i droni sono utilizzati in particolare per il controllo degli animali, il monitoraggio delle recinzioni e la valutazione dei danni dopo gli attacchi dei lupi. Permettono di risparmiare tempo e costituiscono quindi una pratica aggiunta ai metodi di lavoro tradizionali, senza sostituire completamente il lavoro umano. La decisione di utilizzarli dipende da fattori esterni come la situazione giuridica, l'approvvigionamento elettrico e le possibilità finanziarie, nonché da fattori interni come l'accettazione della tecnologia, il pragmatismo e la disponibilità all'apprendimento di alpigiane e alpigiani.

L'analisi delle reti sociali indica che l'introduzione di una tecnologia in un'azienda agricola non avviene in maniera isolata, ma attraverso l'interazione con numerose parti interessate. Un'analisi quantitativa dei dati strutturali sull'agricoltura mostra che i droni sono utilizzati soprattutto nelle aziende agricole con elevati effettivi di animali, una complessa geografia dei pascoli e una sorveglianza permanente, mentre le zone protette rappresentano un ostacolo.

Per valutare i potenziali effetti di ampia portata dell'uso dei droni nelle aziende d'estivazione, sono necessarie ulteriori ricerche finalizzate a stimare il risparmio di tempo e quindi di costi per le aziende stesse. Inoltre, offerte formative mirate e chiarezza giuridica potrebbero promuovere la diffusione dei droni nell'economia alpestre e contribuire a garantirne il futuro.

# 1 Einführung

In der Schweiz beweideten im Sommer 2021 über 500.000 Tiere Alpweiden<sup>1</sup>. Damit leisten Alpbetriebe einen bedeutenden Beitrag zur Erhaltung der Schweizer Kulturlandschaft (Pauler et al. 2025). Die Alpwirtschaft unterliegt jedoch einem Strukturwandel, denn zwischen 2003 und 2021 gaben über 800 Betriebe die Bewirtschaftung von Alpen auf, was einem Rückgang von 11% aller Sömmerungsbetriebe entspricht (Bundesamt für Statistik 2022). Betriebe stehen durch Klimawandel-bedingten Wassermangel, Mensch-Wolf Konflikte sowie Fachkräftemangel vor grossen Herausforderungen (Meyer et al. 2024, Meyer et al. 2025).

Der Fachkräftemangel ist nicht zuletzt ein Resultat der Arbeit auf der Alp. Die Arbeit ist körperlich anstrengend, die Arbeitstage sind lang und die Lebensbedingungen sind einfach Arbeiten wie das Zäunen, die Käseproduktion und Pflege sowie das Suchen von Tieren in schwer zugänglichem Gelände sorgen für hohe Belastungen des Personals, was es schwierig macht, qualifizierte und motivierte Arbeitskräfte anzuwerben und zu halten (Herzog et al. 2016, Meyer et al. 2025). Darüber hinaus kann die Unsicherheit darüber, in welchem Zustand Tiere nach einem Wolfsangriff vorgefunden werden, eine psychische Belastung darstellen (Flykt et al., 2022).

Technologien der Präzisionslandwirtschaft<sup>2</sup> wie beispielsweise Drohnen können die Arbeitsbelastung in der Landwirtschaft verringern und die Effizienz der Ressourcennutzung erhöhen (Martin, et al. 2022). Drohnen<sup>3</sup> werden zunehmend in der landwirtschaftlichen Produktion eingesetzt und verändern landwirtschaftliche Praktiken und Arbeitsprozesse (Pause, 2021). Dies hat weitreichenden Folgen für die ländliche Entwicklung, die ländlichen Gemeinden sowie die Möglichkeiten zur Rekrutierung von Arbeitskräften (Walter et al. 2016). Jedoch ist wenig bekannt, ob und wie Drohnen speziell in der Schweizer Alpwirtschaft genutzt werden, welche Stakeholder eine Rolle bei der Übernahme dieser Technologie spielen und welche Hindernisse es für Betriebe gibt.

Um die Motivation für die Nutzung von Drohnen zur Erleichterung der Arbeit auf Alpbetrieben sowie hindernde und fördernde Faktoren identifizieren zu können, haben wir eine Netzwerkanalyse und qualitative Interviews durchgeführt und ausgewertet. Ausserdem haben wir landwirtschaftliche Strukturdaten analysiert. Die Auswertung der qualitativen Interviews konzentriert sich auf interne und externe Einflussfaktoren der Einführung neuer Technologien – ein Ansatz, der sich in der agrarwissenschaftlichen Technologieadoptionforschung als besonders zielführend hinsichtlich der Erkenntnisgewinnung erwiesen hat (Reissig, 2023). Unter inneren Faktoren verstehen wir bestimmte Eigenschaften der LandwirtInnen, die förderlich wirken (Gerli et al., 2022). Hierzu gehört eine positive Einstellung gegenüber der jeweiligen Technologie, der Wille, sich mit neuen Anwendungen auseinanderzusetzen, das Selbstvertrauen mit einer Neueinführung zurechtzukommen sowie das Vertrauen in den Datenschutz (Boyer et al., 2024). Dies bedingt wiederum die Bereitschaft Risiko in Kauf zu nehmen und mit Schwierigkeiten umgehen zu können (Heitkämper et al., 2023). Äussere Faktoren können die LandwirtInnen nicht oder nur bedingt beeinflussen. Hierzu zählen Einschränkungen und Auflagen in der Anwendung (z.B. Jagdbanngebiete), Konflikte mit anderen Interessengruppen (z.B. Tourismus im Alpgebiet), sowie finanzielle (Kosten für Anschaffung und Unterhalt) und technische Aspekte (Netzabdeckung/GPS). Unsere Forschung wurde ausserdem im Rahmen des Konzepts des "responsible research and innovation" gestaltet, welche besondere Aufmerksamkeit auf die soziale und ethische Dimension von Innovationen legt (Bronson, 2019).

Unsere Studie trägt zur Literatur über die Nutzung von Drohnen in der Nutztierhaltung bei. Rejeb et al. (2022) heben die steigende Nutzung von Drohnen in der Landwirtschaft hervor, weisen aber darauf hin, dass Drohnen nicht in der Nutztierhaltung genutzt werden. Dies deckt sich mit Alanezi et al. (2022), die die Nutzung von Drohnen in der Nutztierhaltung reviewten und keine Nennungen der Nutzung von Drohnen im Herdenmanagement von Tieren fanden. Aquilani et al. (2022) verweisen hingegen auf einzelne Versuche, die die Nutzung von Drohnen zur Überwachung, Verfolgung und zum Zusammentreiben von Tieren analysieren. Sie weisen darauf hin, dass die Nachfrage nach diesen Systemen noch begrenzt sei. Filiou et al. (2024) verweisen darauf, dass in Frankreich bereits 8 % der LandwirtInnen Drohnen im Weidemanagement einsetzen. Für die Schweizer Alpwirtschaft ergibt die

---

<sup>1</sup> basierend auf eigener Auswertung der Daten des Agrarpolitischen Informationssystems (AGIS), wobei 2021 102.959 NST Milchkühe, 50.137 NST Mutterkühe, 111.466 NST anderes Rindvieh, 3.412 NST Pferde, 21.463 NST Schafe, 5.894 NST Ziegen und 1.477 NST andere Tiere gesömmert wurden. Als Normalbesatz Faktor nehmen wir 1.0 für Milchkühe, Mutterkühe und andere sowie Pferde an, für anderes Rindvieh 0.6, Schafe und Ziegen 0.15, andere Tiere 1.0.

<sup>2</sup> Auch precision livestock farming genannt

<sup>3</sup> Auch als unmanned aerial vehicles bekannt

Diplomarbeit von Ruch (2018), dass auf Milchkuhalpen Drohnen vor allem zur Kontrolle der Wassertröge eingesetzt werden. Hingegen setzen Jungvieh-, Mutterkuh-, Schaf- oder Ziegenalpen Drohnen eher ein, um vermisste Tiere zu suchen. Noch fortschrittlichere Systeme befinden sich erst im Forschungsstadium (Li et al., 2022), die neben der reinen Bildgebung auch Töne von sich geben (bellen) und damit die Herden treiben können.

