



**University of  
Zurich**<sup>UZH</sup>

# Landschaftsvisualisierungen mit 3D- Punktwolken als Kommunikationsmittel in partizipativen Planungsprozessen

GEO 511 Master's Thesis

**Author**

Manuel Jäggi  
12-055-935

**Supervised by**

Dr. Ulrike Wissen Hayek (wissen@nsl.ethz.ch)  
Prof. Dr. Norman Backhaus

**Faculty representative**

Prof. Dr. Norman Backhaus

30.06.2021

Department of Geography, University of Zurich



Universität  
Zürich<sup>UZH</sup>

**ETH** zürich

GEO 511 – MASTER THESIS

---

Landschaftsvisualisierungen mit 3D-Punktwolken als  
Kommunikationsmittel in partizipativen  
Planungsprozessen

---

*Autor:*

Manuel Jäggi  
Matrikel Nr.: 12-055-935  
manuel.jaeggi@uzh.ch

*Supervisor:*

Dr.  
Ulrike Wissen Hayek

*Co-Supervisor:*

Prof. Dr.  
Norman Backhaus

*Fakultätsmitglied:*

Prof. Dr.  
Norman Backhaus

Eingereicht zur Erlangung des akademischen Grades

*Master of Science*

30. Juni 2021

Geographisches Institut, Universität Zürich

Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich



# Zusammenfassung

In der Landschaftsplanung wird häufig auf die Szenario-Technik zurückgegriffen, um verschiedene mögliche Entwicklungsrichtungen zu skizzieren. Die Organisation von kooperativen Workshops für die Entwicklung und Kommunikation solcher Szenarien ist ein Mittel, um Stakeholder\*innen in den Planungsprozess miteinzubeziehen. Für die Vermittlung der relevanten Informationen eignet sich der Einsatz von 3D-Visualisierungen, da diese auch für planerische Laien einfach verständlich sind. Eine aktuelle Entwicklung in der Planung ist die zunehmende Nutzung von 3D-Punktwolkendaten aus LiDAR-Verfahren für die Visualisierung von Landschaften. Die Möglichkeiten zur Darstellung von massiven 3D-Punktwolken war bis vor wenigen Jahren stark limitiert. Durch das Aufkommen von web-basierten 3D-Viewern und der Entwicklung von Plug-ins für die Integration in Game Engines, haben sich jüngst viele neue Möglichkeiten für die Anwendung von Punktwolkendaten in Architektur, Ingenieurwesen und Planung eröffnet. Dennoch fehlen bisher effiziente Tools für die Veränderung von Punktwolken, um verschiedene Landschaftsszenarien darstellen zu können. Somit bleiben Punktwolkensvisualisierungen in partizipativen Prozessen vorerst eine eher spezialisierte Anwendung, welche in ländlichen Gemeinden derzeit noch zu hohe technische sowie finanzielle Hürden mit sich bringt, als dass sie standardmässig eingesetzt werden könnte.

Dieses Masterprojekt widmet sich dieser Forschungslücke und zielt darauf ab, der Digitalisierung in ländlichen Gemeinden Vorschub zu leisten. In der vorliegenden Arbeit wurde ein Workflow für die Visualisierung von Landschaftsveränderungen entwickelt, der im Rahmen der Gesamtmelioration Rothenfluh (BL) eingesetzt wurde. Für die Umsetzung der Visualisierungen wurden Punktwolkendaten aus verschiedenen Aufnahmeverfahren verarbeitet, manipuliert und in der Game Engine Unity 3D zusammengefügt. Als finales Produkt wurden Videosequenzen gerendert, um die Modelle aus geeigneten Perspektiven zeigen zu können. Die daraus resultierenden Visualisierungen wurden an kooperativen Workshops präsentiert, um die Vermittlung verschiedener Entwicklungsszenarien für Rothenfluh zu unterstützen. Dabei wurde untersucht inwiefern die Visualisierungen von den Teilnehmenden als hilfreich wahrgenommen wurden und welcher Nutzen sich daraus für die Diskussion über die zukünftige Entwicklung der Gemeinde ergab.

Es hat sich gezeigt, dass die realitätsnahe Abbildung der Landschaft durch die Punktwolken dazu geführt hat, dass sich die Stakeholder\*innen bestens in den Visualisierungen orientieren konnten und die gezeigte Landschaft auch als die ihre wahrgenommen haben. Die Videos haben ihnen geholfen die Szenarien schnell zu begreifen, da diese für sie einfach verständlich waren. Dadurch konnten Gespräche angeregt werden, welche anhand der gezeigten Bilder konkrete Vorschläge für die Entwicklung der Gemeinde hervorbrachten. Das Potenzial von Punktwolkensvisualisierungen bei der Kommunikation von möglichen Landschaftsszenarien scheint vor allem darin begründet, dass sie hypothetische Veränderungen in einen beinahe realen räumlichen Kontext des bekannten Landschaftsbildes integrieren können. Dadurch entsteht eine konkrete visuelle Grundlage, welche die Kritik der betroffenen Stakeholder\*innen provozieren kann oder sie dazu bringt, kreative Gedanken in den Prozess einzubringen und andere Entwicklungsmöglichkeiten vorzuschlagen.

## Abstract

Scenario development is a tool commonly used in landscape planning to explore different possible directions of future development. Cooperative planning workshops are possible frameworks to communicate such scenarios and engage stakeholders in the process. The use of 3D visualizations is an effective tool to comprehensibly provide the relevant information, as it is understandable even to those without planning experience. A recent development in planning is the increased use of 3D point cloud data, derived from LiDAR systems and used for the visualization of landscapes. Until recently, the ability to display massive 3D point clouds was severely limited. With the advancement of web-based 3D viewers for geospatial data and the development of plug-ins for integration into game engines, many new opportunities have emerged for the application of point cloud data within architecture, engineering, and planning. Nevertheless, efficient tools for modifying point clouds to represent different landscape scenarios are still in their infancy. Point cloud visualizations in participatory processes remain a resource-intensive application, involving high technical and financial hurdles, particularly within rural communities.

This master project addresses the abovementioned research gap and aims to promote digitization within rural communities. The thesis proposes a workflow for the visualization of landscape changes, which was applied in the context of the overall melioration Rothenfluh (BL). For the implementation of the visualizations, point cloud data from different recording methods was processed and manipulated, and merged using the game engine Unity 3D. As a final product, video sequences were rendered to show the models from appropriate perspectives. The resulting visualizations were presented at cooperative workshops to help communicate various development scenarios for the Rothenfluh community. The thesis also examined the extent to which the visualizations were perceived as helpful by participants and what benefits resulted from the discussions about the future development of the community.

This thesis argues that the realistic depiction of landscapes through 3D point clouds enabled stakeholders to better navigate the planning scenarios of their community, while creating a sense of equity in seeing the landscape as their own. This helped stimulate conversations that generated concrete proposals for the development of the community, based on the 3D point clouds visualizations shown. The benefit of point cloud visualizations in communicating possible landscape scenarios appears to be primarily in the integration of hypothetical changes into an almost real spatial context of the known landscape. This creates a visual foundation that can allow discussions among affected stakeholders, enabling them to contribute their ideas and participate in the development process of their community.

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich einen besonderen Dank an meine Betreuerin Dr. Ulrike Wissen Hayek vom Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung aussprechen, die mich dazu ermutigt hat, meine Masterarbeit im Bereich der 3D-Landschaftsvisualisierung zu machen. Mit ihren Fachkenntnissen ist sie mir immer beratend zur Seite gestanden und hatte mich in allen Arbeitsschritten stets mit grossem Einsatz unterstützt.

In der Rolle meines Fakultätsbetreuers konnte mich Prof. Dr. Norman Backhaus im Besonderen bei der Entwicklung und Schärfung der methodischen Herangehensweise unterstützen. Auch ihm möchte ich an dieser Stelle für die ausführlichen Gespräche und die kompetente Unterstützung danken.

Im Weiteren geht mein Dank an Dr. Enrico Celio und Dr. Sven-Erik Raabe, die mich für diese Masterarbeit zur Mitarbeit in ihrem Team aufgenommen haben. Ich habe diese Zusammenarbeit sehr geschätzt und wünsche dem Projekt incolab viel Erfolg!

Weiter möchte ich mich bei Dennis Häusler bedanken, für dass er mich bei meinen Problemen mit der Unity Game Engine unterstützt hat sowie auch den anderen Mitarbeitenden des *Landscape Visualization and Modeling Lab*, die mir helfend zur Seite gestanden sind.

Ebenfalls möchte ich mich bei allen Mitarbeitern am PLUS bedanken, mit denen ich vor allem in einer frühen Phase der Arbeit inspirierende Gespräche führen konnte und die mir geholfen haben, die Ideen für mein Projekt zu konkretisieren.

Auch bedanke ich mich bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der kooperativen Workshops in Rothenfluh für ihre Offenheit und dafür, dass sie sich auf die Visualisierungen eingelassen haben und sich trotz der ungewohnten Umstände der virtuellen Treffen nicht gescheut haben, sich zu den Visualisierungen zu äussern.

Zu guter Letzt geht mein Dank an meine Freunde und meine Familie, die meine Arbeit gegengelesen und mich auf meinem Weg begleitet und unterstützt haben.

## Abkürzungen

<b>AEC</b>	Architecture, Engineering and Construction
<b>ALS</b>	Aerial Laser Scanning
<b>BIM</b>	Building Information Modeling
<b>DGM</b>	Digitales Geländemodell
<b>LiDAR</b>	Light Detection and Ranging

## Gesetze und Verordnungen

<b>BPG</b>	Bau- und Planungsgesetz, Kanton Basel-Stadt, 700.30, in Kraft 17.11.1999
<b>LwG</b>	Landwirtschaftsgesetz, Bundesgesetz Schweiz, 900.1, in Kraft 01.01.1999
<b>RPG</b>	Raumplanungsgesetz, Bundesgesetz Schweiz, 700, in Kraft 01.01.1980
<b>StrG</b>	Strassengesetz, Kanton Zürich, 722.1, in Kraft 27.09.1981
<b>721.700</b>	Verordnung betreffend den Vollzug des Bundesgesetzes über die Nationalstrassen vom 8. März 1960, Kanton Basel-Stadt, in Kraft 28.02.1961

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung . . . . .	1
1.2 Zielsetzung . . . . .	2
1.3 Forschungsfragen . . . . .	3
<b>2 Theoretische Grundlagen</b>	<b>4</b>
2.1 Landschaftsplanung . . . . .	4
2.2 Partizipation und kooperative Workshops . . . . .	5
2.3 Szenariotechnik . . . . .	7
2.4 3D-Visualisierungen in partizipativen Planungsprozessen . . . . .	9
2.5 Laserscanning und Punktwolken . . . . .	11
<b>3 Fallbespiel Rothenfluh</b>	<b>15</b>
3.1 Melioration . . . . .	15
3.2 Probleme und Ziele . . . . .	16
3.3 Begleitung durch incolab . . . . .	17
3.3.1 Entwicklung der Szenarien . . . . .	18
3.3.2 Synthese: Szenarien und Zukunftsbild . . . . .	18
3.4 Die Visualisierungen im Kontext der Melioration . . . . .	18
3.4.1 Expertenrunde . . . . .	19
3.4.2 Workshop . . . . .	19
<b>4 Methoden</b>	<b>20</b>
4.1 Erstellen der Visualisierungen . . . . .	20
4.1.1 Erster Teil . . . . .	20
4.1.2 Zweiter Teil . . . . .	21
4.1.3 Konzeptuelle Grundlagen: Szenarien . . . . .	25
4.1.4 Expertengespräch . . . . .	27
4.1.5 Verwendete Hardware und Software . . . . .	27
4.2 Forschungsdesign . . . . .	28
4.2.1 Operationalisierung . . . . .	29
4.2.2 Triangulation . . . . .	30
4.2.3 Verortung . . . . .	31
4.2.4 Gruppengespräch und Beobachtung . . . . .	31
4.2.5 Echtzeitumfrage . . . . .	31
4.2.6 Fragebogen . . . . .	32

<b>5</b>	<b>Resultate</b>	<b>33</b>
5.1	Datenvergleich: ALS, TLS und Photogrammetrie . . . . .	33
5.2	Workflow zum Erstellen der Visualisierungen . . . . .	39
5.2.1	Vorbereitung . . . . .	39
5.2.2	Segmentierung . . . . .	42
5.2.3	Kolorierung . . . . .	45
5.2.4	Komposition . . . . .	46
5.2.5	Rendering und Finalisierung . . . . .	47
5.3	Erkenntnisse aus dem Visualisierungsprozess . . . . .	49
5.3.1	Performanz . . . . .	49
5.3.2	Kolorierung . . . . .	50
5.3.3	Punktgrösse . . . . .	50
5.3.4	Perspektive und Standort . . . . .	52
5.3.5	Schwierigkeiten . . . . .	52
5.4	Präsentation der Visualisierungen . . . . .	53
5.5	Szenariovisualisierungen . . . . .	53
5.5.1	Szenario A . . . . .	54
5.5.2	Szenario B . . . . .	55
5.5.3	Szenario C . . . . .	56
5.5.4	Szenario E . . . . .	57
5.6	Erkenntnisse aus Verortung und Zoom-Pools . . . . .	58
5.6.1	Expertenrunde: Verortung . . . . .	58
5.6.2	Workshop: Zoom-Polls . . . . .	58
5.7	Erkenntnisse aus Gruppengespräch und Beobachtung . . . . .	59
5.7.1	Expertenrunde . . . . .	59
5.7.2	Workshop . . . . .	61
5.8	Auswertung der Fragebogen . . . . .	62
5.8.1	Offene Fragen . . . . .	62
5.8.2	Likert-Skala . . . . .	67
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>73</b>
6.1	Erkenntnisse aus dem Visualisierungsprozess . . . . .	73
6.2	Welchen Realitätsgrad braucht es? . . . . .	75
6.3	Wie die Visualisierungen präsentieren? . . . . .	76
6.4	Diskussion des Nutzens der Visualisierungen . . . . .	77
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick</b>	<b>79</b>
	<b>Referenzen</b>	<b>82</b>
	<b>Bibliografie</b>	<b>i</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>ii</b>

# Abbildungsverzeichnis

3.1	Felderregulierungen im Kanton Baselland seit 1893 . . . . .	16
3.2	Schema des Begleitprozesses, entwickelt von incolab (2020); eigene Darstellung . . . . .	17
4.1	Erster Teil des Visualisierungsprozesses . . . . .	23
4.2	Zweiter Teil des Visualisierungsprozesses . . . . .	24
5.1	Datenvergleich ALS, TLS und Photogrammetrie: Übersicht - Visualisiert in Cloud-Compare . . . . .	36
5.2	Datenvergleich ALS, TLS und Photogrammetrie: Ausschnitt Säge - Visualisiert in CloudCompare . . . . .	37
5.3	Datenvergleich ALS, TLS und Photogrammetrie: Ausschnitt Dorf - Visualisiert in CloudCompare . . . . .	38
5.4	Übersicht über den Workflow . . . . .	40
5.5	Ausgangsdatei für die Datenreduktion . . . . .	41
5.6	A: Resultat des <i>3D Block Thinning</i> aus LIS Pro 3D, Methode <i>lowest in block</i> . B: Resultat des <i>Subsamplings</i> aus CloudCompare, Methode <i>Space</i> . . . . .	42
5.7	A: Resultat des <i>3D Block Thinning</i> aus LIS Pro 3D, Methode <i>user</i> . B: Resultat des <i>Subsamplings</i> aus CloudCompare, Methode <i>Random</i> . . . . .	43
5.8	Objektbibliothek: Vegetation . . . . .	44
5.9	Hintergrundfarbe . . . . .	47
5.10	Skybox . . . . .	47
5.11	Kamerabild ohne Ebenen . . . . .	48
5.12	Kamerabild mit Ebenen . . . . .	48
5.13	Vogelperspektive, Punktgrösse: 330 . . . . .	51
5.14	Vogelperspektive, Punktgrösse: 510 . . . . .	51
5.15	Vogelperspektive, Punktgrösse: 650 . . . . .	51
5.16	Vogelperspektive, Punktgrösse: 830 . . . . .	51
5.17	Fussgängerperspektive, Punktgrösse: 330 . . . . .	51
5.18	Fussgängerperspektive, Punktgrösse: 510 . . . . .	51
5.19	Fussgängerperspektive, Punktgrösse: 650 . . . . .	51
5.20	Fussgängerperspektive, Punktgrösse: 830 . . . . .	51
5.21	Szenariovisualisierung A; oben (a), unten (b) . . . . .	54
5.22	Szenariovisualisierung B; oben (a), unten (b) . . . . .	55
5.23	Szenariovisualisierung C; oben (a), unten (b) . . . . .	56
5.24	Szenariovisualisierung E; oben (a), unten (b) . . . . .	57
5.25	Verortung der 1. Visualisierung . . . . .	58
5.26	Verortung der 2. Visualisierung . . . . .	58
5.27	Auswertung der Echtzeit-Befragung via Zoom Polls . . . . .	58
5.28	Auswertung der Likert-Skala im Fragebogen der Expertenrunde . . . . .	69
5.29	Auswertung der Likert-Skala "Die Geschwindigkeit der Videos fand ich.." . . . . .	71
5.30	Auswertung der Likert-Skala im Fragebogen des Workshops . . . . .	72
A.1	Textnarrativ des Szenario A . . . . .	ii