## 2 Zielsetzungen und Vorgehensweise

Ziel unserer Untersuchung ist es zu verstehen, ob und in welcher Weise Drohnen auf Schweizer Alpbetrieben nützlich sind. Wir stellen drei Forschungsfragen und beschreiben die dazugehörigen Arbeitspakete:

**F1:** Welche Stakeholder spielen eine Rolle bei der Einführung von Drohnen in die Alpwirtschaft?

Mit Hilfe einer Netzwerkanalyse werden die verschiedenen Stakeholder sichtbar gemacht, die bei der Einführung von Drohnen in der Alpwirtschaft im Rahmen dieser Studie eine Rolle spielen.

**F2:** Was sind mögliche Anwendungsbereiche für Drohnen?

Um zu verstehen, wo Drohnen auf Alpen eingesetzt werden können, führen wir Interviews mit Personen, die auf der Alp für die Versorgung der Tiere zuständig sind und lassen uns Tätigkeiten einschliesslich der Einflussparameter beschreiben. Dies geschieht bei einer Ortsbegehung, bei der wir Eindrücke vom Einsatz von Drohnen erhalten wollen, um mögliches Potential oder Hinderungsgründe zu identifizieren.

**F3:** Welche inneren und äusseren Faktoren sind für die Einführung von Drohnen ausschlaggebend?

Um herauszufinden, ob in Zukunft Drohnen vermehrt in der Alpwirtschaft eingesetzt werden, befragen wir Äpler die bereits Drohnen auf ihrer Alp einsetzen nach den Gründen für ihre Entscheidung. Hierbei liegt der Fokus vor allem auf den Kompetenzen und Einstellungen des Alppersonals, diese Technologien einzusetzen, sowie ihre Erwartungen an Nutzen und Risiken der Drohnen für den Einsatz auf der Alp (siehe z.B. Michels 2021). Hinzu kommen Aspekte der Infrastruktur wie beispielsweise Handynetz, Internetzugang, Strom, sowie Anbindung der Alp an eventuellen Support durch Herstellerfirmen.

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wird ein transdisziplinärer Forschungsansatz gewählt (Pachoud, et al. 2023), wobei Natur- und SozialwissenschaftlerInnen sowohl untereinander als auch mit relevanten gesellschaftlichen Gruppen zusammenarbeiten, um die Forschungsfragen weiter auszugestalten und deren Relevanz zu gewährleisten.

## 3 Methodik und Daten

### 3.1 Qualitative Netzwerkanalyse

Eine Netzwerkanalyse macht die Stakeholder einer technologischen Initiative (oder Neuerung) und deren Verbindungen untereinander sichtbar. Als Initiative verstehen wir in unserer Studie die Nutzung von Drohnen auf Alpbetrieben. Mittels eines iterativen Prozesses werden wichtige Verbindungen zwischen Stakeholdern identifiziert und das Netzwerk der Initiative aufgezeigt (Wielinga und Postma 2017). Dies geschah im Rahmen eines Workshops zum Thema Ko-Kreations im April 2023, bei dem das Forschungsprojekt zur Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft als Fallbeispiel vorgestellt habe. Ziel war es, gemeinsam mit den Teilnehmenden ein Akteurs Netzwerk für diesen spezifischen Anwendungsfall zu entwickeln. Dazu folgt der Analyseprozess drei Schritten. Im ersten Schritt haben wir die Initiative identifiziert, um die es geht. Im zweiten Schritt wurden alle relevanten Stakeholder und Faktoren in einem grossen äusseren Kreis dargestellt. Die Faktoren werden als wichtige Elemente für den Erfolg der Initiative berücksichtigt und den Personen zugeordnet, die sie einbringen können. Unterschiedliche Farben werden für die Träger (Schlüssel-Stakeholder), Nutzer, Anbieter und Mittler verwendet werden. Im dritten Schritt wird visualisiert, welche Stakeholder die Initiative mit ihrer Umgebung verbinden. Dabei wird dargestellt, welche Stakeholder die Initiative tragen und den inneren Kreis bilden.

## 3.2 Befragung von Pionieren zu Anwendungsbereichen einer Drohne und den Einflussfaktoren ihrer Nutzung

Im Rahmen der transdisziplinären Forschung werden in dieser Studie zwei Äpler als Wissensquellen befragt, wodurch die Forschung von der Praxis lernt. Das Ziel ist es, das generierte Wissen auch anderen PraktikerInnen zugänglich zu machen. Nach dem Studium der Literatur wurde ein erstes exploratives Interview im August 2023 mit teilnehmender Beobachtung auf einer Schafalp im Kanton Uri durchgeführt. Die Schafalp sömmer ca. 500 Tiere auf Umtriebsweiden. Hier nutzte der Hofnachfolger eine Drohne für die Tierkontrolle sowie die Nachsuche beim Alpauftrieb sowie Abtrieb.

Auf Grundlage dieses ersten explorativen Interviews, der Netzwerkanalyse, und der Analyse der Literatur entwickelten wir einen Interviewleitfaden zur Beantwortung der folgenden Fragen:

1. Was sind die Gründe (Benefits) und Hindernisse (Risks) für die Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft?
2. Was nimmt Einfluss auf die Entscheidung der LandwirtInnen Drohnen im Alltag einzusetzen? Welche inneren Faktoren (wie Kompetenz, Persönlichkeit) und äusseren Faktoren (Struktur der Alp, gesetzliche Lage, Finanzierungsmöglichkeiten) spielen eine Rolle?
3. Welche offenen Fragen gibt es und was muss geklärt werden, um die Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft zu ermöglichen.

Der Interviewleitfaden (siehe Anhang) beinhaltete folgende Bereiche:

1. Charakterisierung des Alpbetriebs
2. Charakterisierung der Person
3. Rahmenbedingungen neben Alp und Person
4. Gründe für die Drohnennutzung
5. Hindernisse bei der Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft
6. Änderungen durch die Drohnennutzung
7. Zukunftsaussichten

Zur Beantwortung unserer Forschungsfragen setzten wir diesen Interviewleitfaden auf einer Alp im Berner Oberland ein. Der über 100 Jahre alte Betrieb sömmer während 80 bis 100 Tagen 300 Schafe und Ziegen. Ausschlaggebend für den Drohneneinsatz waren Tierverluste durch Wolfsrisse, die im Sommer 2022 15% des gesamten Bestandes erreichten. Umtriebsweiden und aufwendiges Zäunen dienen seither als Schutzmassnahmen. Seit dem Sommer 2023 wurde eine Drohne eingesetzt, um schnell Risse zu erkennen und die Tiere zu überwachen. Das Interview wurde aufgezeichnet, transkribiert und dabei auf Hochdeutsch übertragen. Mit Hilfe der Inhaltsanalyse (Mayring, 2016) wurde das Interview analysiert und ein Kodierleitfaden entwickelt. Zwei Forschende haben diesen angewendet, um Objektivität der Ergebnisse zu gewährleisten.

## 3.3 Auswertung von landwirtschaftlichen Strukturdaten

Neben einem qualitativen Blick auf die Faktoren, die die Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft bestimmen, beleuchten wir diese Faktoren auch quantitativ. Dazu nutzen wir eine Vollerhebung der Schafalpen in Graubünden aus dem Jahr 2022. Die landwirtschaftliche Ausbildungsstätte des Kantons Graubünden und der Ostschweiz Plantahof stellt diese Daten bereit. Wir kategorisieren Faktoren, die wir als relevant für die Erklärung der Drohnennutzung auf einer Schafalp erachten, in sozio-ökonomische und bio-physische Faktoren (siehe Tabelle 1). Die Auswahl dieser Faktoren basiert sowohl auf Forschung zur Einführung von Drohnen in der Landwirtschaft von Michels et al. (2020) und Tey & Brindal (2013), als auch der Verfügbarkeit von Daten. Wir diese. Sozio-ökonomische Faktoren sind Teil der Betriebsdaten und beinhalten den Tierbestand, das Weidesystem (Hirtschaft, sowie Umtriebsweide mit und ohne Herdenschutz), und ob Hilfspersonal angestellt ist. Da der Datensatz die Perimeter der Sömmerungsweiden umfasst, können wir mittels einer einheitlichen ID, Betriebe und deren Weideperimeter verbinden und bio-physische Faktoren durch eine GIS-Analyse ableiten. Diese räumlichen Faktoren umfassen, ob die Weiden eines Betriebes in einem ProNatura Schutzgebiet liegen und daher das Fliegen der Drohne bestimmten

Auflagen unterliegt. Die Höhenlage und der Umfang der Weide sowie der Trend in der Verbuschung auf der Weide sind quantitative Näherungen für die Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit der Weide. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über diese Faktoren:

Tabelle 1: Sozio-ökonomische und räumliche Faktoren der Nutzung von Drohnen für die 167 Schafalpen in Graubünden

| Faktor                                  | Mittelwert     | Quelle                   |
|---|----------------|--------------------------|
| Alp nutzt Drohne (14 von 167 Betrieben) | 8.38%          | Plantahof Landquart      |
| <b>Sozio-ökonomisch</b>                 |                |                          |
| Normalbesatz Schafe                     | 42.42NST       | Plantahof Landquart      |
| Ständige Hirschaft                      | 43.1%          | Plantahof Landquart      |
| Umtriebsweide                           | 20.4%          | Plantahof Landquart      |
| Umtriebsweide mit Herdenschutz          | 5.4%           | Plantahof Landquart      |
| Hilfspersonal                           | 16.8%          | Plantahof Landquart      |
| <b>Bio-physisch</b>                     |                |                          |
| ProNatura Schutzgebiet                  | 0.078%         | Swisstopo                |
| Verbuschungstrend                       | 0.12 %         | Arealstatistik Bedeckung |
| Durchschnittliche Höhenlage der Alp     | 2000.6 m ü. NN | Swisstopo                |
| Fläche Sömmerungsweiden                 | 370.5 ha       | Plantahof Landquart      |
| Umfang der Sömmerungsweiden             | 27.0 km        | Plantahof Landquart      |

Quelle: Eigene Darstellung

Nach der Erstellung des Datensatzes, errechnen wir die Korrelation zwischen der Nutzung der Drohne auf einem Alpbetrieb (Tabelle 1, Zeile 1 "Alp nutzt Drohne") und den sozio-ökonomischen und räumlichen Faktoren mittels Pearson Korrelations-Koeffizient in R (Funktion *correlate* im Package *corr*).

## 4 Resultate

### 4.1 Qualitative Netzwerkanalyse

Um zu verstehen welche Stakeholder eine Rolle bei der Einführung von Drohnen in die Alpwirtschaft im Rahmen dieser Studie spielen, stellen wir die Resultate der Netzwerkanalyse in Abbildung 1 dar.

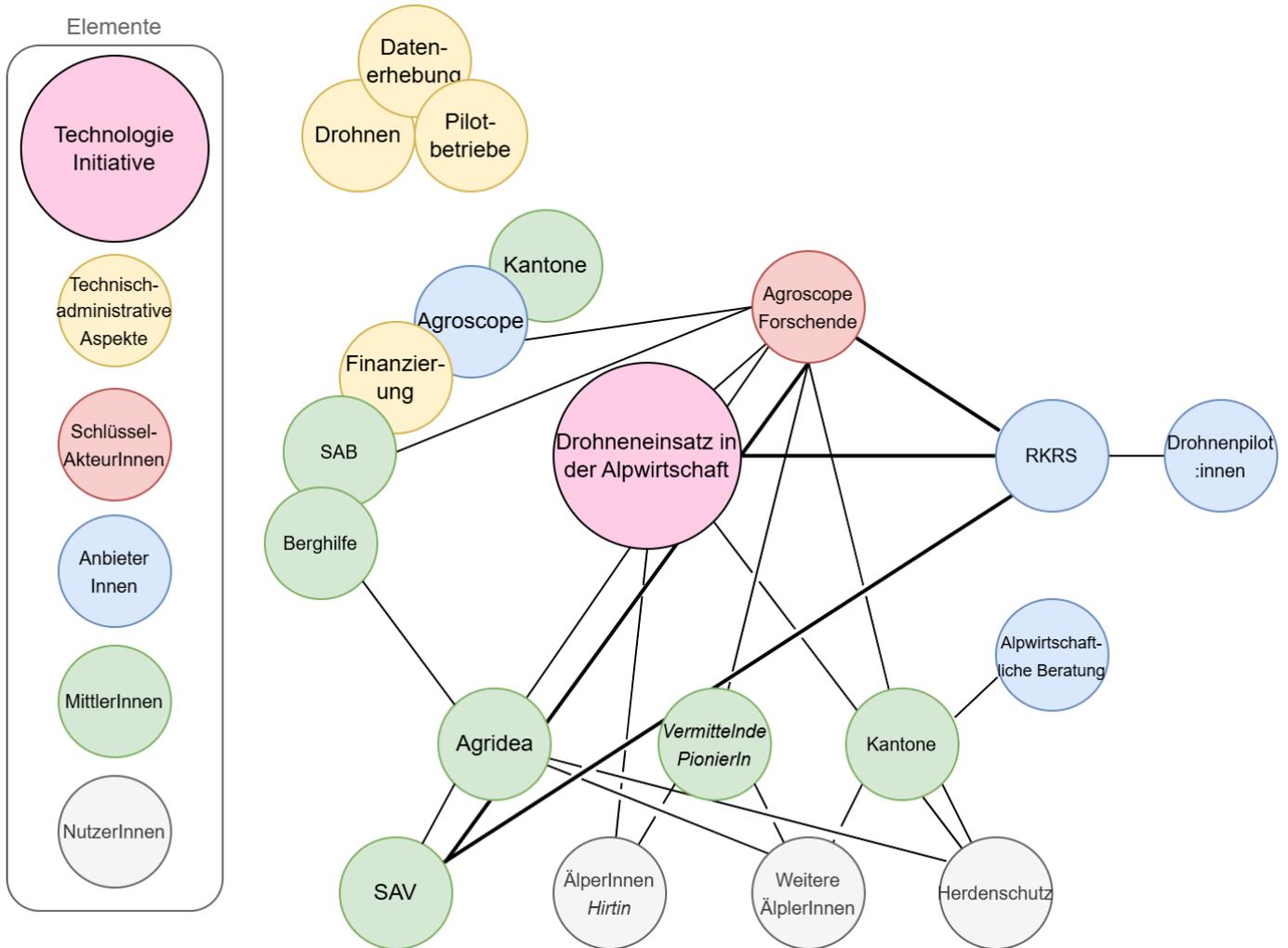


Abbildung 1: Stakeholder-Analyse und Mapping von Interessensgruppen der Studie

Abbildung 1 beschreibt die Elemente des Netzwerkes, zu denen Stakeholder (AnbieterInnen, Schlüssel-Akteure, MittlerInnen und NutzerInnen), Faktoren und deren Verbindungen im Kontext des Drohneneinsatzes in der Alpwirtschaft gehören. Im Mittelpunkt steht die Technologieinitiative selbst, dargestellt als ein zentraler Punkt, welche von verschiedenen Stakeholdern beeinflusst wird. Dazu gehören die Agridea, Agroscope, die Schweizer Berghilfe, Kantone, die Schweizer Arbeitsgemeinschaft für die Berggebiete (SAB) und der Schweizer Alpwirtschaftliche Verein (SAV). Die Rehkitzrettung Schweiz (RKRS) ist als potenziell interessierter Stakeholder angegliedert, und eine engere Zusammenarbeit zwischen SAV, Agroscope und der RKRS ist zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Studie geplant. Diese Stakeholder sind durch direkte Beziehungen mit der Initiative verbunden, was ihre zentrale Rolle bei der Umsetzung oder Förderung des Drohneneinsatzes in der Alpwirtschaft verdeutlicht. Wichtige technisch-administrative Aspekte des Drohneneinsatzes in der Alpwirtschaft sind die Bereitstellung von Drohnen, Pilotbetriebe, welche als Testumgebungen dienen sowie die Datenerhebung, um die Anwendung von Drohnen zu bewerten. Die Finanzierung ist ein weiterer Schlüsselfaktor, der durch Stakeholder wie der SAB und möglicherweise auch durch staatliche oder private Unterstützung initiiert werden kann. Zusätzlich zu den Schlüssel-Akteuren gibt es eine breite Palette von Beteiligten, die auf verschiedenen Ebenen involviert sind. NutzerInnen der Drohnen, wie ÄlplerInnen oder HirtInnen, sind ebenso vertreten wie MittlerInnen, die möglicherweise als BeraterInnen oder VermittlerInnen

zwischen den AnbieterInnen und den EndnutzerInnen agieren. DrohnenbesitzerInnen, vertreten zum Beispiel durch Kantone, sowie weitere Stakeholder spielen eine Rolle in der Verbreitung und Implementierung der Technologie.