A.2	Textnarrativ des Szenario B . . . . .	iii
A.3	Textnarrativ des Szenario C . . . . .	iv
A.4	Textnarrativ des Szenario D . . . . .	v
A.5	Textnarrativ des Szenario E . . . . .	vi
A.6	Beobachtungsleitfaden . . . . .	vii
A.7	Interviewleitfaden . . . . .	viii
A.8	Fragebogen - Expertenrunde II vom 01.12.2020 . . . . .	xiii
A.9	Fragebogen - Workshop vom 03.02.2021 . . . . .	xx
A.10	Blaufehler in den TLS Daten - Visualisiert in RiSCAN PRO . . . . .	xxi
A.11	Airpoints in den TLS Daten - Visualisiert in RiSCAN PRO . . . . .	xxi
A.12	Punktwolke vor der Segmentierung . . . . .	xxii
A.13	Punktwolke nach der Segmentierung . . . . .	xxii
A.14	Punktwolke nach der Farbkorrektur . . . . .	xxii
A.15	Fehler beim Import von TLS-Daten in Unity . . . . .	xxiii



# Tabellenverzeichnis

4.1	Visuelle Variablen und Faktoren aus den Szenariokonzepten . . . . .	25
4.2	Tabelle mit der Übersicht über alle Faktorausprägungen der verschiedenen Szenarien (incolab, 2021) . . . . .	26
4.3	Aus den Forschungsfragen abgeleitete Kategorien für die qualitative Inhaltsanalyse .	30
5.1	Übersicht über die Elemente der Objektbibliothek . . . . .	44
5.2	Auswertung der offenen Frage A (Expertenrunde) . . . . .	63
5.3	Auswertung der offenen Frage B (Expertenrunde) . . . . .	63
5.4	Auswertung der offenen Frage C (Expertenrunde) . . . . .	64
5.5	Auswertung der offenen Frage D (Expertenrunde) . . . . .	64
5.6	Auswertung der offenen Frage A (Workshop) . . . . .	65
5.7	Auswertung der offenen Frage C (Workshop) . . . . .	65
5.8	Auswertung der offenen Frage B (Workshop) . . . . .	66
5.9	Auswertung der offenen Frage D (Workshop) . . . . .	67

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Die zunehmende Verknappung des verfügbaren Siedlungsraumes sowie die fortschreitende Zerstörung unserer Lebensgrundlagen hält uns die Notwendigkeit deutlich vor Augen, die Nutzung der heutigen Landschaften zukünftig effizienter zu planen. Der steigende Bedarf einer wachsenden Bevölkerung an nutzbarem Raum sowie die bereits sehr dichte Besiedelung der Schweiz im Besonderen führt zu sich überschneidenden Nutzungsansprüchen (Schweizerischer Bundesrat, KdK, BPUK, SSV, SGV, 2012; Bundesamt für Statistik, 2020). Das schweizerische Bundesgesetz über die Raumplanung (Art. 1, Art. 4, RPG) verpflichtet Bund, Kantone und Gemeinden zur haushälterischen Nutzung des Bodens und schreibt dabei vor, die Bevölkerung bei Planungen in geeignetem Masse mitwirken zu lassen.

Der heute im deutschsprachigen Raum geltende Konsens über die Öffentlichkeitsbeteiligung als wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Planung, reicht mindestens bis in die sechziger Jahre zurück (Selle, 2010). Um die Beteiligung der betroffenen Bevölkerung bei wichtigen Entscheidungen zu ermöglichen, werden in der Landschaftsplanung partizipative Prozesse organisiert. Diese haben den Anspruch Zusammenhänge von Fakten aufzuzeigen, um einen konstruktiven Entscheidungsfindungsprozess vorzubereiten, ihn anzuregen und zu begleiten (Bosshard, 2001). Um verschiedene potenzielle Entwicklungsrichtungen eines Raumes aufzuzeigen, kann die Szenariotechnik eingesetzt werden, wie sie auch im vorliegenden Fallbeispiel in der Gemeinde Rothenfluh (BL) im Rahmen von kooperativen Workshops angewendet wird. Szenarien sind plausible Darstellungen von möglichen Ereignissen und sollen zu Erkenntnissen über zukünftige Trends oder Entscheidungen und ihren Folgen führen (Kerber et al., 2014). In der Landschaftsplanung eignen sie sich dafür, die Vielfalt der zu berücksichtigenden Faktoren zu integrieren, was dabei hilft, die mit vielen Unsicherheiten behafteten Einflüsse besser zu verstehen (Wissen, 2007).

Es hat sich zwar gezeigt, dass eine erfolgreiche Partizipation die Akzeptanz von Landschaftsveränderungen fördert, eine wichtige Voraussetzung dafür ist jedoch, dass alle Beteiligten Zugang zu den relevanten Informationen erhalten (Fürst et al., 2001). Um das zu gewährleisten ist es wichtig, dass sie auf eine Weise kommuniziert werden, die von allen Beteiligten verstanden werden kann (von Haaren, 2002). Die Schwierigkeit bei der Kommunikation solcher Zukunftsszenarien ist, dass es besonders für planerische Laien nicht einfach ist, sich die räumlichen Konsequenzen verschiedener möglicher Entwicklungsrichtungen vorzustellen, denn diese sind generell durch Komplexität und Ungewissheit geprägt. Da Vorstellungen einer möglichen Zukunft zudem ambivalent sind, muss man davon ausgehen, dass die Teilnehmer\*innen der Workshops, die Szenarien auf Basis ihrer individuellen Standpunkte unterschiedlich interpretieren werden (Kosow & Gaßner, 2008). Eine weitere Herausforderung bei der Vermittlung von Szenarien besteht, wenn sich deren Inhalte teilweise überschneiden. Dies erschwert es die Szenarien auseinanderzuhalten und erfordert einen gewissen Arbeitsaufwand, um sie zu verstehen. Verschiedene Entwicklungsrichtungen zu unterscheiden kann für die beteiligten Vertreter\*innen aus der Bevölkerung herausfordernd sein, beachtet man neben der Tatsache einer für sie in der Regel ungewohnten Situation zudem, dass sie ihr Engagement ehrenamtlich und während der Freizeit ausüben.

Um diese Herausforderungen zu überwinden werden in der Planung verschiedene Methoden und Hilfsmittel eingesetzt. Pläne, Zeichnungen oder Texte aber, eignen sich nur begrenzt dafür, räum-

liche Informationen zu kommunizieren. Dagegen scheint aber die Verwendung von qualitativ hochwertigen Landschaftsvisualisierungen in partizipativen Planungen zum Verständnis landschaftlicher Veränderungen beizutragen (Wissen, 2007). Techniken der Landschaftsvisualisierung haben das Potential die Kommunikation zwischen Entscheidungsträgern zu unterstützen und die Bereitschaft von Stakeholdern und der Öffentlichkeit zu erhöhen, sich mit Planungsfragen auseinanderzusetzen (Pettit et al., 2011).

Eine aktuelle Entwicklung ist der zunehmende Einsatz von Verfahren zur Generierung und Verarbeitung von 3D-Punktwolken im Bauwesen, in der Architektur und Stadtentwicklung sowie auch in der Landschaftsplanung. Während die Verfügbarkeit solcher Daten stetig grösser wird, werden derzeit immer mehr Plattformen (weiter-)entwickelt, um die Nutzung von Punktwolkendaten zu vereinfachen. Das grosse Potenzial dabei ist es, die daraus gewonnen hochrealistischen Darstellungen als Ausgangspunkt für die Erstellung von Landschaftsvisualisierungen zu nutzen (Urech, 2019). Das bisherige Problem war dabei der Mangel an geeigneten Software-Plattformen, welche die Visualisierung und im Besonderen die *Manipulation* von Punktwolken in nützlicher Masse gestatten, um *Veränderungen* von Landschaften darstellen zu können (Lin, 2016).

In der jüngsten Vergangenheit haben sich moderne Game Engines – welche für die Gestaltung von Computerspielwelten konzipiert worden sind, für die Erstellung von hochrealistischen Landschaftsvisualisierungen als potenziell geeignet erwiesen. Nicht zuletzt, weil sie die Integration von Geodaten erlauben, sondern auch weil sie eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Animation, Simulation und Interaktion bieten, die zuvor aufgrund von hohen Kosten häufig unerreichbar geblieben sind (Keil et al., 2021). Mit der Entwicklung von entsprechenden Erweiterungen, wurden Game Engines in den letzten Jahren auch für die Implementierung von Punktwolken verfügbar gemacht (Virtanen et al., 2020).

## 1.2 Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist es, einen Ansatz für die Manipulation von Punktwolkendaten zu entwickeln, um mögliche Landschaftsveränderungen darstellen zu können. Die aus diesem Prozess resultierenden Visualisierungen wurden in partizipativen Workshops eingesetzt, die im Rahmen des Begleitverfahrens der Gesamtmelioration Rothenfluh (BL) stattfanden. Der Anspruch an die zu entwickelnde Visualisierungsmethode ist dabei, einen reproduzierbaren Ansatz zu erarbeiten, der in nützlicher Frist und zu tragbaren Kosten durchgeführt werden kann, um dessen Anwendung bei Meliorationen für ländliche Gemeinden attraktiv zu gestalten. Der Einsatz der Visualisierungen in den Workshops soll die Kommunikation der Szenarien mit den an der Planung beteiligten Stakeholdern unterstützen, sowie der für die Szenarienentwicklung zuständigen Expertengruppe als Hilfsmittel zur Interpretation und Weiterentwicklung der Szenarien dienen. Dabei soll untersucht werden, wie die Visualisierungen von den Beteiligten wahrgenommen werden und inwiefern sie für die Ziele der Workshops von Nutzen sind.

Folglich steht im Zentrum dieser Masterarbeit der Erkenntnisgewinn darüber, wie Landschaftsveränderungen mithilfe von 3D-Punktwolkenvisualisierungen gestaltet und präsentiert werden können, um die Kommunikation und das Verstehen von Szenarien zu fördern und zu unterstützen. Die genannten Forschungsziele werden in Bezug auf die Planungssituation in Rothenfluh untersucht. In Anbetracht der gegebenen Bedürfnisse der Gemeinde, bezieht sich die vorliegende Arbeit spezifisch auf den Einsatz von Punktwolkenvisualisierungen in der Phase der Evaluation und der Weiterentwicklung von Szenarien einerseits und auf deren Synthese mit dem von der beteiligten Bevölkerung entwickelten Zukunftsbild andererseits. Dies ist wichtig festzuhalten, denn die Art und Weise wie Visualisierungen gestaltet und genutzt werden sollten, hängt vom Kontext der Planungssituation und der Phase ab, in welcher sie sich befindet (Lovett et al., 2015; Wissen Hayek, 2011).

## 1.3 Forschungsfragen

Die im vorangegangenen Abschnitt geschilderten Zielsetzungen führen zu der Formulierung der folgenden Forschungsfrage:

- Wie können auf Punktwolken basierende 3D-Landschaftsvisualisierungen in kooperativen Workshops eingesetzt werden, um die Kommunikation verschiedener Entwicklungsszenarien zu unterstützen?

Die Beantwortung dieser zentralen Fragestellung, wird durch die Untersuchung der nachfolgend beschriebenen untergeordneten Frageebenen herbeigeführt.

### **Design der Visualisierungen**

1. Wie können Landschaftsveränderungen durch Punktwolkenvisualisierungen dargestellt werden?
2. Wie sollte der Realitätsgrad der Visualisierungen gestaltet werden, um die relevanten Informationen der Szenarien bestmöglich vermitteln zu können?

### **Präsentation der Visualisierungen**

3. Wie müssen die Visualisierungen präsentiert werden, damit sie die konzeptuellen Inhalte der Szenarien verständlich transportieren können?

### **Nutzen der Visualisierungen**

4. Welchen Nutzen haben die Visualisierungen für die Kommunikation in den Workshops?

## 2 Theoretische Grundlagen

### 2.1 Landschaftsplanung

In der Schweiz hat das Bevölkerungswachstum dazu geführt, dass sich die Zahl der Einwohner in den letzten 70 Jahren von rund 4.6 Millionen (1951) auf rund 8.6 Millionen (2019) beinahe verdoppelt hat (Bundesamt für Statistik, 2020). Gleichsam haben sich die Bedürfnisse der Schweizer und Schweizerinnen verändert. Der Anspruch an mehr Wohnraum pro Kopf und eine gesteigerte Mobilität, haben zum Ausbau der dafür notwendigen Infrastruktur geführt. In der Konsequenz hat die resultierende Ausdehnung von Siedlung, Verkehr und Versorgungsleitungen fortlaufend zur Zersiedelung der Schweizer Landschaften geführt (Schweizerischer Bundesrat, KdK, BPUK, SSV, SGV, 2012). Da der Trend der Bevölkerungszunahme in absehbarer Zukunft nicht abbrechen wird – das BFS prognostiziert das Erreichen der 10-Millionen Schweiz unter gleichbleibenden Voraussetzungen wie heute bereits in weniger als 20 Jahren (Raymond, 2016) – ist es notwendig, geeignete Massnahmen zu treffen, um die Nutzung des begrenzten Bodens langfristig sinnvoll zu organisieren.

Oftmals überlagern sich verschiedene Nutzungsinteressen, die nicht miteinander vereinbar sind und konkurrieren in der Folge um die gleichen Landschaftsflächen (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 2003). Das kann zu schädlichen Einflüssen auf die Umwelt führen. Besonders gemeinschaftliche Umweltgüter, wie beispielsweise wichtige Ökosystemleistungen sind gefährdet, weil sie oftmals nicht direkt sichtbar sind. Da ihr ökonomischer Wert nur ungenügend in der Marktwirtschaft repräsentiert ist oder weil die Folgen ihrer Beschädigung erst auf zukünftige Generationen zurückfallen wird, ist die Priorisierung solcher Probleme leider meistens ungenügend (von Haaren et al., 2019). Um dem anhaltenden Trend der Übernutzung von Landschaftsressourcen entgegenzuwirken, ist ein Eingreifen durch das Planen von Räumen und Landschaften notwendig (Wissen, 2007).

Die Europäische Landschaftskonvention, in der auch die Schweiz Mitglied ist, definiert Landschaftsplanung als "strong forward-looking action to enhance, restore or create landscapes" (Council of Europe, 2000, S. 2). Das Verständnis von Landschaftsplanung ist von Land zu Land unterschiedlich (von Haaren et al., 2019). Deshalb wird hier versucht, eine generelle Annäherung an den Begriff darzulegen. Gegenstand der Landschaftsplanung im Allgemeinen ist es, gegenläufige Landnutzungen miteinander abzustimmen und entsprechende Entscheidungen über die Nutzung von Land und Boden vorzubereiten, während gleichzeitig der Schutz von natürlichen Prozessen und kulturellen Werten miteinbezogen wird (von Haaren et al., 2014).

Botequilha Leitão und Ahern (2002) argumentieren für die Entwicklung neuer Strategien für die Integration von ökologischem Wissen in die Planung, um Prinzipien der Nachhaltigkeit effektiver in Planung und Management anwenden zu können. Es gibt viele verschiedene Ansätze in der Landschaftsplanung, um Entscheidungen durch eine möglichst umfassende Informationslage zu unterstützen. Waren es traditionell klassische kartenbasierte Landklassifikationen, werden seit einigen Jahrzehnten computergestützte Methoden wie multivariate Umweltmodelle, Visualisierungstechniken oder GIS eingesetzt (Bryan, 2003). Diese zielen alle darauf ab, die Nutzung des Raumes und die Qualität der Umwelt zu organisieren und zu optimieren (Antrop, 2001).

Landschaftsplanung sollte sich auf wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse stützen. Dabei besteht aber die Schwierigkeit dieses Wissen auch tatsächlich in die lokalen politischen Strukturen einfließen zu lassen, wo Entscheidungen betreffend Landschaftsplanung getroffen werden (Beunen & Opdam,

2011). In der Regel bezieht sich der Untersuchungsbereich der Landschaftsplanung auf eine politische Entität wie zum Beispiel eine Gemeinde oder Region, die eine zusammenhängende Komplexität von Faktoren und Abhängigkeiten umfasst. Insofern ist die Umsetzung von Landschaftsveränderungen in entscheidendem Masse an die Interessen und Meinungen von Landeigentümer\*innen sowie den Stimmberechtigten der betreffenden Region oder Gemeinde geknüpft (von Haaren et al., 2014). Die Akzeptanz und die Implementierung von vorgeschlagenen Landschaftsveränderungen hängen davon ab, wie klar die möglichen Handlungsoptionen den Beteiligten sind und wie der Prozess der Entscheidungsfindung organisiert wurde (Wende et al., 2012).

## 2.2 Partizipation und kooperative Workshops

Unter dem Begriff der Partizipation werden im allgemeinen Formen der Beteiligung von Bürger\*innen an politischen Entscheidungsprozessen zusammengefasst. A. Vetter (2008, S. 9) beschreibt die Beteiligung als ein zentrales Element der demokratischen Gesellschaft, welches die Legitimation von in der Folge erlassenen Beschlüssen unterstützt. Durch den Einbezug der Betroffenen in solche Prozesse "förderere sie die Rückbindung der politischen Entscheidungen an die Interessen der Regierten und schaffe Responsiviät. Auf diese Weise generierte sie Vertrauen in den politischen Entscheidungsprozess ebenso wie Unterstützung der handelnden Akteure und des politischen Systems insgesamt".

In Bezug auf das Beteiligungsverfahren im Rahmen der Gesamtmelioration Rothenfluh, beschäftigt sich diese Arbeit mit der Thematik von Partizipation in der Planung. Für die Raumplanung ist es entscheidend, dass die Notwendigkeit von beabsichtigten räumlichen Entwicklungen von möglichst allen Beteiligten anerkannt und unterstützt wird. Nur so kann die nötige politische Zustimmung erreicht werden, die für eine erfolgreiche Umsetzung eines Projekts von öffentlicher Tragweite notwendig ist. Die Vorteile, die sich daraus ergeben, wenn Bürger\*innen und Interessensvertreter\*innen in Planungsprozesse von allgemeinem Interesse miteinbezogen werden, sind heute weitgehend anerkannt, so dass sich partizipative Verfahrensmodelle vermehrt durchsetzen konnten (Wissen, 2007). Beispielsweise hat sich gezeigt, dass mit allen wichtigen Akteuren abgestimmte Projekte in der Regel zügiger umgesetzt werden konnten, als solche die nach einer möglichst schnellen Planung, bei der Umsetzung aufgrund gerichtlicher Verfahren verzögert wurden (Selle, 2010).

Bei partizipativen Verfahren in Planungsprozessen kann allgemein zwischen formellen und informellen Verfahren unterschieden werden. Formelle Verfahren sind in der Schweiz gesetzlich im Bundesgesetz für Raumplanung (Art. 4, RPG), in den kantonalen Planungs- und Baugesetzen (Bsp. Basel, § 108-113, BPG), den Strassengesetzen (Bsp. Zürich § 13, 16, 17, StrG) oder entsprechenden Verordnungen (Bsp. Basel, § 11, 721.700) verankert. Diese verpflichten zur öffentlichen Auflage von Baugesuchen, um der Bevölkerung innerhalb einer festgesetzten Frist die Möglichkeit zur Einsprache zu garantieren. In diesem Kontext unterliegen formelle Verfahren festgelegten Schritten und produzieren rechtlich verbindliche Ergebnisse (Pahl-Weber, 2010).

Informelle Verfahren dagegen umfassen alle "diejenigen Verfahren und Instrumente räumlichen Planens, die nicht rechtlich formalisiert, standardisiert und direkt rechtsverbindlich sind" (Danielzyk & Sondermann, 2018, S. 964). Da sie keinen festgeschriebenen Abläufen unterliegen, können Verfahren der informellen Planung flexibel ausgestaltet werden und der Planung zugrundeliegenden Voraussetzungen wie Akteurskonstellation, Problemstellung und räumlicher Situation angepasst werden (Pahl-Weber, 2010). Diese Verfahren resultieren nicht in einer formell verbindlichen Planungsentscheidung. Über das Prinzip der Selbstbindung der beteiligten Akteure, können sie aber dennoch in den Prozess miteinfließen (Pahl-Weber, 2010; Danielzyk & Sondermann, 2018; Priebes, 1998). Diese Offenheit der Verfahren ermöglicht es, die Diversität der Interessen von Betroffenen in die Planung miteinzubeziehen, unabhängig von ihrem politischen Verständnis oder planerischem Know-How.

Da es keine verbindliche Definition der informellen Planung und ihrer Instrumente gibt, schlagen Danielzyk und Sondermann (2018) eine Abgrenzung in vier Kategorien vor. Dabei unterscheiden sie Informationsgrundlagen (1), Leitbilder und Konzepte (2), Kommunikative und kooperative Ansätze (3) sowie Formate (4).

Unter Informationsgrundlagen verstehen sie Berichte über räumliche Entwicklungen sowie Prognosen und Szenarien, die mögliche zukünftige Entwicklungen betreffen. Bei der Kategorie Leitbilder und Konzepte betonen sie, dass neben dem spezifischen Dokument an sich, vor allem das entsprechende Erarbeitungsverfahren von Bedeutung ist. Mithilfe einer externen neutralen Moderation kann ein breit abgestütztes Spektrum betroffener Akteure in den Prozess einbezogen werden. Somit können auch Stimmen Geltung erhalten, die an formalen Planungsverfahren aus verschiedenen Gründen oftmals nicht beteiligt sind. Als Beispiele für kooperative Ansätze nennen sie runde Tische, Planungszellen, Zukunftswerkstätten oder auch Arbeitsgruppen. Als Formate beschreiben sie Veranstaltungen im Stile von Grossveranstaltungen, welche sich die Aktivierung zivilgesellschaftlicher, privatwirtschaftlicher und auch öffentlicher Akteure im Interesse der Stadt- und Regionalentwicklung zunutze machen wollen. Dazu zählen sie beispielsweise die Internationalen Bauausstellungen oder auch Wettbewerbsausschreibungen, welche Aspekte räumlicher Entwicklung innovativ thematisieren (Danielzyk & Sondermann, 2018).

Dabei ist der Grad des Zusammenwirkens der Akteure in dialogorientierten Verfahren am grössten (Pahl-Weber, 2010). In der Schweiz werden solche informellen Instrumente heutzutage angewendet, wenn die Interessen einer Vielzahl von Grundeigentümer\*innen aufeinander abgestimmt werden sollen. Eine geeignete Form kommunikativer Ansätze für die Erarbeitung eines gemeinsam getragenen Zukunftsbildes bieten beispielsweise kooperative Workshopverfahren (Stadt Zürich et al., 2014). Diese Prozesse basieren auf Diskurs und verfolgen das Ziel, durch die Integration eines möglichst umfassenden Spektrums verschiedener Meinungen und Interessen, frühzeitig Konfliktpotenziale zu erkennen und gemeinsame Handlungsgrundlagen zu schaffen (Danielzyk & Sondermann, 2018, S. 966). Der Erfolg solcher Verfahren hängt massgeblich davon ab, ob alle Beteiligten gleichermaßen über planungsrelevante Sachverhalte informiert sind und ein gemeinsamer Wissensstand hergestellt werden kann (A. Vetter, 2008). Insofern sind die Bildung und Vermittlung von Wissen ein zentrales Kriterium für den Erfolg kooperativer Workshops.

Gohl und Wüst (2008) beschreiben Beteiligungsprozesse als Wissensbildungsprozesse und erklären diesen Zusammenhang durch das Modell des organisierten Dialogs. Für diesen gelten die Grundsätze "(1) der Reziprozität zwischen (2) gleichberechtigten Teilnehmenden, die (3) sachbezogen ergebnisoffen miteinander reden und dabei (4) in den Flow eines Veränderungsprozesses (der eigenen Wahrnehmungen, Beziehungen zwischen den Teilnehmenden, Bezügen der Teilnehmenden auf den Bezugszusammenhang und des Bezugszusammenhanges selbst) geraten" Gohl und Wüst (2008, S. 261). Unter diesen Voraussetzungen kann aus verschiedenen divergenten Sichtweisen auf den zur Diskussion stehenden Bezugszusammenhang, zumindest teilweise "eine kollektive Interpretation dieses Bezugszusammenhangs" entstehen (Gohl & Wüst, 2008, 261f).

Insofern lässt sich dieser Wissensprozess aus einer diskurstheoretischen Perspektive betrachten. Nach einer vereinfachten Definition von Pfenning und Benighaus (2008, S. 199) sind Diskurse "wissenschaftlich moderierte Aushandlungsverfahren verschiedener, jeweils rational legitimer Interessenlagen mit dem normativen Ziel gemeinsame Rationalität und Konsens herzustellen." Solche Diskurse werden in der Regel von unabhängigen Wissenschaftler\*innen oder Expert\*innen moderiert, um eine neutrale Behandlung von zur Diskussion stehenden Handlungsalternativen zu garantieren (Danielzyk & Sondermann, 2018; Gohl & Wüst, 2008; Pfenning & Benighaus, 2008).

Eine bewährte Methode, um Lösungsansätze für komplexe räumliche Planungsaufgaben zu entwickeln die auf vielschichtigen und teils divergenten Interessen bestehen, ist die Szenariotechnik (Danielzyk & Sondermann, 2018; Kosow & León, 2015; Gohl & Wüst, 2008). Diese wird im folgenden Kapitel erläutert.

## 2.3 Szenariotechnik

Die Szenariotechnik ist ein Mittel der Planung, um Orientierungswissen für anstehende Entscheidungen zu erarbeiten. Sie wird eingesetzt um Szenarien zu konstruieren, mit denen die Bandbreite hypothetischer Zukunftsvorstellungen auf einige explizite Möglichkeiten reduziert und zusammengefasst werden können. Die Einbindung von Experten und Stakeholdern in die Konstruktion von Szenarien ist in partizipativen Planungsverfahren eine Möglichkeit, um durch die Einspeisung verschiedener Expertisen in den Prozess, umfassendes inter- und transdisziplinäres Systemwissen zu erzeugen. Meistens wird diese Einbindung über das Veranstellen von kooperativen Workshops organisiert, denn diese ermöglichen es gegenläufigen Ansichten und Standpunkten direkt zu begegnen und diese diskursiv zu verarbeiten. Idealerweise wird bei der gegenseitigen Anregung durch den Austausch eine neue und kreativere Sicht entwickelt werden, welche die Entwicklung der Szenarien und somit den ganzen Planungsprozess voranbringen kann (Kosow & León, 2015).

Der Szenario-Begriff wird in der Literatur ausgiebig diskutiert. Eine weitläufige Definition liefern van Notten et al. (2003, S. 424) indem sie Szenarien als "descriptions of possible futures that reflect different perspectives on the past, the present and the future" beschreiben. Aus dem Spektrum der theoretischen Konzeptualisierungen identifizieren Perlik et al. (2008) folgende vier Prinzipien, durch die Szenarien im Allgemeinen definiert werden können:

1. Szenarien sind fiktionale, das heisst, nicht überprüfbare aber plausible Beschreibungen von Prozessen über einen bestimmten Zeitraum.
2. Szenarien beschreiben Zustände, Aktionen und Konsequenzen, die in bedingten Beziehungen stehen.
3. Szenarien beschreiben, was unter bestimmten Annahmen passieren könnte. Dies unterscheidet sie von Prognosen, die beschreiben, was passieren wird, bzw. von Visionen und Utopien, die beschreiben, was (nicht) wünschenswert wäre.
4. Szenarien organisieren Information in einem definierten Rahmen.

Aus dieser Definition wird erkennbar, dass es nicht die Absicht der Szenariokonstruktion ist, eine Zukunftsvorstellung mit absolutem Wahrheitsanspruch zu entwerfen (Kerber et al., 2014). Vielmehr geht es darum, eine Auswahl an möglichen Entwicklungsrichtungen zu entwerfen, um einen Rahmen für die Diskussion darüber aufzuspannen, welche Zukunft wünschenswert ist und welche nicht. Der Einsatz der Szenariotechnik kann dabei unterschiedliche Funktionen erfüllen, die sich nach Kosow und Gaßner (2008) in vier Kategorien unterteilen lassen.

1. Die explorative bzw. die Wissensfunktion: Durch die Systematisierung und Vertiefung von bestehendem Wissen über heutige Entwicklungen, Zustände und Einflüsse können Szenarien auf noch fehlende Informationen und Unklarheiten aufmerksam machen. Ausserdem eröffnen sie verschiedene Perspektiven auf die Betrachtung einer Planungsherausforderung und bieten so die Möglichkeit, weiteres Wissen in den Prozess zu integrieren und über Alternativen zu reflektieren.
2. Die Kommunikationsfunktion: Mithilfe von Szenarien kann über Sachverhalte und Prioritäten informiert und so das Verständnis von Themengebieten erweitert werden. Durch den Prozess des kooperativen Austauschs können Szenarien gemeinsam entwickelt werden und fördern somit den Diskurs über planungsrelevante Themen sowie die Vernetzung der Akteure selbst.
3. Die Zielbildungsfunktion: Mittels von Szenarien können Leitideen entwickelt und zu gemeinsamen Zukunftsvorstellungen konkretisiert werden.



4. Die Entscheidungsfindungs und Strategiebildungsfunktion: Auf der Basis einer gemeinsamen Zielvorstellung können dann Handlungsoptionen abgeleitet, dahinführende Massnahmen und Strategien bewertet sowie mögliche Konsequenzen unterschiedlicher Entwicklungsrichtungen analysiert werden.

Diese Unterscheidung nach Funktionen zeigt, dass die Szenariotechnik auf verschiedenste Weise zur Lösung komplexer Probleme von kollektivem Interesse beitragen kann. Es gibt verschiedene Ansätze Szenarien nach sie unterscheidenden Merkmalen einzuordnen. Die Charakterisierung von Szenarien wird in der Literatur unterschiedlich angegangen und nicht alle Konzepte stehen widerspruchsfrei zueinander (vgl. Kerber et al., 2014; Bishop et al., 2007; Börjeson et al., 2006; Kosow & Gaßner, 2008; van Notten et al., 2003; Rotmans et al., 2000).

In der anschaulichen Darstellung von Kerber et al. (2014) werden die wichtigsten Eigenschaften von Szenarien in Anlehnung an Kosow und Gaßner (2008) sowie van Notten et al. (2003) zusammengefasst.

1. Explorativ vs normativ

Explorative Verfahren machen Unsicherheiten, Entwicklungsmöglichkeiten und Einflussfaktoren sichtbar. Sie lassen sich demnach vor allem der Wissensfunktion zuordnen. Aus einer Perspektive der Gegenwart fragen sie nach möglichen Ereignissen, gleichwohl ob diese wünschenswert sind oder nicht. Im Gegensatz dazu widmen sich normative Verfahren der Frage, welche zukünftigen Verhältnisse überhaupt erwünscht sind. Die daraus resultierende Ableitung von Handlungsoptionen für das Erreichen einer wünschenswerten Zukunft versetzt die beteiligten Akteure in die Lage, über eine gewisse Gestaltungsfähigkeit zu verfügen und dadurch die Planung von Veränderungen selbst zu beeinflussen. In diesem Sinne lassen sich normative Szenarien vor allem der Zielbildungs- und Strategieentwicklungsfunktion zuordnen.

2. Forecasting vs. Backcasting

In der traditionellen forecasting Methode wird von der Gegenwart aus explorativ in die Zukunft gedacht, um zu fragen, wohin sich etwas entwickeln könnte. In den 1970ern wurde alternativ dazu der Ansatz des backcastings entwickelt. Dieser positioniert sich invers zum forecasting und fragt welche Massnahmen ergriffen werden müssen, um eine festgelegte Zukunftsvision zu erreichen.

3. Quantitativ vs. Qualitativ

Weiter können quantitative und qualitative Szenarien unterschieden werden. Erstere werden durch die Integration von Schlüsselfaktoren und Treibern in mathematische Modelle verwendet, um Veränderungen in einem kurz- bis mittelfristige Zeithorizont zu modellieren. Je weiter diese Modelle in die Zukunft projiziert werden, desto schwieriger lässt sich die Plausibilität solcher Szenarien garantieren. Demgegenüber stehen qualitative Szenarien, die mit einem offeneren Set an Schlüsselfaktoren entworfen werden. Bei dieser Anwendung wird oftmals auf kreative Techniken zurückgegriffen und betroffene Interessengruppen können einfach in diesen Prozess miteingebunden werden.

4. Trend- vs. Alternativszenarien

Trend- oder Referenzszenarien betrachten mögliche Entwicklungen unter dem Vorbehalt der Unveränderlichkeit von beeinflussenden Faktoren. Sie eignen sich zum Vergleich mit *best-* oder *worst-case* Szenarien, aber nur wenn die darin abgebildeten Entwicklungen in einem realistischen Rahmen vorhersagbar sind. Alternativszenarien verändern die beeinflussenden Faktoren gezielt, um mögliche Konsequenzen verschiedener bestehender Handlungsoptionen durchzuspielen.

Im Allgemeinen, aber auch in Bezug auf die partizipative Landschaftsplanung, ist also die Fähigkeit zur Kommunikation von relevanten Informationen im Rahmen der Szenarienentwicklung zentral. Bei Diskursen über geplante Landschaftsveränderungen stehen räumliche Informationen im Zentrum. Die Schwierigkeit bei der Kommunikation solcher Zukunftsszenarien ist, sich die räumlichen Konsequenzen verschiedener möglicher Entwicklungsrichtungen vorzustellen, denn diese sind generell durch Komplexität und Ungewissheit geprägt (Kosow & Gaßner, 2008). Da Zukunftsvorstellungen laut Kosow und Gaßner (2008) zudem durch Ambivalenz geprägt sind, muss man davon ausgehen, dass Beteiligte verschiedene Szenarien auf Basis ihrer individuellen Standpunkte unterschiedlich interpretieren werden.

Um die Bedingungen für eine erfolgreiche Beteiligung dennoch zu schaffen und die Herausforderungen des Informationstransfers zu überwinden, werden in der Planung verschiedene Methoden und Hilfsmittel eingesetzt (Kerber et al., 2014). Pläne, Zeichnungen oder Texte aber eignen sich nur begrenzt dafür, räumliche Informationen zu kommunizieren. Dagegen scheint aber die Verwendung von qualitativ hochwertigen Landschaftsvisualisierungen in partizipativen Planungen zum Verständnis landschaftlicher Veränderungen beizutragen (Wissen, 2007).