## 4.2 Anwendungsbereiche von Drohnen in der Alpwirtschaft

Auf Grundlage des Leitfadeninterviews können wir die Anwendungsbereiche von Drohnen in der Alpwirtschaft ermitteln. Der Äpler berichtet über die Einführung und den Einsatz von Drohnen in seiner täglichen Arbeit, insbesondere zur Kontrolle von Tieren und Zäunen (siehe auch Abbildung 2). Die Entscheidung für die Anschaffung der Drohne wurde bewusst getroffen: „*Wir haben gesagt, so geht es nicht mehr, irgendetwas müssen wir machen.*“. Die Drohne wurde seit dem letzten Sommer eingesetzt, zunächst mit erfolgreichen Kontrollflügen: „*Zuerst haben wir ein paar Kontrollflüge gemacht, das ging relativ gut.*“. Der praktische Einsatz erfolgt regelmässig, um Tiere zu überwachen und Zäune zu kontrollieren: „*Wenn wir von der Hütte aus etwas gesehen haben, sind wir hinaufgeflogen, um zu schauen.*“ - „*Wir sind dem Zaun entlanggeflogen, um zu schauen, ob der Zaun noch ganz ist.*“. Die Nutzung der Drohne erleichtert die Arbeit erheblich, besonders bei der Suche nach fehlenden Tieren oder zur Einschätzung der Lage bei Abtrieb oder Schneekontrollen: „*Für uns ist es ganz klar eine Arbeitserleichterung.*“. Die Drohne wird von der gesamten Familie bedient: „*Die Frau kann fliegen, die Kinder können auch fliegen.*“. Die Drohne wird nicht zur direkten Beeinflussung der Tiere, wie etwa zum Treiben, verwendet: „*Zum Tiere Treiben benutzt ihr sie nicht? – Nein.*“.

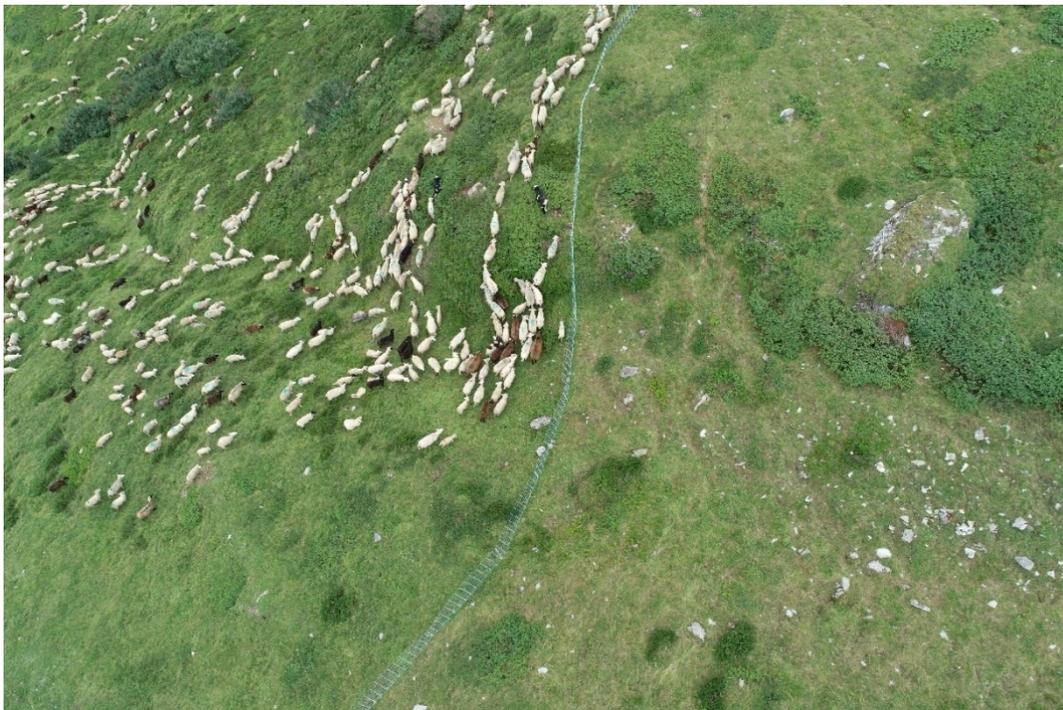


Abbildung 2: Herdenüberwachung und Zaunkontrolle mit einer Drohne. Foto: Maximilian Meyer

## 4.3 Faktoren der Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft

### 4.3.1 Äussere Faktoren

#### **Finanzielle Situation**

Der Äpler beschreibt die finanzielle Lage des Betriebs als stabil, auch wenn es keine grossen Spielräume gibt. Die Kosten für die Drohnennutzung sind überschaubar, und die Anschaffung erfolgt bewusst im preisgünstigen Bereich. Er betont: „*Bis jetzt geht es eigentlich auf.*“. Der Äpler betont ausserdem, dass die Drohne für sie eine kostengünstige und praktische Lösung darstellt: „*Wir haben wie gesagt eine der billigsten und kleinsten, das ist einfach.*“. Die gewählte Drohne ist kostengünstig, was die finanzielle Belastung minimierte: „*Wir haben eine billige Drohne, die hat etwa Fr. 1'000 gekostet.*“. Zudem ist die Drohne ohne externe Unterstützung selbst finanziert: „*Finanziert habt ihr sie*

*selber? – Ja.*“ Diese Aussagen verdeutlichen, dass trotz einer knappen Finanzlage sorgfältige Investitionen möglich sind, die den Arbeitsalltag erleichtern.

### **Arbeitsorganisation**

Der Äpler schildert eine gut durchdachte und zugleich aufwendige Arbeitsorganisation auf seiner Alp. Der Einsatz von technischen Hilfsmitteln wie Drohnen und Helikoptern sowie die Zusammenarbeit mit zusätzlichen Helfern optimiert die Arbeitsabläufe erheblich. Es entsteht ein grosser Aufwand bei der Weidearbeit. Im Sommer wird ein umfangreiches Weidesystem eingerichtet, das kilometerlange Zäune erforderte: *„Wir haben vier Abteile gemacht, was von der Bewirtschaftung her eigentlich gut ging.“* Der Einsatz von Zivildienstleistenden hilft dabei, die Zäune aufzubauen: *„Vor zwei Jahren hatte ich über den Herdenschutz eine Woche lang Zivis. Die konnten wir fürs Zäunen einsetzen.“* Die gesamte Organisation liegt in eigener Verantwortung und Entscheidung: *„Von dem her sind wir unser eigener Chef, das ist eigentlich auch schön.“* Die Drohne erleichtert die tägliche Kontrolle der Tiere und erspart einige Wege: *„Wir sind wirklich nicht die, die einfach umherschauen. Für mich hat sie ganz klar ihren Zweck.“* Trotzdem erfordert das Weidesystem viel Personalaufwand: *„Da sind sieben oder acht Leute hinaufgegangen, haben den ganzen Tag gezäunt und sind noch nicht fertig.“* Investitionen wie der Bau einer modernen Transportseilbahn ist notwendig, um die Arbeit zu erleichtern: *„Wir haben seit etwa fünf Jahren eine Transportseilbahn, vorher mussten wir alles tragen.“* Insgesamt zeigt sich die Arbeitsorganisation als Mischung aus traditionellen Methoden und modernen technischen Lösungen, die zur Effizienz beitragen, aber dennoch einen hohen Arbeitsaufwand erfordern.