## 2.4 3D-Visualisierungen in partizipativen Planungsprozessen

Der Einsatz von visuellen Hilfsmitteln in der Landschaftsplanung hat bereits eine lange Tradition. In der Vergangenheit waren diese Hilfsmittel analog und existierten in der Form von Reliefkarten, Globen, Schaubildern, Modellen, Zeichnungen und Gemälden (Lovett et al., 2015; M. Vetter, 2019). Die Nutzung und Entwicklung digitaler Techniken für die Landschaftsvisualisierung begann in den 1970ern und beschleunigte sich seit den 1990ern. Durch den rasanten Fortschritt der Computertechnologie eröffneten sich neue Darstellungsmöglichkeiten, durch die zunehmend realistischere Visualisierungen erstellt und die dafür notwendigen Kosten gesenkt werden konnten, was ihre Anwendung attraktiver werden liess (Lovett et al., 2015).

Die Darstellung von räumlichen Informationen in der Landschaftsplanung hat sich traditionellerweise auf die Produktion von zweidimensionalen Karten konzentriert (Pettit et al., 2011). Auch andere digitale Ansätze der klassischen Standortdokumentation wie Bilder, Videos und GIS-Karten liefern nur wenig Informationen über die dreidimensionalen Eigenschaften eines Standortes – doch gerade die sind notwendig, um Landschaften intuitiv verständlich darstellen zu können. Deshalb sind sie für die Repräsentation von Landschaften nur begrenzt geeignet (Urech, 2019). Die häufig komplexe Topographie ist mit diesen Mitteln schwierig darzustellen, ohne dass die Landschaft als Ganzes soweit abstrahiert wird, dass ihre inhärenten Merkmale und wiedererkennbare Charakteristika verloren gehen. Für die Planung von Landschaftsveränderungen jedoch, ist das Verständnis der standortspezifischen Eigenheiten eine grundlegende Voraussetzung, um Beschlüsse fassen zu können (P. Li & Petschek, 2014).

Mit Techniken der 3D-Visualisierung können Landschaften so dargestellt werden, dass den Betrachter\*innen ihre Beschaffenheit und Struktur vermittelt wird. Besonders die Möglichkeit das Blickfeld innerhalb eines Modelles beliebig einzustellen, ist ein Vorteil bei der Vermittlung von Inhalten. Mitunter deswegen fanden 3D-Visualisierungen in der Vergangenheit in Bereichen der Landschaftsplanung und der Partizipation bereits rege Anwendung (M. Vetter, 2019). Dort sind sie sehr effektiv, um bevorstehende Veränderungen oder zu diskutierende Probleme zu kommunizieren (Lovett et al., 2015). Weil Menschen die Welt in drei räumlichen Dimensionen, in Zeit und Bewegung wahrnehmen, sind digitale Technologien, welche die menschliche Wahrnehmung nachahmen, für die Öffentlichkeit in Planungsprozessen am einfachsten verständlich und am meisten akzeptiert (Kwartler, 2005). Bewegung durch eine 3D-Visualisierung führt zum Wechsel zwischen verschiedenen Perspektiven auf die Landschaft. Dadurch wird es dem Auge ermöglicht, Tiefenhinweise ausführlich zu erfassen - und somit die Landschaft umfassend wahrzunehmen (Schroth, 2007).

Die erfolgreiche Kommunikation räumlicher Informationen ist in der partizipativen Planung von grosser Bedeutung, da auf ihnen aufbauend strategische und operative Entscheidungen getroffen werden müssen. 3D-Landschaftsvisualisierungen kommt dabei eine wichtige Rolle zu, da sie Entscheidungsträgern und Stakeholdern die Möglichkeit geben, gemeinsam zukünftige Landschaftsszenarios zu erkunden (Pettit et al., 2011). Das Potenzial der partizipativen Einbindung von Stakeholdern über die Anwendung der Szenario-Technik in kooperativen Workshops wurde in den vorangegangenen zwei Abschnitten skizziert. Um dieses Potenzial möglichst effektiv zu nutzen, können 3D-Visualisierungen als Informationsträger und Diskussionsgrundlage eingesetzt werden sowie als auch um Aufmerksamkeit für Themen hervorzurufen. Denn Techniken der Landschaftsvisualisierung haben das Potenzial die Kommunikation zwischen Entscheidungsträgern zu unterstützen und die Bereitschaft von Stakeholdern und der Öffentlichkeit zu erhöhen, sich mit Planungsfragen auseinanderzusetzen (Pettit et al., 2011). Sie können zwischen der Vielfalt an Meinungen vermitteln, die in partizipativen Planungsprozessen in der Regel vorhanden sind und aufeinandertreffen (Lovett et al., 2015). Allein das bildhafte Darstellen möglicher Entwicklungen bringt die Beteiligten dazu, diese Vorschläge auf eine Weise zu hinterfragen, wie sie es normalerweise nicht tun würden (Meitner et al., 2005). Landschaftsvisualisierungen besitzen die Eigenschaft Informationen lokalisieren zu können, indem sie einen bekannten Standort detailliert nachbilden, als würde dieser aus der Perspektive der lokalen Bewohnerschaft wahrgenommen werden (Sheppard, 2006). So können sie zur Debatte stehende Entwicklungsszenarien über eine konkrete visuelle Darstellung in den Kontext der realen räumlichen Umgebung übertragen. Das bietet die Chance zu prüfen, inwiefern die in Worte oder Tabellen gefassten Informationen auch den bildhaften Vorstellungen von Stakeholdern entsprechen – oder eben nicht (Kwartler, 2005).

Eingesetzt in partizipativen Planungsworkshops können 3D-Landschaftsvisualisierungen verschiedene Funktionen erfüllen und demnach in drei Hauptgruppen unterteilt werden (Wissen Hayek, 2011). Sie können die individuelle Informationsverarbeitung unterstützen (1), Diskussionen zwischen Beteiligten fördern (2), sowie die Ziele des Informationstransfers in unterschiedlichen Planungsphasen erreichen (3). Sie lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten unterscheiden, deren Ausgestaltung je nach verfolgter Zielsetzung entsprechend durchgeführt werden sollte. Grundsätzlich können Visualisierungen als Standbild, Animation oder als Echtzeit-Simulation dargestellt werden, in der sich Nutzer\*innen frei durch die Landschaft bewegen können (Lovett et al., 2015; Paar et al., 2004).

Besonders bei Bildern und Videos ist die Wahl des Standorts und der Perspektive ein bedeutender Aspekt für die Visualisierung von Landschaften (Lange et al., 2003; Schroth, 2007). Sie bestimmen den Blick der Nutzenden auf die Inhalte der Visualisierungen und beeinflussen die Wahrnehmung der abgebildeten Inhalte (Wergles & Muhar, 2009). Während Visualisierungen aus der Vogelperspektive dafür geeignet sind eine Übersicht zu vermitteln, eignen sich Darstellungen aus der Fussgängerperspektive dazu, die Landschaft aus einer für den Menschen natürlichen Blickrichtung abzubilden (Dockerty et al., 2005; Schroth, 2007).

Weitere für die Beschreibung von Landschaftsvisualisierungen wichtige Aspekte sind Detail- und Realitätsgrad. Lovett et al. (2015) legen diese Aspekte wie folgt dar: Der Detailgrad beschreibt die visuelle Variation einer Repräsentation, auf den kleinräumlichen Massstab bezogen. Beispielsweise kann eine Wiese mit geringem Detailgrad als einfache grüne Fläche – oder aber mit hohem Detailgrad auch durch eine Vielzahl dreidimensional dargestellter Grashalme und Pflanzen unterschiedlichster Arten dargestellt werden. Der Realitätsgrad bewertet auf einer übergeordneten Ebene, wie sehr eine Darstellung die Gegebenheiten der echten Welt wiedergeben kann. Somit hat der Detailgrad also einen direkten Einfluss auf den Grad der Realität einer 3D-Landschaftsvisualisierung.

Aus dieser Bestimmung des Begriffes geht hervor, dass eine allgemeingültige Definition von Faktoren, die den Realitätsgrad von 3D-Visualisierungen beschreiben schwierig ist. Denn "wie sehr eine Darstellung die Gegebenheiten der echten Welt wiedergeben kann", hängt in hohem Masse davon ab, welche Datentypen für die Visualisierung verwendet werden und ob diese als Standbild, ani-

miertes Video oder Echtzeitsimulation verfügbar gemacht wird. Eine Definition des Realitätsgrades spezifisch für Punktwolken konnte in der Literatur nicht gefunden werden. Deshalb wird versucht, diese hier zu leisten, indem diejenigen Elemente aufgezählt werden, die einen Einfluss auf das Erscheinungsbild animierter Videos von Punktwolkenmodellen haben. Für den Realitätsgrad dieses spezifischen Visualisierungstyps relevante Elemente sind Detailgrad, Punktdichte, Punktgrösse, Perspektive, Position der Kamerafahrt sowie Geschwindigkeit der Kamerafahrt.

Bisherige Studien verweisen darauf, dass der Einsatz von Landschaftsvisualisierungen mit hohem Realitätsgrad für den Einsatz in partizipativen Workshops besser geeignet ist als komplexe Ausführungen von abstrakten Darstellungen mit verschiedenen Parametern, da sie besonders von planerischen Laien, die keine Erfahrung in räumlicher Planung haben, einfacher verstanden werden können (Lovett et al., 2015; Hassan et al., 2014; Wissen Hayek, 2011). Der blosser Einsatz von detailliert gestalteten 3D-Landschaftsvisualisierungen in partizipativen Planungsprozessen, macht sie jedoch noch nicht gleich zu einem effizienten Planungsinstrument. Die Implementierung von Visualisierungen in das Verfahren erhält dabei einen mindestens so hohen Stellenwert wie ihre inhaltliche Gestaltung. Es ist wichtig, die Art und Weise zu hinterfragen, wie die Präsentation der Visualisierungen ablaufen soll und sich zu überlegen, wie ein Workshop am besten organisiert wird (Schroth et al., 2011; Lovett et al., 2015).

Eine grosse Herausforderung bei der Umsetzung von 3D-Visualisierungen ist durch die limitierte Leistungsfähigkeit der dafür notwendigen Hardware wie Prozessorleistungsfähigkeit und Grafikkartenspeicherressourcen gegeben. Für die Darstellung von realitätsgetreuen Visualisierungen wird eine hohe Objektdichte benötigt, welche aber wiederum eine hohe Auslastung der Hardwareressourcen zur Folge hat. Daraus erschliesst sich das Dilemma bei der Erstellung von 3D-Visualisierungen, zwischen Realitätstreue und Performanz abwägen zu müssen. Diese Problematik ist vor allem bei der Anwendung von Echtzeitsimulationen vorhanden, da eine unzureichende Performanz zu ruckelnden Szenen führt und dadurch das Nutzererlebnis stark verschlechtert (M. Vetter, 2019).

Bei der Visualisierung mit Punktwolkendaten ist die Limitierung ebenfalls durch die Leistung der verwendeten Computer und Software gegeben, wenngleich auch nicht die Abbildung hoher Objektdichten das Problem ist. Vielmehr wird die Rechenkapazität hierbei durch die Darstellung von Objekten mit hohen Punktdichten beansprucht, die bestimmend dafür ist, wie feinteilig aufgelöst die dargestellten Objekte erscheinen. Denn die Dichte der Objekte ist in mittels LiDAR-Systemen gescannten Landschaften, der Natur des Verfahrens zugrundeliegend, beinahe maximal.

## 2.5 Laserscanning und Punktwolken

Die Schwierigkeit bei der Umsetzung einer realistischen Visualisierung von Landschaft ist durch deren Komplexität gegeben, wie von Ervin (2001, S. 58) treffend beschrieben wurde: "The nature of the landscape problem is not just limited to large size and nested levels of resolution; there is also genuine complexity and interrelationship as well. Landscapes are complex, not just large, because there are not just many things in a landscape, but there are many different things." Warum gerade *3D-Punktwolken* diesen Herausforderungen gerecht werden, wird im Folgenden genauer erläutert.

Punktwolken bestehen aus einer Anhäufung von georeferenzierten 3D-Koordinatenpunkten, welche zusätzlich aufgezeichnete Metadaten wie RGB- oder Intensitätswerte zugeordnet haben können (White, 2013). Die geläufigsten Methoden um ebendiese zu erzeugen, sind photogrammetrische Verfahren sowie der Einsatz von LiDAR (Light Detection And Ranging)-Systemen, auch als Laserscanning bezeichnet. Während bei der ersten Methode dreidimensionale Informationen aus geläufigen zweidimensionalen Bilddaten (Fotos oder Videos) abgeleitet werden, stützt sich letztere auf die Messung der Lichtlaufzeit von ausgesendeten Laserpulsen. Dadurch kann eine höhere Präzision erreicht werden als bei photogrammetrischen Methoden, setzt aber auch den Gebrauch einer spezialisierten Ausrüstung voraus.

LiDAR-Systeme können sowohl aus der Luft (Aerial Laser Scanning; ALS) als auch vom Boden her (Terrestrial Laser Scanning; TLS) operiert werden (Sedláček & Klepárník, 2019; Richter & Döllner, 2014). Während ALS-Daten aufgrund ihrer geringeren Auflösung – aber grösseren Flächenabdeckung, besser dafür geeignet sind einen Überblick darzustellen, eignen sich TLS-Daten dank der hohen Punktdichte für hochaufgelöste Darstellungen im Vorder- und Mittelgrund (Hilker et al., 2010; Spielhofer et al., 2017). Darstellungen aus Punktwolken zeichnen sich aber nicht nur dadurch aus, dass sie äusserst präzise sind (Wang et al., 2020), sondern auch durch ihre Eigenschaft, eine Umgebung in den tatsächlichen Proportionen zu repräsentieren (Sedláček & Klepárník, 2019). Sie enthalten nämlich sämtliche natürlichen und menschengemachten Objekte, die zum Zeitpunkt der Datenaufnahme in der Landschaft präsent sind (Lin, 2016). Insofern hat sich der Einsatz von dreidimensionalen Punktwolken-Modellen für die Repräsentation von Landschaften als geeignet erwiesen, da ortsspezifische Eigenschaften erhalten und in hohem Detailgrad dargestellt werden können (Fischer et al., 2020).

Die genannten Methoden ermöglichen es in vergleichsweise kurzer Zeit ganze Landschaften oder Städte abzubilden, je nachdem was für ein Detailgrad angestrebt wird. Es muss dabei jedoch beachtet werden, dass mit der Grösse der abgebildeten Flächen auch der Arbeitsaufwand für die Aufbereitung von Punktwolkenszenen deutlich ansteigt und zeitintensiver wird (Richter & Döllner, 2014). Deswegen sollte man bestrebt sein, die Datengrösse eines Projektes überschaubar zu halten.

Da Punktwolkendaten Objekte und Flächen durch einzelne Punkte im dreidimensionalen Raum wiedergeben, haben sie die Eigenschaft, aus grosser Distanz betrachtet als solides Objekt zu erscheinen. Bei der Betrachtung aus näherer Distanz jedoch lösen sie sich zunehmend auf (Spielhofer et al., 2017). Dadurch ist es in Punktwolkenmodellen auch möglich durch Objekte – wie beispielsweise Vegetation, hindurchzusehen (Sedláček & Klepárník, 2019). Zudem ergibt sich dadurch ein spezielles Erscheinungsbild, das einerseits sehr real, andererseits auch diffus wirkt. Welche Vor- und Nachteile sich daraus im Allgemeinen für 3D- Landschaftsvisualisierungen als Kommunikationsmittel von Landschaftsszenarien ergeben können, bedarf in der Forschung einer weiteren Auseinandersetzung. Da jeder Punkt als einzelne räumliche Information mit den entsprechenden x,y, und z Koordinaten verfügbar ist, kann in fertig aufbereiteten Punktwolkenmodellen ohne weiteren Arbeitsaufwand jede beliebige Perspektive innerhalb der abgebildeten Szene eingenommen werden (Sedláček & Klepárník, 2019).

In der Schweiz will die nationale Vermessungsinstitution Swisstopo bis 2023 das ganze Landesgebiet bis auf eine Höhe von mindestens 2400m über Meer durch Punktwolkendaten abdecken. Diese sollen mit einer durchschnittlichen Punktdichte von 15-20 P/m<sup>2</sup> (Minimum > 5P/m<sup>2</sup>) sowie bereits vorgenommener Klassifizierung zur Verfügung gestellt werden (swisstopo, 2021). Bereits heute stellen fast alle Kantone frei beziehbare LiDAR-Daten zur Verfügung.

Mit den Fortschritten bei der Entwicklung von 3D-Messsystemen sind Punktwolkendaten zunehmend verfügbar und gelangen auch immer mehr in den Fokus der Wissenschaft (Virtanen et al., 2020). Neben Anwendungen bei beispielsweise archäologischen Forschungsprojekten (Tapete et al., 2013), Tiefbauprojekten, der Verkehrsüberwachung oder dem Monitoring von Waldgebieten haben sich Punktwolken vor allem bei der 3D-Gebäuderekonstruktion und für die Kartierung urbaner Gebiete als besonders geeignete Datenquelle erwiesen. Die Eigenschaft der gemessenen dreidimensionalen Punkte, den direkten räumlichen Koordinaten von beobachteten geometrischen Strukturen zu entsprechen, wird sich zunehmend in der Architektur, im Ingenieur- und im Bauwesen (AEC) zu eigen gemacht, wo sich Punktwolken beispielsweise als integraler Bestandteil der Bauwerksdatenmodellierung (BIM) gegenwärtig etablieren (Xu & Stilla, 2021; Xu et al., 2021). Mithilfe von ALS lassen sich aufgrund der hohen Präzision der heutigen LiDAR-Systeme grossflächige Stadtgebiete zu niedrigen Kosten in nie dagewesener Auflösung kartieren und daraus bisher nichtverfügbare Gebäudecharakteristiken wie beispielsweise Gebäudehöhe, Gebäudemasse oder Gebäudevolumen berechnen (Bonczak & Kontokosta, 2019; Park & Guldmann, 2019).