### **Arbeitskräfte**

Die Arbeitskräfte auf dem Betrieb des Äplers bestehen hauptsächlich aus Familienmitgliedern und zusätzlichen Helfern, was eine flexible, aber zugleich fordernde Arbeitsorganisation ermöglicht. Der Familienbetrieb wird hauptsächlich von dem Äpler und seiner Frau geführt. Ihre drei Kinder, darunter der erwachsene Sohn und die Tochter, helfen ebenfalls regelmässig mit: *„Momentan machen es meine Frau und ich. Wir haben drei Kinder. Der Junior, der schon über 20 ist, und auch unsere Tochter helfen mit.“* Der Äpler betont die Eigenverantwortung bei der Bewirtschaftung: *„Von dem her sind wir unser eigener Chef, das ist eigentlich auch schön.“* Die familiäre Kooperation ist zentral für die Organisation des Betriebs. Zusätzliche Helfer unterstützen den Betrieb, was die Arbeit erleichtert: *„Eigentlich kommen viele zum Helfen, manchmal sind zehn Leute am Tisch. Dann gibt es aber Tage, wo wir nur zu zweit oder zu dritt sind.“* Bei Bedarf werden auch externe Arbeitskräfte wie Zivildienstleistende für bestimmte Aufgaben eingesetzt: *„Vor zwei Jahren hatte ich über den Herdenschutz eine Woche lang Zivis.“* Insgesamt basiert der Arbeitsablauf auf einer Mischung aus familiärer Unterstützung, gelegentlicher Hilfe von Freunden und externen Arbeitskräften, um den anspruchsvollen Betrieb zu bewältigen.

### **Weitere Umgebungsvariablen**

Die Flächen liegen in einem Jagdbanngebiet: *„Dass es ein Jagdbanngebiet ist, ist eine Schwierigkeit. Ich muss ein Gesuch stellen.“* Es bestehen gewisse Einschränkungen und Regelungen zur Nutzung von Drohnen, die teilweise schwer umsetzbar sind. Die Drohnennutzung im Jagdbanngebiet bringt Unsicherheiten und Planungsschwierigkeiten mit sich: *„Ob ich die Bewilligung diesen Sommer wieder bekomme, weiss ich nicht.“* Durch die Drohnennutzung entsteht zusätzlicher Strombedarf, der für die untersuchte Alp jedoch kein Problem darstellt: *„Wir haben ein kleines Kraftwerk und machen selber Strom und mit Wasser und Solar ist das kein Problem. Die Flugzeit ist auch nicht schlecht, wir haben drei Akkus.“* Eine mögliche Störung von anderen, z.B. Nachbarn oder Touristen durch die Drohnennutzung schliesst der Äpler aus, da nicht immer geflogen wird und auch nur zu Randzeiten: *„Das hat vermutlich niemand von den Touristen gesehen. Wir fliegen auch nur zu Randzeiten, nicht tagsüber, wenn Leute da sind. Eher gegen Abend oder früh morgens.“*

### **Betriebscharakteristika**

Bei der Alp handelt es sich um einen traditionellen Familienbetrieb: *„mit 300 fast zu klein, wir müssen 500 haben, ganz behirten ist relativ schwierig mit den Schafen“*. Wobei «zu klein» aus wirtschaftlicher Perspektive gesehen wird. Ein weiterer Punkt, der Einfluss nimmt auf die Art der Behirtung, ist der Generationenwechsel: *„Jetzt kommen dann die Jungen und müssen schauen. Wir haben den Grundgedanken, mehr auf Ziegen zu setzen und weniger auf Schafe, mit denen wir Probleme haben. Ich weiss es nicht, da müssen dann die Jungen schauen.“* Wobei die Probleme nicht im Zusammenhang mit der Drohnennutzung stehen.

### 4.3.2 Innere Faktoren

#### **Arbeitsbelastung**

Die Nutzung der Drohne kann unter Umständen die Arbeitsbelastung reduzieren: *“Das haben wir auch gemacht. Als wir abtrieben, haben wir die Drohne auch mitgenommen. An einem Ort sind wir auch drüber geflogen und haben geschaut, ob etwas ist. Das ist sicher eine Erleichterung. Aber dann muss das Wetter natürlich auch stimmen, bei Nebel ist es auch blöd. Für uns ist es ganz klar eine Arbeitserleichterung.”*, *“Ganz klar auch eine Zeitersparnis.”*. Die gilt auch für den Fall von Wolfsangriffen auf Schafe, da schneller nachgeschaut werden kann: *“Wenn man vorher sah, dass ein Vogel zu Boden geht, musste man zu Fuss hin. Jetzt kann man besser schauen, so werden wir schlagkräftiger, wenn etwas wäre. Sonst ist man in diesem Gebiet 4-5 Stunden unterwegs.”* Anders als die Übernahme anderer neuer digitaler Technologien führt die Nutzung der Drohne auf diesem Betrieb nicht zu mehr Stress: *“Die Drohne gibt keinen Stress.”* Die Drohnennutzung erleichtert die Arbeit, in Bezug auf Zeit und Kraft, ersetzt jedoch keine Arbeitskraft: *“Etwas erleichtert sie auf jeden Fall, aber wenn etwas ist, muss man trotzdem schauen gehen.”*

#### **Einstellung**

Einen Alpbetrieb zu führen ist für diese Familie Tradition und Berufung und findet nicht aus wirtschaftlichen Motiven statt: *“Auf einer Bank oder mit Computern hätten wir wesentlich mehr, aber das ist nicht unser Metier. Ich nehme an, wenn ich an einem anderen Ort arbeiten würde, hätte ich mehr, aber das ist meine Berufung. Es geht bei uns nicht immer nur ums Geld. Klar braucht es Geld, alles kostet, aber auch mit den Direktzahlungen geht es schon. Aber die Stunden darf man nicht rechnen, auch nicht Freitage und Ferien.”* Zunächst schien die Drohnennutzung nicht zu dieser Tradition zu passen und doch wurde sie vom Äpler adaptiert: *“Aber ich bin nicht der Drohnenflieger, ich gehe lieber zu den Tieren hin.”* Dieser Äpler kann nicht als technikaffin bezeichnet werden, er arrangiert sich mit der technischen Entwicklung: *“Es ist ja ganz klar, dass wir mit der Technik zurechtkommen müssen. Es ist nicht mehr wie vor 100 Jahren. Das ist auch bei der Käseerei so. Dieser Prozess findet statt und muss auch stattfinden.”*, *“Früher hat man den Mist noch mit Körben hinausgetragen, später mit dem Maultier, dann mit der Motorkarrette und heute mit dem Helikopter.”*

#### **Persönlichkeit**

Die Persönlichkeit spielt eine entscheidende Rolle bei der Nutzung von Drohnen in der Landwirtschaft. Während Innovationsfreude und die Bereitschaft, neue Technologien auszuprobieren, zentrale Faktoren sind, zeigt sich zugleich eine gewisse Beständigkeit und Traditionstreue. Der Äpler beschreibt seine Innovationsbereitschaft in der Nutzung einer anderen innovativen Technologie<sup>4</sup>, *„Bei ... sind wir schon ziemlich die einzigen, die das machen.“* Dies verdeutlicht eine Offenheit für neue Lösungen, wenn sie eine praktische Erleichterung bieten. Gleichzeitig betont er jedoch eine gewisse Bodenständigkeit und den Willen, mit der Zeit zu gehen: *„Ich glaube, wir probieren schon, mit der Zeit zu gehen“*. Dies zeigt, dass technologische Neuerungen nicht zwangsläufig aus reiner Experimentierfreude übernommen werden, sondern oft erst nach bewährten Erfahrungen. Zudem weist er auf das Durchhaltevermögen hin, das seine Arbeit prägt: *„Andererseits wird auch ein gewisses Durchhaltevermögen da sein, dass wir das schon so lange machen. Wir sind nicht die Typen, die alles schnell verändern, sonst wären wir nicht seit über 100 Jahren mit Ziegen und Schafen unterwegs, auch wenn es arbeitsintensiv ist“*. Dies zeigt, dass Innovation und Tradition sich nicht ausschließen, sondern in einem individuellen Gleichgewicht stehen.