Obwohl sich die Hardwaresysteme für die Generierung von Punktwolken in den letzten Jahren rapide verbessert haben, gestaltet sich die Datenverarbeitung hin zu informativen 3D-Modellen weiterhin als umständlich und zeitaufwändig (Mahmoudabadi et al., 2016). Denn das Datenaufkommen bei der Verwendung von 3D-Punktwolken für Landschaftsvisualisierungen ist in der Regel enorm (Discher et al., 2015; Richter & Döllner, 2014). Daraus ergibt sich eine wesentliche Herausforderung bei der Verarbeitung, Analyse und Visualisierung der Punktwolken und erfordert Strategien für ein erfolgreiches Datenmanagement. Deswegen beschäftigt sich die aktuelle Forschungsliteratur vor allem auch intensiv mit der Weiterentwicklung von Techniken der Datenverarbeitung, wie der Registrierung, der Segmentierung, der Klassifizierung oder des Renderings von Punktwolken, mit dem Ziel die Recheneffizienz zu steigern und die dafür benötigte Rechenkapazität zu reduzieren (W. Li et al., 2020; Rampriya & Suganya, 2020; Mahmoudabadi et al., 2016; Richter & Döllner, 2014; Park & Guldmann, 2019; Hackel et al., 2016; Discher et al., 2015).

Noch vor zwei Jahrzehnten waren Punktwolkendaten schwierig zu handhaben und wegen ihres grossen Speicherbedarfs nur mühsam einzusetzen. Dank der Fortschritte in der Computertechnologie und Softwareentwicklung ist ihr Handling heute schneller und sie können höhere Punktdichten repräsentieren, was eine realistischere Darstellung erlaubt. So wurden sie binnen weniger Jahren zu einem leistungsstarken Werkzeug, das vielfältige neue Möglichkeiten bietet und in verschiedenen Disziplinen eingesetzt werden kann (Urech, 2019).

Einige Studien haben sich mit der Anwendung von Punktwolken für die Darstellung von Landschaftsveränderungen auseinandergesetzt und dabei untersucht, wie die Visualisierungen wahrgenommen wurden und welche Reaktionen sie hervorgerufen haben. Fischer et al. (2020) beispielsweise vergleichen die emotionale Reaktion ihrer Probanden auf verschiedene Perspektiven innerhalb von 3D-Punktwolken-Simulationen, die mit einem Head-Mounted-Display präsentiert wurden.

Spielhofer et al. (2017) verwenden 3D-Punktwolkendaten für die Visualisierung verschiedener Szenarien von Landschaftsveränderungen und kombinieren diese mit Audioaufnahmen. Dabei untersuchen sie die Wahrnehmung von und Reaktionen auf mögliche Landschaftsveränderungen ihrer Probanden. Die Modellierung der Szenarien mittels 3D-Punktwolken beschränkt sich dabei jedoch auf die Darstellung verschiedener Bebauungsszenarien, wobei die übrige Landschaftssituation unverändert bleibt.

Wissen Hayek et al. (2019a) erforschen die Eignung von hochrealistischen Landschaftsvisualisierungen mit 3D-Punktwolken für die Untersuchung der Wahrnehmung und Akzeptanz von Stromleitungen in unterschiedlichen Landschaftsszenarien. Dabei untersuchen sie den Einfluss verschiedener notwendiger Entscheidungen, die bei einem Visualisierungsprozess getroffen werden müssen, auf die Wahrnehmung ihrer Probanden. Beispielsweise stellten sie Fragen wie: Mit welchem Ansatz können realistische Szenarien von Energiesystemen in verschiedenen, auf Punktwolken basierenden Landschaftsszenarien dargestellt werden? Welches Präsentationsmedium sollte gewählt werden? Welchen Einfluss haben animierte Darstellungen im Vergleich zu Standbildern? Sollten die Visualisierungen simultan oder sequenziell präsentiert werden (Wissen Hayek et al., 2019b)?

Bei diesen Studien wurden Landschaften jedoch nur insofern verändert, als dass zusätzliche Elemente, wie Stromleitungen oder Gebäude, in eine durch Punktwolken dargestellte Umgebung eingesetzt wurden. Mit der Veränderung von Punktwolkenflächen, wie es für die Darstellung von Entwicklungsszenarien im Rahmen der Melioration in Rothenfluh beabsichtigt ist, beschäftigen sich nur wenige Forschungsprojekte.

Noch bis vor wenigen Jahren war die Anwendung von Punktwolken in der Landschaftsplanung darauf beschränkt, den Ist-Zustand einer Landschaft abzubilden, neuerdings wurden aber auch Methoden veröffentlicht, die sich mit deren Manipulation und Transformation auseinandersetzen. Lin (2016) beispielsweise entwickelte einen weitreichenden Ansatz, der umfassende Tools für die Modifizierung von bestehenden und die Generierung neuer Punktwolken beinhaltet und verdeutlichte damit das repräsentative sowie transformative Potenzial von Punktwolkenvisualisierungen.

Urech et al. (2020) beschreiben einen standortspezifischen Ansatz für die Bearbeitung von Punktwolken, der in drei Schritte gegliedert ist. Zuerst wird ein bestehendes Punktwolkenmodell mithilfe von Filterung und Segmentierung dekonstruiert (1). Für das Design der neuen Landschaft wird die Topografie zu einem Mesh transformiert und manipuliert. Segmentierte Landschaftselemente werden verschoben, gelöscht oder vervielfältigt. Zusätzliche Elemente können beliebig als polygonale Meshes hinzugefügt und neu angeordnet werden (2). Abschliessend werden die unveränderten und die neu geordneten Teile zu einem hybriden Punktwolkenmodell zusammengefügt (3).

Diese Methoden eröffnen neue Möglichkeiten für die Implementierung von Punktwolken in den Gestaltungsprozess von Landschaftsveränderungen. Jedoch übertreffen sie möglicherweise die Anforderungen an 3D-Visualisierungen für die Nutzung in partizipativen Prozessen im Rahmen der kollaborativen Szenarienentwicklung hinsichtlich ihrer Komplexität. Insofern mangelt es bisher an Methoden, die es ermöglichen, Punktwolkendaten ohne spezialisierte Kenntnisse innerhalb kurzer Frist aufbereiten zu können, um sie für die Kommunikation von Entwicklungsszenarien mit öffentlichen Interessensgruppen verfügbar zu machen.

Seit einigen Jahren wird in der Planung für die Erzeugung von Punktwolkenvisualisierungen vermehrt auf sogenannte Game Engines zurückgegriffen, wie beispielsweise Unity 3D oder Unreal Engine (Unity Technologies, 2019; Epic Games, 2021; Andaru et al., 2019; Perhac et al., 2017; Buyuksalih et al., 2017; Benita et al., 2020; Keil et al., 2021).

Diese Engines bieten die Möglichkeit physikalische Prozesse wie Lichteinfall und Schattenwurf präzise zu berechnen. Weiter unterstützen sie auch die Berechnung von physikalischen Modellierungen, welche die Simulation von beispielsweise Hochwasser-Szenarien oder Windverhältnissen ermöglicht (Khoury et al., 2018; Manyoky et al., 2016). Zudem bieten die Game Engines Techniken für das Rendering von hochaufgelösten Computersimulationen in Echtzeit oder für den Export von Bildern und animierten Videos der generierten Modelle. Dadurch können sehr realistische Visualisierungen erstellt werden, die in der Fussgängerperspektive sowie allen anderen erdenklichen Perspektiven erkundet werden können (Keil et al., 2021).

Seit einigen Jahren können auch Geodaten verschiedener Formate zur Gestaltung von 3D-Visualisierungen in Game Engines integriert werden. Dabei bietet die Software Unity 3D aufgrund der quelloffenen Programmierung einen besonderen Vorteil. Durch die Implementierung von eigenentwickelten Funktionen können die Anwendungsmöglichkeiten beliebig ergänzt werden und auf die individuellen Bedürfnisse zugeschnitten werden – beispielsweise um die Software für die Gebäudevisualisierung oder Landschaftsplanung besser nutzbar zu machen (Benita et al., 2020).

Die Nutzung von Punktwolken in Game Engines war aufgrund der mangelnden Unterstützung für dieses Datenformat bisher stark limitiert (Virtanen et al., 2020). Jedoch wurden in letzter Zeit vielversprechende Erweiterungen entwickelt, welche die Visualisierung von grossen Punktwolken-Datensätzen sowie deren Bearbeitung durch entsprechende Tools ermöglichen wie zum Beispiel Point Cloud Viewer and Tools (2021) für Unity. Dies macht die Anwendung auch für die Darstellung von Punktwolken zu Zwecken der Landschaftsplanung interessant, da sie für die Visualisierung von grösseren Landschaftsgebieten genutzt werden kann, ohne dass diese aufwändig nachmodelliert werden müssten.

## 3 Fallbespiel Rothenfluh

### 3.1 Melioration

Im Folgenden wird der Begriff der Melioration definiert und ein kurzer Überblick über die wichtigsten Daten des Meliorationsprozesses von Rothenfluh gegeben. Frühere Meliorationen haben sich im Wesentlichen auf produktionsorientierte Aspekte ausgerichtet. In der Folge gingen im Zuge von Meliorationen oftmals ökologisch wertvolle Elemente verloren, was mitunter kritisiert wurde. Unterdessen wurde der Begriff jedoch erweitert. Unter einer Gesamtmelioration oder auch einer Modernen Melioration werden neben produktionsorientierten Entwicklungen auch raumplanerische und ökologische Verbesserungen zusammengefasst (Kröpfli & Knaus, 2016).

Auch dem Bundesamt für Landwirtschaft (2020) zufolge, bezieht eine Gesamtmelioration die drei Bereiche Raumplanung, Landwirtschaft sowie den Natur- und Landschaftsschutz mit ein. Beschränkt sich ein Strukturverbesserungsprojekt auf die Änderung des Eigentums wird hier von einer Landumlegung gesprochen. Werden zusätzlich bauliche Massnahmen umgesetzt, handelt es sich um eine Gesamtmelioration. Bei einer Pachtlandarrondierung - die auch als virtuelle Melioration bekannt ist, bleibt das Eigentum in den Händen der ursprünglichen Grundbesitzer\*innen und nur die Bewirtschaftung der Parzellen wird neu organisiert (Bundesamt für Landwirtschaft, 2020).

Nach wie vor ist die Entwicklung einer rationelleren und ressourcenschonenderen Bewirtschaftung das primäre Ziel einer Gesamtmelioration. Neben der klassischen Landumlegung von kleinteiligen und zerstreuten Parzellen, geht es dabei häufig um den Ausbau und die Sanierung von wichtigen Infrastrukturen, wie für die Bewirtschaftung relevante Wege oder auch Bewässerungs- und Entwässerungsanlagen. Aber auch die Förderung von naturräumlichen Anliegen, wie die Vernetzung von Biotopen und die Umsetzung von Biodiversitätsmassnahmen, sind Kerninhalte der heutigen Gesamtmelioration (Steiger, 2016). Die Inklusion dieser ökologischen Aspekte in die Umsetzung der planerischen und baulichen Massnahmen einer Melioration, ist heute eine gesetzlich verankerte Bedingung für die allfällige finanzielle Unterstützung des Projekts (Art. 88b, LwG).

Eine Gesamtmelioration wird in der Regel von Grundeigentümer\*innen und Landwirten initiiert und wird so, im Gegensatz zu Top-Down Prozessen, von den Interessen der Betroffenen vorangetrieben (Steiger, 2016). Besteht ausreichend Konsens über gewünschte oder erstrebenswerte Veränderungen in einer Gemeinde, kann die Gesamtmelioration ein wirkungsvolles Mittel der Kommunalplanung sein. Denn mittels solcher Verfahren können Anliegen aus der lokalen betroffenen Bevölkerung herausgetragen und zu einer mehrheitsfähigen Lösung entwickelt werden.

Die Meliorationsgesellschaft Rothenfluh wurde am 09.11.2017 durch die Wahl der Vollzugskommission, Schätzungskommission und der Rechnungsprüfungskommission gegründet. Dem vorausgegangen sind bereits viele Jahre der Vorbereitung. Auf der Grundlage der Vorstudie von Oeschger et al. (2009) wurde am 15.06.2010 der Auftrag zur Vorbereitung der Gründung erteilt (Gemeinde Rothenfluh, 2011). Der im Grundsatzprotokoll Bezugsgebiet (Gemeinde Rothenfluh, 2011) für die Melioration ausgewiesene Perimeter beläuft sich auf 575.5 ha. Dieser erstreckt sich über 1519 Parzellen im Besitz von 268 verschiedenen Grundeigentümer\*innen (regionatur.ch, 2021).



### 3.2 Probleme und Ziele

Rothenfluh ist eine kleine Gemeinde mit ungefähr 800 Einwohnern und ist sehr landwirtschaftlich geprägt. Sie zeichnet sich durch eine strukturreiche Topographie sowie Vegetation aus und weist viele ökologisch wertvolle Flächen auf, wie Magerwiesen, Naturhecken, Hochstammobstbäume und Waldränder. Rothenfluh ist eine der letzten Baselbieter Gemeinden ohne Felderregulierung.

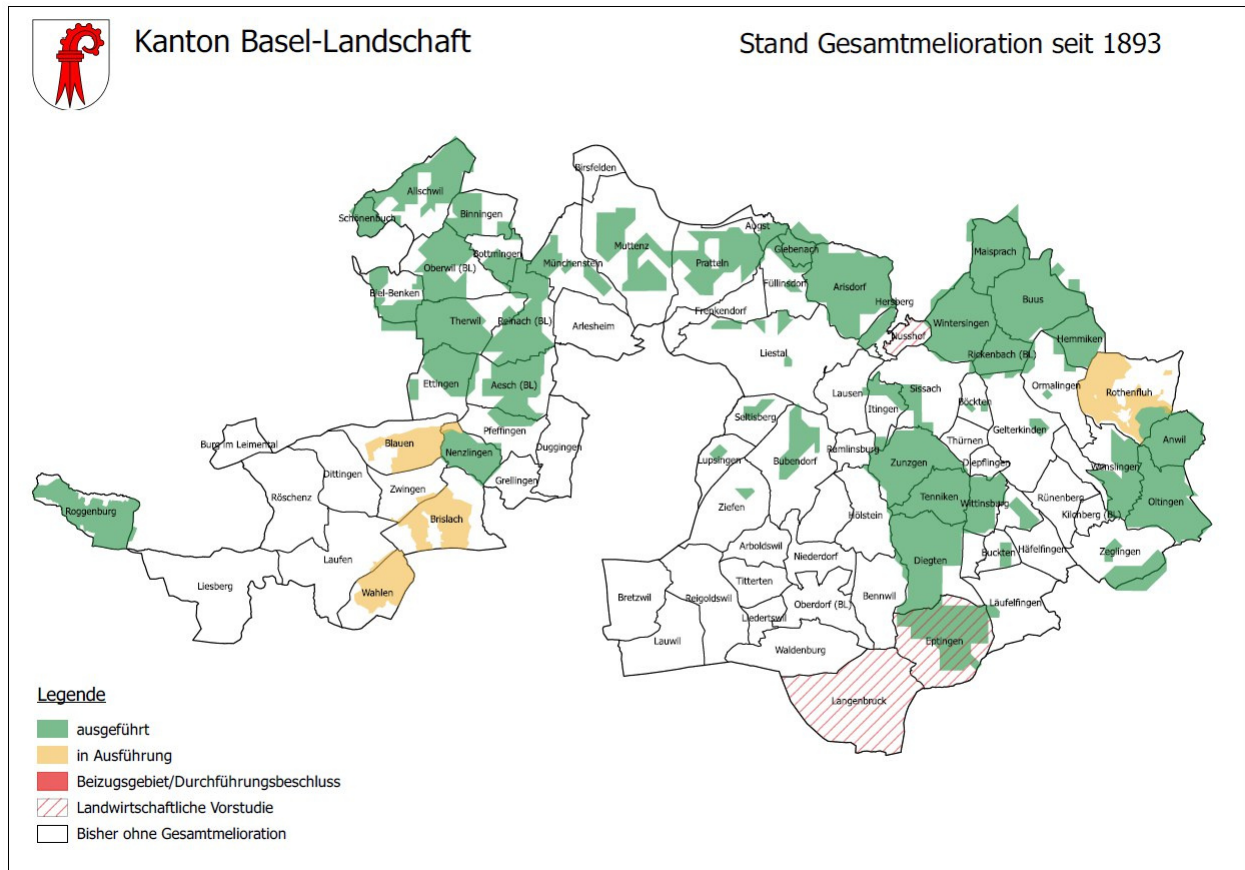


ABB. 3.1: Felderregulierungen im Kanton Baselland seit 1893

Dementsprechend ist das offene Kulturland extrem stark parzelliert. Dieser Zustand verunmöglicht eine zeitgerechte rationelle Bewirtschaftung und führt zu erhöhten Betriebskosten bei den Landwirten. Das Flurwegnetz ist vergleichsweise dicht angelegt. Jedoch sind der Ausbaustandard und der allgemeine Zustand der Wege, zum Beispiel in Bezug auf die Entwässerung, nicht zufriedenstellend. So fallen für die Gemeinde regelmässig unnötig hohe Unterhaltskosten an (Oeschger et al., 2009).