#### **Ausbildung und Kompetenz**

Die Nutzung von Drohnen in der Landwirtschaft hängt auch von der Ausbildung und den technischen Kompetenzen der ÄplerInnen ab. Während tiefgehende IT- oder Programmierkenntnisse gut wären, hat dieser Äpler sie nicht *„Programmierkenntnisse, IT-Fachwissen, super. Eher gering.“*, eine gewisse Gewöhnung und Vertrauen in die Technik ist notwendig. Dies wird mit einer Analogie zum Rückwärtsfahren mit einer Kamera im Auto beschrieben: *„Am Anfang schaut man trotzdem noch in den Spiegel, aber wenn man es gewöhnt ist, fährt man einfach rückwärts. Mit der Drohne fliegen ist genau dasselbe. Es braucht ein bisschen Gewohnheit und das Vertrauen, dann geht das.“*. Auch die einfache Bedienbarkeit der Drohnen wird hervorgehoben, beispielsweise durch Sicherheitsmechanismen:

---

<sup>4</sup> Die konkrete Technologie und ihre Anwendung wurden im Zitat nicht aufgeführt, da daraus Rückschlüsse auf den Betrieb gezogen werden könnten.

„Sie ist auch so eingestellt, dass sie abschaltet, wenn sie zu hochfliegt.“. Die Entscheidung zur Nutzung kann zudem durch externe Impulse beeinflusst werden, wie das Beispiel der Tochter zeigt: „Man hatte schon lange von Drohnen gehört. Vor ein oder zwei Jahren sagte die Tochter, im Wallis kontrolliere man es mit Drohnen.“. Letztlich erkennen LandwirtInnen die Notwendigkeit, sich mit neuer Technik auseinanderzusetzen: „Es ist ja ganz klar, dass wir mit der Technik zurechtkommen müssen. Es ist nicht mehr wie vor 100 Jahren.“. Trotz anfänglicher Hürden zeigt sich, dass Drohnennutzung wenig Zusatzaufwand erfordert und viele Arbeitsprozesse erleichtern kann: „Es braucht nicht viel Kompetenz, es braucht nicht viel Extraarbeit, aber es erleichtert vieles.“.

#### 4.4 Quantitative Resultate

Nach dem qualitativen Blick auf einen einzelnen Betrieb, stellen wir nun in Abbildung 3 die Faktoren dar, die mit der Drohnennutzung von Schafalpen in Graubünden korrelieren. Diese sind nach Stärke und Richtung der Korrelation, von hoch nach tief und von positiv zu negativ sortiert.

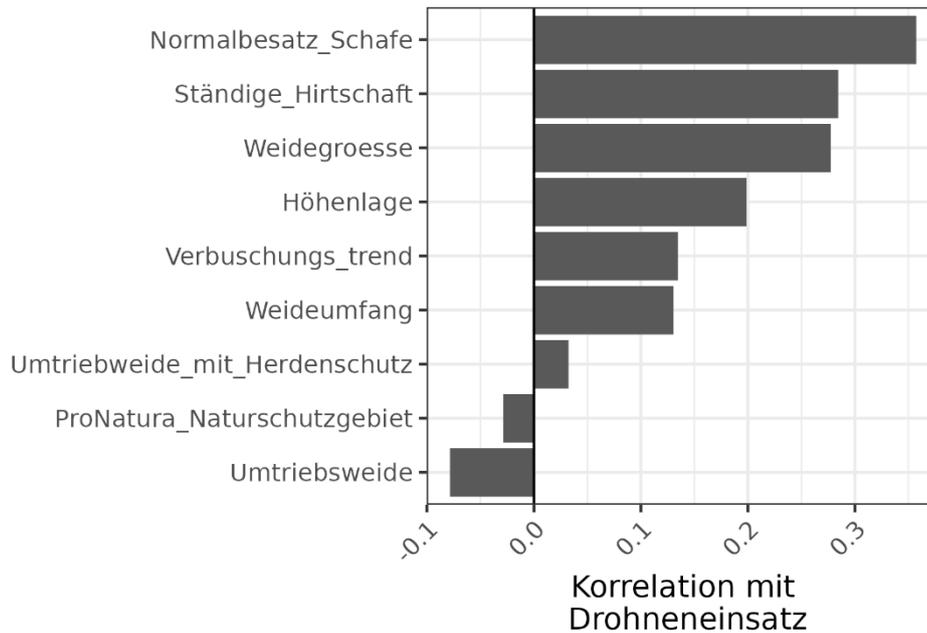


Abbildung 3: Korrelationskoeffizienten (x-Achse) zwischen Faktoren (y-Achse) und Drohnennutzung für alle Schafalpen in Graubünden.

Der Normalbesatz an Schafen ist tendenziell mit einer höheren Wahrscheinlichkeit der Drohnennutzung assoziiert und der Wert von 0.36 weist auf eine moderate Korrelation hin. Praktisch kann dies bedeuten, dass Betriebe mit höherem Schafbesatz Drohnen nutzen, um einen Überblick über eine grössere Anzahl von Tieren zu behalten und um die Zeit und den Aufwand bei der Überwachung von Tieren zu reduzieren. Eine ständige Hirtschafter, das heisst angestellte HirtInnen, sind schwach bis moderat mit der Nutzung von Drohnen korreliert. Die Korrelation kann auf verschiedene praktische Zusammenhänge hinweisen. Alpbetriebe mit ständiger Hirtschafter können eher technikaffin sein und Drohnen als Teil eines modernen Weidemanagements nutzen. Ausserdem können Drohnen als Unterstützung für die ständige Hirtschafter verwendet werden, um effizienter Tiere in schwer zugänglichen Gebieten zu überwachen. Diese Interpretation gilt auch für die Faktoren Weidegrösse, Höhenlage, Verbuschungstrend sowie Weideumfang, da diese Faktoren auf schwer zugängliche Gebiete deuten. Die Nutzung von Drohnen in Naturschutzgebieten hingegen unterliegt Auflagen, was den Einsatz erschwert oder zum Teil ganz verbietet, daher ist dieser Faktor negativ korreliert, wenn auch schwach. Die schwache negative Beziehung des Weidesystems Umtriebsweide und der Drohnennutzung kann darauf hinweisen, dass diese Betriebe oft kleinere, besser abgegrenzte Weideflächen haben, die regelmässig gewechselt werden. Dadurch könnte der Bedarf an Drohnen zur Überwachung sinken. Zusammenfassend werden Drohnen daher eher in extensiveren Weidesystemen ohne Umtriebsweiden eingesetzt, da dort Tiere schwerer zu überwachen sind.

## 5 Diskussion

Die vorliegende Studie liefert neue Erkenntnisse zur Nutzung von Drohnen in der Schweizer Alpwirtschaft und ergänzt damit die bisher noch wenige Literatur zur Anwendung dieser Technologie in der Nutztierhaltung (Rejeb et al., 2022; Alanezi et al., 2022). Unsere qualitativen Ergebnisse zeigen, dass Drohnen vor allem dort eingesetzt werden, wo ein klarer praktischer Nutzen besteht, wie etwa bei der Suche nach Tieren in unübersichtlichem Gelände oder zur zeitlichen Entlastung bei der Tierkontrolle. Dies deckt sich mit der Forschung von Aquilani et al. (2022), die Drohnen als potenziell hilfreiches Werkzeug zur Überwachung, Verfolgung und zum Zusammentreiben von Tieren beschreiben, jedoch ebenfalls auf eine begrenzte Nachfrage hinweisen. Unsere Ergebnisse zeigen jedoch, dass diese Nachfrage in der Alpwirtschaft durchaus vorhanden ist – insbesondere dort, wo strukturelle und topografische Herausforderungen den Arbeitsaufwand erhöhen.

Die Netzwerkanalyse (Abbildung 1) verdeutlicht zudem, dass die Einführung von Drohnen nicht isoliert auf Betriebsebene erfolgt, sondern stark durch ein Netzwerk von Stakeholdern geprägt ist. Zentrale Akteure wie Kantone spielen durch die Herdenschutzprogramme eine Schlüsselrolle bei der Initiierung und Unterstützung entsprechender Projekte. Dies unterstützt die Überlegungen von Walter et al. (2016), die betonen, dass technologische Innovationen in der Landwirtschaft weitreichende Auswirkungen auf ländliche Räume und Gemeinschaften haben und ein entsprechendes Innovationsökosystem erforderlich ist.