Um diese Missstände zu verbessern und die Wettbewerbsfähigkeit der Landwirte langfristig zu sichern, wird in Rothenfluh nun eine Gesamtmelioration durchgeführt. Die Landschaft und die Naturräume sind das unbestrittene Kapital der Gemeinde. Rund 20% der Wiesen und Weiden werden als ökologische Ausgleichsflächen genutzt, für welche die Landwirte auch Direktzahlungen vom Bund erhalten. Deswegen ist ein zentrales Ziel bei der Durchführung der Melioration, dass die wertvollen ökologischen Flächen erhalten und aufgewertet, sowie für die Landwirtschaft sinnvoll vernetzt werden (Oeschger et al., 2009). Im Oktober 2020 startete die Gemeinde Rothenfluh nun in eine entscheidende Phase der Melioration. Um die relevanten Treiber der Entwicklung in Rothenfluh zu identifizieren und die Bedürfnisse der betroffenen Landeigentümer und der Bevölkerung in den Prozess miteinzubeziehen, wird ein partizipatives Verfahren durchgeführt, aus dessen Ergebnissen konkrete Handlungsoptionen abgeleitet werden sollen. Dieses Begleitverfahren wird von der non-profit Organisation incolab begleitet und ist im folgenden Abschnitt näher beschrieben.

### 3.3 Begleitung durch incolab

Mitte Oktober wurde die Bevölkerung von Rothenfluh zu einer Informationsveranstaltung eingeladen, an der das ganze Partizipationsverfahren erläutert wurde. Der Begleitprozess wurde von incolab zweigleisig aufgebaut (Abb. 3.2). Einerseits stand es interessierten Personen aus der Bevölkerung offen, sich in der Zukunftsbildgruppe zu engagieren. Das Ziel dieser Gruppe war es, ein Zukunftsbild von Rothenfluh zu entwickeln, welches die Wünsche und Bedürfnisse sowie Forderungen und Ziele der Bürger\*innen von Rothenfluh widerspiegeln sollte. Parallel dazu entwickelte incolab in Zusammenarbeit mit einer Gruppe interner und externer Fachexpert\*innen verschiedene Szenarien, um mögliche Entwicklungsrichtungen zu entwerfen.

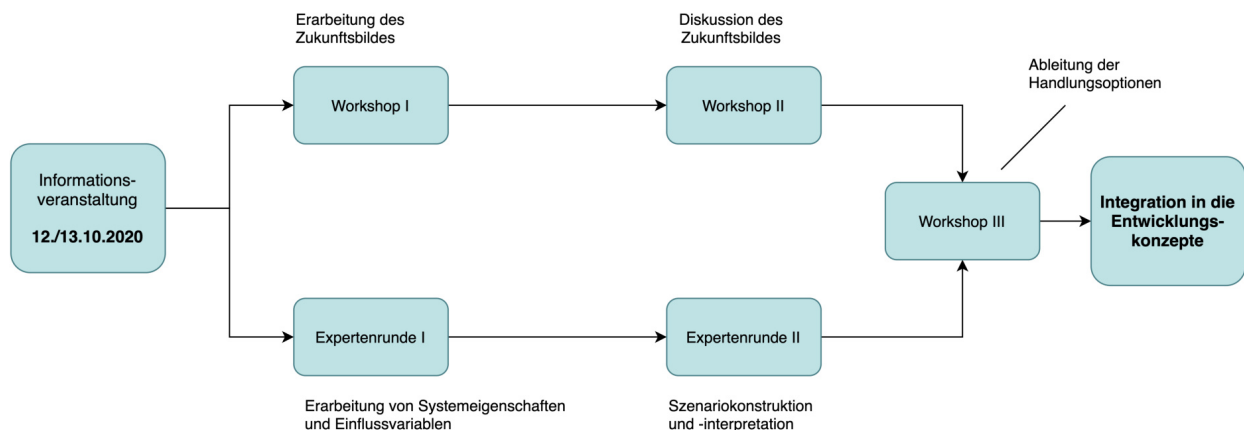


ABB. 3.2: Schema des Begleitprozesses, entwickelt von incolab (2020); eigene Darstellung

Diese Szenarien wurden in tabellarischer Form (Tab. 4.2) durch unterschiedliche Ausprägungen verschiedenener Faktoren konzipiert und durch Narrative in Textform beschrieben (Abb. A.1 bis A.5). Auf diese Weise dienten sie im Mitwirkungsverfahren als Grundlage für die Diskussion über mögliche Entwicklungsrichtungen der Gemeinde. Beide Gruppen trafen sich für die Erfüllung ihrer Aufgaben jeweils zweimal, bevor dann in einem dritten Workshop Zukunftsbild und Szenarien zusammengeführt und gegenübergestellt wurden. Ziel dieser Synthese war es, konkrete Handlungsoptionen ableiten zu können, die in der Folge in die Entwicklungskonzepte der Gesamtmelioration einfließen sollten.

Die Szenarien lassen sich nach der Darstellung von Kerber et al. (2014) als *normative* Szenarien einordnen, da versucht wird zu erarbeiten, welche Zukunft von den Bewohner\*innen von Rothenfluh erwünscht ist. Dazu wird die *qualitative* Integration von Schlüsselfaktoren angewendet, die identifiziert werden sollen, indem die von der Melioration Betroffenen in den Prozess miteinbezogen wurden. Der hier verfolgte Ansatz der Szenarientwicklung lässt sich der *Backcasting*-Methode zuschreiben, da in diesem Prozess versucht wird herauszufinden, durch welche Handlungsstrategien der gewünschte Zustand am besten erreicht werden kann. Dazu wurden verschiedene *Alternativszenarien* skizziert, um mögliche Konsequenzen verschiedener Handlungsoptionen zu betrachten.

In der vorliegenden Arbeit wird die Entwicklung des Zukunftsbildes nicht genauer erläutert, da dieses für die Gestaltung der Visualisierungen nicht relevant gewesen ist.

### 3.3.1 Entwicklung der Szenarien

Am 04.11.2020 wurden in einer *ersten Expertenrunde* die entscheidenden Themen und Treiber der Melioration in Rothenfluh identifiziert und für die Erarbeitung der Szenarien relevante Systemeigenschaften und Einflussvariablen definiert. Im Folgenden hat incolab auf der Grundlage dieser ersten Bestandaufnahme Szenarien mit unterschiedlichen Ausprägungen der definierten Faktoren ausgearbeitet. Diese Szenarien wurden dann den Mitgliedern der Expertengruppe zugesendet, damit sie die Faktoren innerhalb der verschiedenen Szenarien auf ihre Konsistenz zueinander überprüfen konnten. Aufgrund dieser Rückmeldungen wurden die Szenarien nochmals überarbeitet. Die daraus resultierenden konsistenten Sets von Faktorausprägungen wurden dann zu Narrativen in Textform zusammengefasst und den Mitgliedern zur Vorbereitung auf die zweite Expertenrunde zugestellt.

Im Rahmen der *zweiten Expertenrunde* wurden die vorgelegten Szenarien validiert und interpretiert. Bei der Validierung ging es darum zu bewerten, ob die in den Szenarien skizzierten Entwicklungen in dieser Form realistisch sind sowohl als auch darum, fragwürdige Darstellungen zu verbessern. Bei der Interpretation der Szenarien ging es darum, diese im Hinblick auf die Entwicklung in Rothenfluh zu konkretisieren: Was bedeutet Szenario X konkret für Rothenfluh und für die zukünftige Melioration?

Für die Entwicklung der Szenarien wurden verschiedene Personen eingeladen, um fachliche Expertise, jeweils aus einer Perspektive der Innensicht sowie der Aussensicht, in die Erarbeitung der Szenarien einzubringen.

### 3.3.2 Synthese: Szenarien und Zukunftsbild

Im *dritten Workshop* vom 03.02.2021 ging es dann darum, die entwickelten Szenarien dem von der Bevölkerung erstellten Zukunftsbild gegenüberzustellen und zu fragen, welche Entwicklungspfade und Handlungsoptionen aus den Szenarien abgeleitet werden können, um der Erreichung des Zukunftsbildes möglichst nahe zu kommen. An dieser Veranstaltung haben die in Rothenfluh wohnhaften Vertreter\*innen der Expertengruppe sowie die Mitglieder\*innen der Zukunftsbildgruppe teilgenommen. Dies waren im Total 18 Personen, exklusive der Teilnehmenden, die für die Organisation des Prozesses und die Visualisierungen verantwortlich waren. Das Ziel dieser Veranstaltung war es zu ergründen, welches Szenario - oder welche Aspekte verschiedener Szenarien - am ehesten mit dem von der Rothenfluher Bevölkerung definierten Zukunftsbild übereinstimmen.

## 3.4 Die Visualisierungen im Kontext der Melioration

Die im Rahmen dieser Arbeit erstellten Visualisierungen wurden an zwei verschiedenen Veranstaltungen des Mitwirkungsprozesses gezeigt. Sie wurden an der Expertenrunde II sowie dem Workshop III (Abb. 3.2) eingesetzt. Um den Lesefluss zu erhöhen, werden diese beiden Veranstaltungen im weiteren Verlauf der Arbeit nur noch durch die Bezeichnungen *Expertenrunde* und *Workshop* unterschieden. Muss zwischen den Expertenrunden I und II explizit unterschieden werden, wird dies entsprechend gekennzeichnet. Die Zielsetzung der beiden Veranstaltungen war nicht übereinstimmend und auch die Visualisierungen wurden dabei für unterschiedliche Zwecke eingesetzt. Deshalb bedarf es einer Erläuterung der Bedeutung der Visualisierungen im Kontext des partizipativen Verfahrens.

### **3.4.1 Expertenrunde**

Das Ziel der Expertenrunde war es, die Szenarien auf die Konsistenz ihrer zugrundeliegenden Faktorausprägungen hin zu testen und weiterzuentwickeln. Bezüglich der Visualisierungen ging es in diesem Workshop darum, Rückmeldungen bezüglich der visuellen Darstellungsweise der Variablen sowie zu den gewählten Perspektiven, der Kamerapfade, Laufzeit und Geschwindigkeit der Visualisierungen zu erhalten. Ausserdem konnten erste Erfahrungen dazu gesammelt werden, wie die Betrachter\*innen auf die Bilder reagieren und ob sie damit verbundene Assoziationen in ihre Bewertung und Interpretation der Szenarien einfliessen lassen. Es galt herauszufinden, ob sie die Visualisierung der Faktorausprägungen als geeignet und die Darstellung der Szenarien als realistisch empfinden. Von diesen Erkenntnissen ausgehend wurde die Verbesserung der Visualisierungen geplant.

### **3.4.2 Workshop**

Der Workshop hatte zum Ziel das Zukunftsbild mit den Szenarien abzugleichen und abzuleiten, welches Szenario bzw. welche Aspekte der Szenarien am ehesten zum gewünschten Rothenfluh der Zukunft führen würden. An diesem Punkt des Begleitverfahrens waren die Szenarien fertig definiert und es ging darum, ihre Inhalte allen Beteiligten zu kommunizieren.

Die an dieser Stelle präsentierten Visualisierungen sind das Endprodukt der vorliegenden Arbeit. Ihnen kam an diesem Workshop die Aufgabe zu, die Inhalte der Szenarien visuell zu kommunizieren. Dadurch sollten sie zum Verständnis der Szenarien beitragen und die Diskussion über die zukünftige Entwicklung der Gemeinde anregen.

Eine der Herausforderungen des Workshops war es, die Szenarien so zu vermitteln, dass alle Beteiligten sie verstanden und auch den Überblick behielten, um sie unterscheiden zu können. Die Aufgabe fünf verschiedene Szenarien zu unterscheiden, die man aus Tabellen und Textnarrativen kennt, ist durchaus anspruchsvoll. Jedes Szenario weist dieselben Faktoren auf, die jeweils unterschiedlich ausgeprägt sind. Insofern sind die für den Workshop notwendigen Grundlagen nicht ganz einfach zu überschauen. Zudem muss beachtet werden, dass die Mitglieder der Zukunftsbildgruppe auf freiwilliger Basis in den Prozess eingebunden waren. Es muss davon ausgegangen werden, dass nicht alle die Gelegenheit hatten das umfangreiche Material abschliessend zu studieren.

## 4 Methoden

### 4.1 Erstellen der Visualisierungen

In diesem Kapitel wird das Vorgehen bei der Erstellung der Visualisierungen zusammenfassend über den ganzen Prozess beschrieben. Es wird erläutert wie verschiedene Ansätze zur Gestaltung der Visualisierung getestet und welche technischen Hilfsmittel dabei verwendet wurden. Der daraus resultierende Ansatz, mit dem die finale Version der Visualisierungen produziert wurde, wird in den Resultaten unter Abschnitt 5.2 dargelegt. Die von incolab entwickelten Szenarien gemäss den sie definierenden Faktorausprägungen sind in der Tabelle 4.2 zu finden. Die daraus abgeleiteten Narrative, welche sie in Textform näher beschreiben, sind im Anhang beigelegt (Abb. A.1 - A.5).

#### 4.1.1 Erster Teil

Das Erstellen der Visualisierungen von der ersten Datenbeschaffung bis hin zum finalen Workflow inklusive der Präsentation des Endprodukts am Workshop, lässt sich in zwei Phasen unterteilen.

In der ersten Phase wurden verschiedene Techniken für die Generierung von Punktwolkendaten in Rothenfluh angewendet. Vor Ort wurden mit einem TLS Punktwolken generiert sowie auch für die photogrammetrische Erzeugung eines Punktwolkenmodells mithilfe einer Drohne systematisch Bilder aus der Luft aufgenommen. Zusätzlich wurden vom Geodaten-Portal des Kantons Baselland frei verfügbare ALS Punktwolkendaten heruntergeladen. Diese drei Datensätze wurden aufbereitet und in die Unity Game Engine geladen, um die Möglichkeiten für die Umsetzung der Visualisierungen abschätzen und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Datensätze miteinander vergleichen zu können. Aus dieser Gegenüberstellung folgte der Entschluss, für die Visualisierungen eine Kombination von ALS und TLS Daten zu verwenden, da die Qualität des photogrammetrisch erzeugten Modells stark von den LiDAR-Daten abweicht. Die Aufbereitung und der Vergleich der Daten dienten auch einem ersten Sammeln von Ideen und Austesten von Möglichkeiten der verwendeten Computersoftware.

Zum Zeitpunkt der Datenakquise und -aufbereitung war der Prozess der Szenarientwicklung noch nicht angelaufen. Es bestand zwar die Vorstudie von Oeschger et al. (2009), jedoch waren räumliche Schwerpunkte und inhaltliche Themen oder Faktoren der Szenarien bisher nicht benannt worden. Um auf spätere Vorgaben reagieren zu können, wurde vorbeugend das ganze Gemeindegebiet mittels TLS gescannt und mit der Drohne systematisch fotografiert. Die Scans wurden an insgesamt drei Tagen am 6., 7. und 9. Juli 2020 durchgeführt. Die Luftbilder für das photogrammetrische Modell wurden am 22.07.2020 aufgenommen.

Eine Herausforderung bei der Visualisierung war die enge Taktung der Workshops. Nachdem an der Expertenrunde I die relevanten Systemvariablen gesammelt wurden, mussten daraus erst Szenarien entwickelt werden. Der Zeitpunkt der fertigen Definition der Szenarien lag nur gerade eine Woche vor der ersten Präsentation der Visualisierungen an der Expertenrunde II. Deshalb mussten bereits vor Kenntnis der die Szenarien bestimmenden Faktoren strategische Entscheidungen bezüglich der Darstellungen getroffen und mit deren Umsetzung begonnen werden. Auch musste eine Eingrenzung des Perimeters festgelegt werden. Aus Gründen der begrenzt verfügbaren Arbeitszeit konnte nicht die ganze Landschaft des verästelten Gemeindegebiets von Rothenfluh visualisiert werden.

In dieser Phase bestand ein enger Austausch mit incolab, um laufend den aktuellen Stand der

Szenariokonzepte in den Entwurf der Visualisierungen integrieren zu können. Aus diesem Austausch entstanden Planskizzen für die digitale Neuordnung der Bewirtschaftungsstrukturen und Landschaftselemente. Diese dienten als Anleitung für die Visualisierung, wurden aber während des ganzen Prozesses fortlaufend an den neuesten Stand angepasst.

Aus den ALS-Daten wurden für die Basis der Landschaftsszenarien diejenigen Flächen ausgeschnitten, die verändert werden sollten ("Baseline-Flächen") sowie auch diverse Teilflächen verschiedener Grösse. Diese wurden in einer "Flächen-Bibliothek" zusammengefasst und in Unity importiert, um sie für die Neustrukturierung der Landschaft bereitzuhalten. Aus den TLS Daten wurden einzelne Objekte extrahiert wie z.B. Wohnhäuser, Obstbäume oder Landwirtschaftsgebäude. Dies ebenfalls zur Vorbereitung, um alle benötigten Elemente für die Erstellung der Visualisierungen in Unity bereitzustellen. In diesem ersten Teil des Visualisierungsprozesses bestand der Ansatz darin, die Elemente aus der "Flächen-Bibliothek" für das Auffüllen der Lücken in den "Baseline-Flächen" zu nutzen, um so die Landschaft zu verändern.