Die identifizierten Korrelationen (Abbildung 3) aus der quantitativen Analyse zeigen, dass strukturelle Merkmale wie Tierbesatz, Weidegrösse und Hirschaftssysteme wichtige Faktoren für die Drohnennutzung sind. Dies korrespondiert mit den Studien von Michels et al. (2020, 2021), die für Ackerbaubetriebe feststellten, dass betriebliche Charakteristika eine wichtige Rolle bei der Technologieeinführung spielen. In unserer Analyse zeigt sich, dass Betriebe mit grösserem Schafbesatz und ständiger Hirschaft tendenziell technikoffener sind, was sowohl mit einem höheren Arbeitsdruck als auch mit einer stärkeren Professionalisierung der Betriebsführung zusammenhängen könnte. Gleichzeitig wirkt sich die Lage in Schutzgebieten negativ auf die Nutzung aus – eine Beobachtung, die die Bedeutung externer, nicht beeinflussbarer Faktoren unterstreicht, wie sie auch von Reissig (2023) diskutiert werden.

Die Ergebnisse bestätigen zudem die Beobachtung von Ruch (2018), dass Drohnen in der Schweizer Alpwirtschaft bereits punktuell genutzt werden, wobei sich die Anwendungsschwerpunkte je nach Alptyp unterscheiden. Während auf Milchkuhalpen eher technische Kontrollfunktionen (z. B. Wassertröge) im Vordergrund stehen, werden auf Schafalpen vor allem Funktionen der Tierortung genutzt – ein Befund, der durch unsere qualitativen Interviews und die Korrelationsergebnisse gestützt wird. Damit positioniert sich unsere Studie an der Schnittstelle zwischen den allgemeinen Innovationsdiskussionen (Martin et al., 2022; Pause, 2021) und der noch jungen Forschung zur Drohnennutzung in der Nutztierhaltung.

Im Rahmen dieses explorativen Projekts wurde die Perspektive von Landwirten aus sozialwissenschaftlicher Sicht analysiert. Der Aspekt der subjektiv empfundenen Arbeitsbelastung wurde aus der Sicht der betroffenen Akteure erhoben. Die Ergebnisse legen nahe, dass der Einsatz von Drohnentechnologie in der Alpwirtschaft zu einer Verringerung der Arbeitsbelastung führen kann. Um diese potenzielle Entlastung im arbeitswissenschaftlichen Sinne empirisch zu validieren und quantifizierbar zu machen, empfiehlt die vorliegende Arbeit die Durchführung vergleichender Studien zwischen Drohnennutzung und konventioneller Beweidung. Solche Untersuchungen können eine fundierte Entscheidungsgrundlage für landwirtschaftliche Betriebe hinsichtlich des Einsatzes von Drohnentechnologie bieten.

Drohnen finden in der Schweizer Alpwirtschaft vor allem dort Anwendung, wo betriebliche Komplexität, topografische Erschwernisse und Fachkräftemangel zusammentreffen – also in Kontexten, in denen technologische Unterstützung einen unmittelbaren Nutzen bietet.

## 6 Fazit

Die Einführung von Drohnen in der Schweizer Alpwirtschaft ist kein isolierter Prozess, sondern wird durch ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Stakeholder geprägt. Die Netzwerkanalyse verdeutlicht dabei, dass diese

Stakeholder unterschiedliche Rollen übernehmen – von der Bereitstellung technischer Ressourcen über die Finanzierung bis hin zur Beratung und politischen Unterstützung. NutzerInnen wie ÄlplerInnen und HirtInnen agieren dabei nicht nur als EndanwenderInnen, sondern auch als Rückmeldeinstanz für die Praxistauglichkeit. Eine erfolgreiche Implementierung von Drohnentechnologie ist somit neben der betrieblichen Entscheidung auch von überbetrieblichen, strukturellen und institutionellen Rahmenbedingungen abhängig.

Die Analyse der Drohnennutzung auf Betriebsebene zeigt ergänzend, dass der Einsatz dieser Technologie stark von äusseren und inneren Faktoren beeinflusst wird. Trotz begrenzter finanzieller Mittel ermöglichen bewusst getätigte Investitionen in einfache, kostengünstige Drohnen eine praktische Unterstützung im arbeitsintensiven Alltag der Alpbetriebe. Die Drohne erleichtert insbesondere die Tierkontrolle, spart Zeit und Energie und wird als klare Arbeitserleichterung empfunden – ohne dabei menschliche Arbeitskraft vollständig zu ersetzen. Denn trotz technischer Fortschritte bleibt die Alpwirtschaft stark in traditionellen Werten verankert, was sich auch in der zurückhaltenden, aber pragmatischen Techniknutzung widerspiegelt. Persönliche Eigenschaften wie Offenheit für Neues und die Akzeptanz und Aktivität sich neues Wissen anzueignen prägen die Entscheidung für oder gegen Drohnennutzung massgeblich.

Regulatorische Rahmenbedingungen – etwa durch das Jagdbanngebiet oder nahegelegene Flugzonen – sowie technische Grundkompetenzen und infrastrukturelle Voraussetzungen (z. B. Stromversorgung) bilden zusätzliche Einflussgrössen. Dabei zeigt sich: Auch ohne technisches Vorwissen oder grosse Schulung kann die Drohne bei einfacher Bedienbarkeit einen echten Mehrwert bieten.

Ergänzend zu den qualitativen Einblicken zeigt die quantitative Analyse, dass Drohnen insbesondere dort zum Einsatz kommen, wo klassische Überwachungsmethoden an ihre Grenzen stossen – sei es aus geografischen, organisatorischen oder ressourcenbedingten Gründen. Ob Drohnen auf Alpen in der Schweiz in den letzten Jahren vermehrt eingesetzt wurden, können wir jedoch nicht bestimmen, da keine systematische und schweizweite Erfassung der Nutzung existiert.

## 7 Ausblick

Die Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft steht exemplarisch für den Wandel landwirtschaftlicher Betriebe im Spannungsfeld zwischen Innovation und Tradition. In Zukunft könnte der technische Fortschritt noch stärker Einzug halten, insbesondere wenn jüngere Generationen den Betrieb übernehmen und neue Ideen verfolgen.

Um die Potenziale der Drohnentechnologie in der Alpwirtschaft auszuschöpfen, wäre es sinnvoll, niederschwellige Schulungsangebote sowie klare, praxistaugliche gesetzliche Rahmenbedingungen zu schaffen, die die Nutzung in sensiblen Gebieten erleichtern. Zudem könnten ein gezielter Austausch unter Alpbetrieben sowie Förderprogramme für digitale Landwirtschaft zur Verbreitung beitragen.

Um die weitreichenden Auswirkungen des Einsatzes von Drohnen auf Alpbetriebe und deren Arbeitsabläufe zu bewerten, bedarf es weiterer Forschung, die die Zeit- und damit Kostenersparnis für Alpbetriebe untersucht. Darüber hinaus ist zu klären, welche Formen von Schulungsangeboten als notwendig erachtet werden und welche Stakeholder deren Umsetzung am effektivsten gewährleisten können. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Zukunftsfähigkeit der Alpwirtschaft von Bedeutung, da technologische Hilfsmittel ein Beitrag zur Bewältigung der bestehenden Herausforderungen sein können – sei es durch Entlastung der Arbeitskräfte, Effizienzsteigerung oder die Attraktivitätssteigerung des Berufsbilds für eine neue Generation von Alpmitarbeitenden.

Letztlich zeigt sich, dass die Zukunft der Alpwirtschaft nicht in einem radikalen Umbruch liegt, sondern in der klugen Integration technischer Lösungen in bestehende Strukturen – immer angepasst an die jeweiligen Gegebenheiten und Persönlichkeiten vor Ort.

## 8 Danksagung

Unser Dank gilt den Äplern für ihre Zeit und die Einblicke in ihren Arbeitsalltag sowie dem Plantahof, Graubünden, für die landwirtschaftlichen Strukturdaten. Ausserdem danken wir Nadja El Benni für wertvolles Feedback auf eine frühere Version dieses Artikels. Die Arbeit von Maximilian Meyer fand im Rahmen der [Versuchsstation Alp- und Berglandwirtschaft](#) statt (siehe auch QR-Code).