Als Resultat aus der Expertenrunde I entstanden aus dem Entwurf von incolab acht verschiedene Szenarien, die im Laufe der Vorbereitungen auf die Expertenrunde II auf fünf reduziert wurden. Für den ersten Einsatz der Visualisierungen wurden jedoch nur zwei Entwicklungsrichtungen umgesetzt, damit der Fokus in dieser Phase auf das Erkunden der Möglichkeiten und deren technischen Machbarkeit gelegt werden konnte. Die Expertenrunde diente in diesem Sinne als Testlauf, um die Visualisierungen dann für die Synthese zwischen Zukunftsbild und Szenarien am Workshop optimieren zu können. Die beiden Visualisierungen sollten einerseits ein auf Produktion ausgelegtes monofunktionales Szenario darstellen, bei dem die Siedlung nach aussen entwickelt wird. Andererseits ein an ökologischen Interessen ausgerichtetes multifunktionales Szenario, bei dem die Siedlung nicht ausserhalb ihrer heutigen Grenzen entwickelt wird.

Für die Präsentation an der Expertenrunde am 01.12.2020 wurden drei Videos gerendert. Eines davon stellte den unveränderten Ist-Zustand der Landschaft dar. Die Visualisierung einer monofunktionalen Landwirtschaft entsprach dabei Szenario C, diejenige einer multifunktionalen Landwirtschaft entsprach den Szenarien A und auch E. Insofern waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht beide Visualisierungen exakt einem der Szenarien zuzuordnen, sondern stellten eher zwei verallgemeinernde extreme Positionen dar.

Die Auswertung der dort gesammelten Daten floss in die Verbesserungen der Visualisierungen für die Präsentation am Workshop ein. Im Anschluss an die Veranstaltung wurde ein zusätzliches Experteninterview geführt, um die Qualität der Visualisierungen weiter verbessern zu können.

#### **4.1.2 Zweiter Teil**

Im zweiten Teil des Visualisierungsprozesses wurden die Konsequenzen aus den Erkenntnissen der Expertenrunde gezogen. Es wurde beschlossen die TLS Daten für die Visualisierung der Szenarien nicht weiter zu berücksichtigen. Für die Erstellung der Visualisierungen wurden wieder Planskizzen auf Grundlage der nun überarbeiteten Szenariokonzepte gemacht. Auch wurde in Absprache mit incolab beschlossen, am Workshop mit nur vier der fünf von ihnen ausgearbeiteten Szenarien weiterzuarbeiten. Weil Szenario D eine negative Entwicklung aufzeigt, wurde es vom weiteren Prozess ausgeschlossen, da eine wünschenswerte Zukunft für Rothenfluh konstruiert werden sollte.

Demensprechend wurden vier verschiedene Visualisierungen erstellt, um alle Szenarien abzudecken. Es wurden weitere ALS-Daten heruntergeladen, um die im ersten Teil durch TLS dargestellten Elemente ebenfalls durch ALS Objekte darzustellen. Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse betreffend der Auslastung von Unity, wurden die Daten mit veränderten Parametern erneut prozessiert, damit die bestmögliche Auflösung erreicht werden konnte.

Für die Umsetzung der Szenarien im zweiten Teil des Visualisierungsprozesses wurden die zu verändernden Flächen nicht mehr ausgeschnitten und ersetzt, sondern eingefärbt. Die Herange-

hensweise bestand nun darin, die Parzellenstruktur und deren Bewirtschaftung durch eine entsprechende Kolorierung der Flächen darzustellen. Diese manipulierten Szenario-Flächen wurden dann mit Landschaftselementen und Objekten bestückt, die aus LiDAR-Scans von Rothenfluh, Oberwil und Therwil entnommen worden sind. Aus den fertigen Szenario-Modellen wurden nun vier Videos gerendert, die jeweils einem der Szenarien entsprachen. Da die Zeit an den Workshops sehr beschränkt war und die Teilnehmer alle ortskundig waren, wurde beschlossen auf die Präsentation des Ist-Zustandes diesmal zu verzichten.

## Visualisierungsprozess Teil I

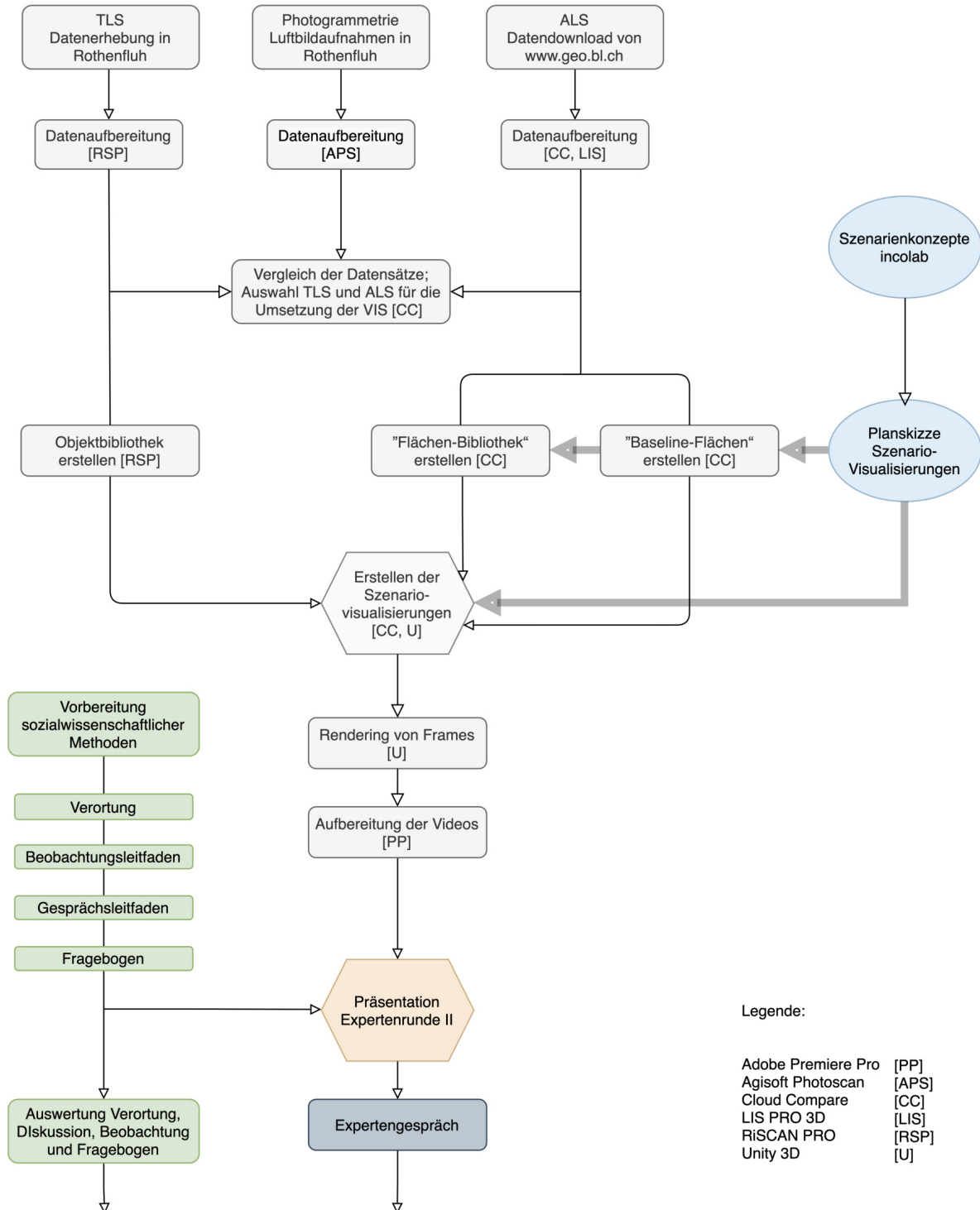


ABB. 4.1: Erster Teil des Visualisierungsprozesses





### 4.1.3 Konzeptuelle Grundlagen: Szenarien

Für die inhaltliche Gestaltung der Visualisierungen standen die Szenariokonzepte von incolab (Tab. 4.2) als Grundlage zur Verfügung. Diese beinhalten insgesamt 26 Faktoren, die je nach Szenario unterschiedlich ausgeprägt sind. Viele der Faktoren beziehen sich auf Themen, die visuell gar nicht direkt darstellbar sind, wie beispielsweise der Faktor "Direktzahlungen & Strukturhilfen". Diese spiegeln sich aber teilweise indirekt wider. Im Falle der genannten Direktzahlungen zum Beispiel, käme es in Szenario C zur Verwaldung von walddahen Wiesen in Hanglagen, deren Bewirtschaftung als Folge gestrichener Subventionen vernachlässigt werden würde.

In einem ersten Schritt mussten für die Repräsentation der Szenarieninhalte also geeignete Variablen gefunden werden, durch welche die unterschiedlichen Faktorausprägungen der Szenarien dargestellt werden können. Die Arrondierung der landwirtschaftlichen Parzellen ist eine zentrale Funktion der Melioration. Deswegen ist die Darstellung der Parzellenstrukturen in Bezug auf ihre Grösse und Form ein prägnantes Element, das in den Visualisierungen zur Unterscheidung der Szenarien eingesetzt werden kann. Die Erhaltung und Erweiterung der ökologischen Diversität gehört ebenfalls zu den wichtigsten Prioritäten der Melioration. Entsprechend können durch die Platzierung von ökologischen Elementen beispielsweise unterschiedliche Priorisierungen ökologiefördernder Massnahmen gezeigt werden. Solche Priorisierungen widerspiegeln sich aber zum Beispiel auch in der vorher beschriebenen unterschiedlichen Ausprägung der Parzellenstrukturen, sowie auch der Diversität ihrer Bewirtschaftungsformen. Aus diesem Umstand wird bereits deutlich, dass die Inhalte der Szenarien nicht einfach durch einzelne visuelle Elemente übersetzt werden können. Denn meistens wird eine visuelle Komponente von mehreren die Szenarien beschreibenden Faktoren beeinflusst. Zudem hat die Ausprägung eines bestimmten Faktors auch Auswirkungen auf verschiedene visuelle Variablen. Der Visualisierungsprozess entspricht demnach einer Komposition verschiedener Landschaftselemente, in der diese zu einem stimmigen Bild verschmelzen, welches die Kombination von Faktorausprägungen eines Szenarios möglichst treffend wiedergeben kann. Im Folgenden werden die visuellen Variablen in Bezug auf die sie beeinflussenden Faktoren zur Übersicht zusammengefasst.

Visuelle Variablen	Faktoren
Parzellengrösse & -form	Landnutzung/-management
Gewächshäuser, Hors-Sol, Gemüsetunnels	Agrapolitik: Betriebsgrösse
Hofgebäude, Strassen & Wege	Intensiv Landwirtschaftszone
Obstplantagen, Feldbäume	Öffentliches Interesse an Gemeingütern
Baumalleen, Art der Bewirtschaftung	Engagement für Biodiversität, Schutzgebiete
Feldhecken, Krautsäume	Naturschutzstakeholder, "Ökoeinstellung" Landwirte
Siedlungserweiterung	Bauland für Gewerbe/Wohnen
Ausdohlung Drainagen & Bachlauf	Vorschriften Wasserhaushalt
Verwaldung	Direktzahlungen & Strukturhilfen

TAB. 4.1: Visuelle Variablen und Faktoren aus den Szenariokonzepten

Diese visuellen Variablen stellen keine quantitative Bezugsmöglichkeit zu den Faktoren der Szenarien dar. Vielmehr dienen sie als Baukasten für die Umsetzung der Landschaftsveränderungen, um die Vorgaben aus den Szenario-Konzepten möglichst konsistent visualisieren zu können.

Als weitere indirekt darstellbare Faktoren in Frage gekommen sind auch noch "Optimierung Betrieb Einkommen", "Optimierung Betrieb Arbeitsökonomie" und "Hof Nachfolge". Hier sind bei unterschiedlicher Ausprägung dieser Faktoren zwar möglicherweise abweichende Effekte auf das Landschaftsbild zu erwarten. Jedoch erscheint der Zusammenhang mit den festgelegten visuellen Variablen als zu vage, als dass sie im vorliegenden Fall zur Differenzierung der Szenarien in den Visualisierungen Anwendung finden sollten.

FAKTOREN & THEMEN		Direkt beeinflussbar?	Indirekt/nicht beeinflussbar?	A: Nachhaltige Produktion in multifunktionaler Landwirtschaft		B: Lokale Ideen gegen Rahmenabkommen und Agrarpolitik		C: Neoliberal und dem Weltmarkt ausgeliefert		D: Die Landwirtschaft fällt auseinander		E: Kulturgut Rothenfluh als Weg nach vorne		
				Einzelausprägungen	Aggregierte Ausprägungen	Einzelausprägungen	Aggregierte Ausprägungen	Einzelausprägungen	Aggregierte Ausprägungen	Einzelausprägungen	Aggregierte Ausprägungen	Einzelausprägungen	Aggregierte Ausprägungen	
Saisonale Wasserverfügbarkeit	Klima		x	a. mehr Trockenheit, Spätfrost (alle 1-2 Jahre)	Starke Effekte	a. mehr Trockenheit, Spätfrost (alle 1-2 Jahre)	Starke Effekte	b. mehr Sommer-Trockenheit, Spätfrost (alle 5-10 Jahre)	Kleine Effekte	b. mehr Sommer-Trockenheit, Spätfrost (alle 5-10 Jahre)	Mittlere Effekte	a. mehr Trockenheit, Spätfrost (alle 1-2 Jahre)	Starke Effekte	
Extrem Ereignisse Temperatur			x	a. Wasserknappheit im Sommer		a. Wasserknappheit im Sommer		b. Ausreichend Wasser		a. Wasserknappheit im Sommer			a. Wasserknappheit im Sommer	
Bevölkerungsentwicklung (lokal - regional)	Bevölkerung		x	a. BFS Szenario hoch	Bevölkerungswachstum & konservative Werte	a. BFS Szenario hoch	Bevölkerungswachstum & divergierende Werte	a. BFS Szenario hoch	Bevölkerungswachstum & progressive Werte	b. BFS Szenario mittel	Leichtes Bevölkerungswachstum & divergierende Werte	b. BFS Szenario mittel	Leichtes Bevölkerungswachstum & progressive Werte	
Wertewandel/ Diversifizierung der Werte			x	a. homogen konservativ		c. divergierend		b. homogen progressiv		c. divergierend				
Digitalisierung Arbeitswelt	Digitalisierung		x	a. Interaktionen digital	Mittlere digitale Durchdringung	a. Interaktionen digital	Mittlere digitale Durchdringung	a. Interaktionen digital	Starke digitale Durchdringung	Interaktionen face-to-face	Analoge Welt	Interaktionen face-to-face	Eher analoge Welt	
Nutzung Techniken/Methoden Präzisionslandwirtschaft			x	b. Sind verfügbar und werden teilweise genutzt		b. Sind verfügbar und werden teilweise genutzt		a. Sind verfügbar und werden genutzt		d. Sind nicht verfügbar und werden nicht genutzt		c. Sind teilweise verfügbar und werden teilweise genutzt		
Verhältnis CH-EU/weltweit	CH - Ausland		x	a. keine bilateralen Verträge	Abschottung	b. Rahmenabkommen	Geregelte Abgrenzung	c. EU-Beitritt	CH in Europa	b. Rahmenabkommen	Geregelte Teilnahme in Europa	b. Rahmenabkommen	Geregelte Teilnahme in Europa	
Grenzschutz für landwirtschaftliche Produkte			x	c. geschlossene Grenzen		c. geschlossene Grenzen		a. offene Grenzen		a. offene Grenzen		a. offene Grenzen		
Preis-Differenz CH-Ausland			x	c. wird grösser		b. so wie heute		a. wird kleiner		a. wird kleiner		a. wird kleiner		
Agrarpolitik: Betriebsgrösse	Agrarpolitik		x	a. grössere Betriebe	Kohärente AP. Grössere Betriebe & mittlere Intensität	a. grössere Betriebe	Kohärente AP. Grössere Betriebe & hohe Intensität	a. grössere Betriebe	Inkohärente AP. Grössere Betriebe & hohe Intensität	b. kleine Betriebe	Kleine Betriebe & tiefe Intensität	b. kleine Betriebe	Kleine Betriebe & hohe Intensität	
AP: Ausrichtung auf Volksbegehren			x	a. folgt Begehren		b. folgt Begehren nicht		a. folgt Begehren		b. folgt Begehren nicht		a. folgt Begehren		b. folgt Begehren nicht
Direktzahlungen & Strukturhilfen			x	b. kohärentes System (Ökologie- und Produktionsförderung sind aufeinander abgestimmt)		b. kohärentes System (Ökologie- und Produktionsförderung widersprechen sich)		a. Inkohärentes System (Ökologie- und Produktionsförderung widersprechen sich)		<mehrere Ausprägungen möglich>		<mehrere Ausprägungen möglich>		<mehrere Ausprägungen möglich>
Intensiv-Landwirtschaftszone		x	b. nicht zur Verfügung	a. zur Verfügung	a. zur Verfügung	b. nicht zur Verfügung	a. zur Verfügung		a. zur Verfügung					
Öffentliches Interesse an Gemeingütern (reflektiert bspw. in Initiativen)/Multifunktionalität	Öffentliches Interesse		x	a. Gemeingüter (LQ, BD) und Wasser werden geschätzt	Ökologie-orientiert	a. Gemeingüter (LQ, BD) und Wasser werden geschätzt	Ökologie-orientiert	b. Gemeingüter haben keinen Wert	Produktions-orientiert	a. Gemeingüter (LQ, BD) und Wasser werden geschätzt	divergierendes Interesse	a. Gemeingüter (LQ, BD) und Wasser werden geschätzt	divergierendes Interesse	
Engagement für Biodiversität (Gemeinde, Kanton, Bund): LW, Wald, Siedlung			x	a. Förderung von Biodiversitäts-/Landschaftsqualitätsanliegen		a. Förderung von Biodiversitäts-/Landschaftsqualitätsanliegen		b. kein Engagement		b. kein Engagement		<mehrere Ausprägungen möglich>		
Schutzgebiete (Grundwasser, Ufer, ...)			x	a. Ausdehnung		a. Ausdehnung		c. Reduktion		<mehrere Ausprägungen möglich>		a. Ausdehnung		
Bauland für Gewerbe/Wohnen			x	b. Entwicklungsmöglichkeit: nur innen		a. Entwicklungsmöglichkeit: innen & aussen		a. Entwicklungsmöglichkeit: innen und aussen		b. Entwicklungsmöglichkeit: nur innen		b. Entwicklungsmöglichkeit: nur innen		
Vorschriften Wasserhaushalt			x	a. Vernässung (Feuchttackerflächen) werden zugelassen/gefördert		a. Vernässung (Feuchttackerflächen) werden zugelassen/gefördert		b. Drainagen werden zugelassen/gefördert		<mehrere Ausprägungen möglich>		<mehrere Ausprägungen möglich>		
Naturschutz-Stakeholder		x	a. aktiv, viele Ideen & umfassendere Projekte	a. aktiv, viele Ideen & umfassendere Projekte	b. passiv, kleine Projekte	b. passiv, kleine Projekte	b. passiv, kleine Projekte							
Privater/gewerblicher Konsum: wo?	Wertschöpfungskette		x	b. Gelterkinden abwärts; online	Divers	b. Gelterkinden abwärts; online	Divers	b. Gelterkinden abwärts; online	Privat: divers LW: konzentriert	a. lokal/regional	Konzentration	a. lokal/regional	Konzentration	
Landw. Wertschöpfungskette			x	b. Diversität (viele Abnehmer)		b. Diversität (viele Abnehmer)		a. Konzentration (wenige Abnehmer)		a. Konzentration (wenige Abnehmer)				
Landnutzung /-management	Landwirtschaftsbetrieb		x	b. multifunktionale LW	DZ-gestützter nachhaltiger Haupterwerb	b. multifunktionale LW	DZ-gestützter nachhaltiger Haupterwerb	a. monofunktionale LW	Marktorientierter Haupterwerb	<mehrere Ausprägungen möglich>	Nicht-orientierter Neben-/Hobbybetrieb	<mehrere Ausprägungen möglich>	Direktzahlungsorientierter Neben-/Hobbybetrieb	
Optimierung Betrieb Einkommen			x	b. Direktzahlungen		b. Direktzahlungen		a. Markt		<mehrere Ausprägungen möglich>				
Optimierung Betrieb Arbeitsökonomie			x	a. Haupterwerb		a. Haupterwerb		b. Nebenerwerb/ Hobby		b. Nebenerwerb/ Hobby				
Hof-Nachfolge			x	a. leicht/ geregelt		<mehrere Ausprägungen möglich>		a. leicht/ geregelt		b. schwierig/ ungeregelt		b. schwierig/ ungeregelt		
"Öko-Einstellung" Landwirt*innen		x	a. engagiert für Ökologie	a. engagiert für Ökologie	b. kein Interesse an Ökologie	b. kein Interesse an Ökologie	a. engagiert für Ökologie							