## 9 Literaturverzeichnis

- Aquilani, C., Confessore, A., Bozzi, R., Sirtori, F., & Pugliese, C. (2022). Review: Precision Livestock Farming technologies in pasture-based livestock systems. *Animal*, 16(1), 100429. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100429>
- Alanezi, M. A., Shahriar, M. S., Hasan, M. B., Ahmed, S., Sha'aban, Y. A., & Bouchekara, H. R. (2022). Livestock management with unmanned aerial vehicles: A review. *IEEE Access*, 10, 45001-45028. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3168295>
- Boyer, C. N., Cavasos, K. E., Greig, J. A., & Schexnayder, S. M. (2024). Influence of risk and trust on beef producers' use of precision livestock farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 218, 108641. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108641>
- Bronson, K. (2019). Looking through a responsible innovation lens at uneven engagements with digital farming. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 90, 100294. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.03.001>
- Filiou, D., Lebreton, A., Bojkova, V., Estelle, N., Reid, K., Deng, J., Carli, G., Kasimati, A., & Arampatzis, S. (2024). UAV-Driven Ecosystems for Sustainable Livestock Management in Rural France: A Case Study. In: *R&D Management Conference*, 17-19 Jun 2024, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. <https://oro.open.ac.uk/98039/1/98039.pdf>
- Flykt, A., Eklund, A., Frank, J., & Johansson, M. (2022). "Landscape of stress" for sheep owners in the Swedish wolf region. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 783035. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.783035>
- Gerli, P., Clement, J., Esposito, G., Mora, L., & Crutzen, N. (2022). The hidden power of emotions: How psychological factors influence skill development in smart technology adoption. *Technological Forecasting and Social Change*, 180, 121721. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121721>
- Heitkämper, K., Reissig, L., Bravin, E., Glück, S., & Mann, S. (2023). Digital Technology Adoption for Plant Protection: Assembling the Environmental, Labour, Economic and Social Pieces of the Puzzle. *Smart Agricultural Technology*, 100148. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100148>
- Herzog, F., Lauber, S., Böni, R., & Seidl, I. (2016, July). Mountain Grazing on Alpine Summer Farms in Switzerland Ecosystem Services of a Pasture Landscape. In *10th International Rangeland Congress* (p. 819).
- Li, X., Huang, H., Savkin, A. V., & Zhang, J. (2022). Robotic herding of farm animals using a network of barking aerial drones. *Drones*, 6(2), 29. <https://doi.org/10.3390/drones6020029>
- Martin, T., P. Gasselín, N. Hostiou, G. Feron, L. Laurens, F. Purseigle, and G. Ollivier. (2022). Robots and transformations of work in farm: a systematic review of the literature and a research agenda. *Agronomy for Sustainable Development* 42:66. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00796-2>
- Mausser, W., Klepper, G., Rice, M., Schmalzbauer, B. S., Hackmann, H., Leemans, R., & Moore, H. (2013). Transdisciplinary global change research: the co-creation of knowledge for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(3), 420-431. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.07.001>
- Mayring, P. (2016). Einführung in die qualitative Sozialforschung: eine Anleitung zu qualitativem Denken (6., überarbeitete Auflage ed.). Weinheim, Beltz Studium.
- Meyer, M., Gazzarin, C., Jan, P., El Benni, N., (2024). Understanding the Heterogeneity of Swiss Alpine Summer Farms for Tailored Agricultural Policies: A Typology. *Mountain Research and Development* 44(1). <https://doi.org/10.1659/mrd.2023.00041>
- Meyer, M., Contzen, S., Feller, M., Pauler, C., Probo, M., Rössli, A., Schmidt, R., Schneider, MK., 2025: Resilience of Swiss Summer Farms: An Interdisciplinary Analysis of Key Challenges and Adaptations. SSRN Working Paper <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5064748>
- Michels, M., von Hobe, C.-F., & Musshoff, O. (2020). A trans-theoretical model for the adoption of drones by large-scale German farmers. *Journal of Rural Studies*, 75, 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.01.005>

- Michels, M., von Hobe, C.-F., Weller von Ahlefeld, P. J., & Musshoff, O. (2021). The adoption of drones in German agriculture: a structural equation model. *Precision Agriculture*, 22(6), 1728-1748. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.01.005>
- Pachoud, C., Bruley, E., Grosinger, J., Crépeau, A.-S., Salim, E., Savre, C., & Vialette, Y. (2023). Joint problem framing: a transdisciplinary methodology for a sustainable future in mountain areas. *Sustainability Science*. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01285-x>
- Pauler, C. M., Homburger, H., Lüscher, A., Scherer-Lorenzen, M., & Schneider, M. K. (2025). Ecosystem services in mountain pastures: A complex network of site conditions, climate and management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 377, 109272. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109272>
- Rejeb, A., Abdollahi, A., Rejeb, K., & Treiblmaier, H. (2022). Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, 107017. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107017>
- Reissig, L. (2023). The Understanding of Digitalisation in Agriculture by Small-Scale Farmers: The Importance of Clear Terminology. SSRN Working Paper. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4484284>
- Sundar, C., Asokhan, M., & Karthikeyan, C. (2023). Adoption of drones in agriculture: Social, economic and personal factors. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(8), 587-597. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i81987>
- Tey, Y.S., Brindal, M. Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. *Precision Agric* 13, 713–730 (2012). <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9273-6>
- Walter, A., Finger, R., Huber, R., & Buchmann, N. (2017). Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(24), 6148-6150. <https://doi.org/10.1073/pnas.1707462114>
- Wielinga, H. E. and D. J. Postma (2017). Link consult: Network Tools. From <https://www.linkconsult.nl/en/gereedschap/modellen>

## 10 Anhang

### Interviewleitfaden Drohnennutzung in der Alpwirtschaft

#### Einführung

- Begrüssung und Vorstellung des Interviewers
- Erklärung des Themas: Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft und Fokus auf Gründe und Hindernisse

#### 1. Charakterisierung des Alpbetriebs

- Organisationsform
- Grösse
- Tierarten
- Teilzahl
- Angestellte
- Rollenteilung
- Arbeitsteilung
- Leitung
- Finanzielle Situation (auch Möglichkeiten der Finanzierung von Drohne und Ausbildung)
- Drohnennutzung seit wann
- Drohnennutzung für welche Aufgaben

## 2. Charakterisierung der Person

- Ausbildung
- Kompetenzen
- digitale Kompetenzen
- Kompetenzerwerb
- Technologieaffinität
- Risikoaffinität
- Persönlichkeit
- Selbstwirksamkeit
- Einstellung gegenüber der Digitalisierung in der LW allgemein

## 3. Rahmenbedingungen neben Alp und Person

- Rechtliche und regulatorische
- Datenschutz
- Flugerlaubnis
- Tourismus
- Nachbarlandwirte
- Relief
- Infrastruktur
- Tierschutz
- Ökologie

## 4. Gründe für die Drohnennutzung

- Welche Vorteile sehen Sie in der Verwendung von Drohnen in der Alpwirtschaft?
- Welche konkreten Gründe haben dazu geführt, dass Sie Drohnen auf Ihrer Alp einsetzen?
- Welche Aufgaben oder Tätigkeiten erledigen Sie mit dem Einsatz von Drohnen?
- Funktioniert das?
- Haben sich Ihre Erwartungen erfüllt?

## 5. Hindernisse bei der Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft

- Welche Herausforderungen sehen Sie bei der Drohnennutzung in der Alpwirtschaft?
- Welche Probleme haben Sie bei der Nutzung?

## 6. Änderungen durch die Drohnennutzung

- Organisation der Arbeit
- Stresslevel

## 7. Zukunftsaussichten

- Wie sehen Sie die zukünftige Entwicklung der Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft?
- Gibt es neue Technologien oder Innovationen, die das Potenzial haben, die Drohnennutzung in diesem Bereich zu verbessern?
- Welche weiteren Chancen oder Hindernisse sehen Sie für die Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft?
- Welche offenen Fragen gibt es, was muss gelöst werden, um die Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft zu ermöglichen?
- Nötige Unterstützungsangebote

## Abschluss

- Gibt es noch etwas, das Sie gerne zum Thema Drohnennutzung in der Schweizer Alpwirtschaft hinzufügen möchten?
- Vielen Dank für Ihre Zeit und die Einblicke in Ihre Arbeit!