TAB. 4.2: Tabelle mit der Übersicht über alle Faktorausprägungen der verschiedenen Szenarien (incolab, 2021)



#### 4.1.4 Expertengespräch

Nach dem Abschluss der Expertenrunde konnte einer der teilnehmenden Experten für ein Gespräch gewonnen werden. Dieser war für die Szenarienentwicklung als Fachexperte für ökologische Fragen und Naturschutz eingeladen worden. Nebst seinem Fachwissen konnte er für die Weiterentwicklung der Visualisierungen auch mit Kenntnissen der lokalen Gegebenheiten beratend zur Seite stehen, da er selbst in Rothenfluh wohnhaft ist.

Einerseits konnte die bestehende Sammlung an visuellen Variablen dank des Gesprächs erweitert werden. Dies war hilfreich, um das die Szenarien beschreibende Set von Faktoren, besser in den Visualisierungen zu verankern. Andererseits konnte er durch seine Expertise sowie seinem lokalen Bezug zum Gemeindegebiet eine räumliche Vorstellung davon artikulieren, wie z.B eine realistische Ökologisierung der Landwirtschaftsflächen in Rothenfluh aussehen könnte. Seine Erfahrung hat bei dem Arrangement der ökologischen Elemente sehr geholfen, so dass die ortsspezifischen Eigenschaften der Landschaft stärker berücksichtigt wurden. Zum Teil konnten seine Anmerkungen auch sehr konkret in die Visualisierungen einfließen. Beispielsweise standen für die Ausdholung der landwirtschaftlichen Drainagen keine Pläne über deren Lage im Boden zur Verfügung. Durch das Gespräch konnten dennoch sinnvolle Standorte für die Massnahmen gefunden werden.

#### 4.1.5 Verwendete Hardware und Software

Für die Akquise und Aufbereitung der verschiedenen Datentypen sowie als auch für das Erstellen der Visualisierungen selbst, wurde auf eine Reihe verschiedener Hardwareprodukte und Softwarelösungen zurückgegriffen.

Die Hardware wurde für die Generierung der Punktwolken und der Ausführung von für deren Verarbeitung benötigten Software eingesetzt. Für das Laserscanning wurde ein Gerät vom Typ vz-1000i der Marke RIEGL eingesetzt. Für die Aufnahme der Luftbilder für das photogrammetrische Modell wurde eine Drohne des Typs DJI Mavic Pro eingesetzt. Für deren Steuerung wurde einerseits die Applikation DJI GO 4 verwendet und für die Vorprogrammierung des Flugpfades sowie der Bildaufnahme wurde die Applikation Drone Deploy benutzt. Beide Applikationen wurden auf einem iOS Betriebssystem über ein iPhone SE ausgeführt.

Für die Weiterverarbeitung der Bilddaten wurde auf die Software Photoscan zurückgegriffen (Agisoft, 2015). Das ist ein Softwarepaket von Agisoft, mit dem die einzelnen Luftbilder zu einem 3D-Modell aus Punktwolken umgerechnet wurden. Die Rohdaten aus dem TLS-Verfahren wurden mit der firmeneigenen Software RiSCAN PRO von RIEGL registriert und georeferenziert (RIEGL, 2017). Das Programm liefert umfangreiche Möglichkeiten, um Punktwolken zu filtern oder auch manuell zu bearbeiten. Der Export in verschiedene Dateiformate für die Weiterverarbeitung in Drittprogrammen ist möglich.

Lis Pro 3D bietet vielfältige Werkzeuge für das Prozessieren von Punktwolken und ist eine Erweiterung der Open-Source-Software SAGA GIS (Conrad et al., 2015). Die in Lis Pro 3D enthaltenen Anwendungen sind umfangreich und umfassen "profile extraction, smart point cloud thinning, DTM / DSM / nDSM creation, colorization and gridding of point clouds, and difference and volume calculations" (Laserdata GmbH, 2021).

Cloud Compare ist eine kostenlose open-source Software, die ebenfalls über eine breite Auswahl an Möglichkeiten verfügt, um Punktwolken zu verarbeiten (CloudCompare, 2020). Im Rahmen dieser Arbeit wurde sie dank ihrer guten Datenvisualisierungsmöglichkeiten und dem relativ intuitiven Handling vor allem für die Segmentierung von Punktwolken genutzt.

Unity 3D ist eine Game Engine und wurde bereits im Abschnitt 2.5 vorgestellt. Die Software wurde in dieser Arbeit genutzt, um verschiedene Punktwolken zusammenzuführen und deren Grösse zu ändern, einen Himmel und Hintergrund in die Visualisierungen einzufügen sowie um einen Kamerapfad für das Rendering der einzelnen Frames zu erstellen. Damit Punktwolken in die Unity Engine integriert werden können ist eine Erweiterung notwendig (Point Cloud Viewer and Tools,

2021). Dieses Plug-in ermöglicht die Visualisierung von Punktwolken sowie deren Umwandlung zu Meshes. In der Form von Meshes können die Daten dann skaliert, positioniert und gedreht werden.

Von Adobe wurden Photoshop und Premiere Pro verwendet. Mit Photoshop wurden Orthophotos für die Kolorierung von Punktwolken manipuliert. Premiere Pro wurde erstens für die Zusammenführung der einzelnen aus Unity gerenderten .tiff Dateien in eine .mp4 Datei genutzt. Und zweitens liessen sich die Videos mittels der Standard Werkzeuge von Photoshop einfach bearbeiten.

Für die Ausführung der oben beschriebenen Programme wurden drei verschiedene Computer benutzt.

Computer A für die Ausführung von RiSCAN PRO und Photoscan:

- OS: Windows 10
- Prozessor: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2670 v3 / 2.30 GHz
- RAM: 64 GB

Computer B für die Ausführung von CloudCompare, LIS Pro 3D und Unity:

- OS: Windows 10
- Prozessor: Intel(R) Core(TM) i7-9700 / CPU 3.00 GHz
- RAM: 64 GB

Computer C (MacBook) für die Ausführung von Photoshop und Premiere Pro:

- OS: macOS Catalina
- Prozessor: 8-Core Intel i9 / 2.3 GHz
- RAM: 32 GB

## 4.2 Forschungsdesign

Damit die in dieser Arbeit gestellten Forschungsfragen untersucht werden konnten, mussten an den Veranstaltungen Daten gesammelt werden. Dabei stellt sich bei einer wissenschaftlichen Untersuchung die Frage, welche *Erhebungsformen* und *Auswertungsverfahren* angewendet werden sollten, um geeignetes Datenmaterial erhalten zu können (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014). Zudem musste festgelegt werden, welche Elemente des Gegenstandsbereichs der Forschung untersucht werden sollten (Schnell et al., 2011).

In die Datenerhebung wurden alle Teilnehmenden der Expertenrunde und des Workshops einbezogen, die Mitglieder\*innen der Szenario- oder Zukunftsbildgruppe waren. Es wurde mit qualitativen Methoden gearbeitet, da diese für die Analyse von Kommunikationsprozessen in kleinen Gruppen das geeignete Instrument sind (Mayring, 2016). Ausserdem musste die Anwendung quantitativer Methoden aufgrund der niedrigen Anzahl an Untersuchungsobjekten per se ausgeschlossen werden.

Mit einer Daten-Triangulation sollte über verschiedene qualitative *Erhebungsverfahren* ein möglichst umfassender Zugang zum Untersuchungsgegenstand erreicht werden. Die darin integrierten Methoden setzen sich aus einer Verortung, einer Beobachtung, einer Gruppendiskussion, einem Fragebogen sowie einer Umfrage in Echtzeit zusammen. Die einzelnen Teilmethoden zielen darauf ab, unterschiedliche Perspektiven auf die Wahrnehmung, das Verständnis und die Nutzung der Visualisierungen durch die Teilnehmenden der Veranstaltungen zu erhalten.

Durch die Beobachtung wird die Interaktion der Teilnehmenden mit und Reaktion auf die Visualisierungen von aussen erfasst. Dagegen wird mit der Gruppenbefragung und dem Fragebogen erhoben, wie die Teilnehmenden das Arbeiten mit den zur Verfügung gestellten Visualisierungen selbst empfinden. Zudem konnten durch die Verortung und die Echtzeitbefragung Rückmeldungen eingeholt werden, die unmittelbar nach der Sichtung der Visualisierungen gegeben wurden. Dabei ging es darum die Visualisierungen auf einer inhaltlichen Ebene bewerten zu lassen. Für die *Auswertung* der gesammelten Daten über die Kommunikationsprozesse an den beiden Veranstaltungen, wurde eine qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt.

Vor dem Hintergrund der zum Zeitpunkt des Begleitverfahrens von Rothenfluh grassierenden Covid-19 Pandemie war zum Zeitpunkt der Workshops, die Durchführung solcher Veranstaltungen in physischer Form nicht möglich. Folglich wurden die Veranstaltungen in der Form von virtuellen Videokonferenzen abgehalten. Dies hatte einen Einfluss auf die Möglichkeiten zur Interaktion mit und zwischen den Teilnehmenden und beeinflusste auch die Datenerhebung. Beispielsweise wurde es schwieriger Emotionen von Leuten zu beobachten, weil Gestik und Mimik über den Bildschirm kaum zu erfassen sind. Ausserdem wurde davon ausgegangen, dass der Kommunikationsfluss aufgrund des für die meisten der Teilnehmenden ungewohnten Formates langsamer sein wird. Entsprechend war das Programm der Veranstaltung zeitlich eng geplant und die Zeit für ein Gruppengespräch wurde auf etwa 15 Minuten begrenzt.

Im folgenden Abschnitt wird nun beschrieben, wie der Zugang zum Untersuchungsgegenstand über die Operationalisierung der Forschungsfrage hergestellt wurde. Danach wird erläutert wie die einzelnen Teilmethoden konzipiert sind und ihre Wahl für die Durchführung der Datenerhebung begründet.

#### 4.2.1 Operationalisierung

Die in dieser Arbeit verfolgte Fragestellung bezieht sich im Hinblick auf den Nutzen der Visualisierungen für die Unterstützung der Kommunikation an den Workshops auf einen nicht fassbaren Forschungsgegenstand, der sich nicht direkt messen lässt. Eine Untersuchung nach sozialwissenschaftlichen Gesichtspunkten erfordert es aber, die vermuteten theoretischen Zusammenhänge anhand von beobachtbaren Indikatoren nachweisen zu können (Schnell et al., 2011). Deshalb muss die Forschungsfrage in beobachtbare Indikatoren übersetzt werden. Dieser Vorgang wird in den Sozialwissenschaften auch als Operationalisierung bezeichnet.

Gemäss des Auswertungsverfahrens der qualitativen Inhaltsanalyse wurde für die Operationalisierung der Forschungsfrage eine deduktive Kategoriendefinition nach Mayring (2015) vorgenommen (Tab. 4.3). Das bedeutet, dass die Kategorien bereits im Vorfeld der Datenerhebung festgesetzt wurden. Diese inhaltsanalytische Technik hat das Ziel, eine gewisse Struktur aus den erhobenen Daten herauszufiltern, weshalb sie von Mayring auch Strukturierung genannt wird. Er unterscheidet dabei zwischen der formalen, inhaltlichen, typisierenden und skalierenden Strukturierung (Mayring, 2015). In der vorliegenden Analyse handelt es sich um eine inhaltliche Strukturierung. Dabei soll die Definition der Kategorien es ermöglichen, die erhobenen Daten nach inhaltlichen Gesichtspunkten zu ordnen und analysieren zu können.

Dementsprechend wurden für die Operationalisierung Kategorien definiert, welche mit den unter Abschnitt 1.3 formulierten Forschungshypothesen in Beziehung stehen, wie zum Beispiel die Kategorie "Vermittlung von Informationen". Diesen Kategorien wurden beobachtbare Indikatoren zugeordnet, welche sie genauer beschreiben, wie beispielsweise "Erkennen der Veränderungen" oder "Unterscheiden der Szenarien". Um die Möglichkeiten der Untersuchung dieser Indikatoren weiter zu konkretisieren wurden Fragesätze ausformuliert, die sich auf ebendiese beziehen.

Einerseits konnten mithilfe dieser Indikatoren Fragestellungen für die Fragebogen, die Gruppenbefragung, sowie den Beobachtungsleitfaden ausgearbeitet werden. Andererseits wurde das Kategoriensystem angewendet, um die Transkripte der Beobachtung zu analysieren.



Kategorien	Indikatoren	Mögliche konkrete Frageformulierung
Vermittlung von Informationen	Zuordnen der Visualisierungen Unterscheiden der Szenarien Verstehen der Szenarien Erkennen der Veränderungen	Können die Visualisierungen die Inhalte der Szenarien vermitteln? Werden die verschiedenen Szenarien in den Visualisierungen richtig erkannt? Können sich die Teilnehmenden die Szenarien mithilfe der Visualisierungen besser vorstellen? Werden die veränderten Elemente erkannt? Welche veränderten Elemente werden erkannt?
Ästhetik	Wohlgefallen	Finden die Teilnehmenden die Darstellung ästhetisch? Gefallen den Teilnehmenden die Visualisierungen?
Orientierung	Erkennen der Landschaft Erkennen des Standpunktes Perspektive Kamerafahrt	Konnten die Teilnehmenden sich in den Visualisierungen zurechtfinden? Konnten die Teilnehmenden die Landschaft von Rothenfluh wiedererkennen?
Realistische Darstellung	Richtigkeit der Darstellung Detailgrad Punktgrösse Punktdichte	Wurden die Landschaftsveränderungen glaubhaft dargestellt? Wird das Landschaftsbild als realistisch empfunden?
Präsentation	Verbale Erläuterungen Medium Videos am Bildschirm Geschwindigkeit	War den Teilnehmenden die Präsentation der Visualisierungen verständlich? Konnten die Teilnehmenden den Visualisierungen folgen? Wurde die Geschwindigkeit der Videos als angemessen erachtet?
Diskussionsverlauf	Bezugnahme auf die Visualisierungen Meinungsbildung Vorschläge & Anregungen Argumentation	Regen die Visualisierungen die Diskussion an? Beziehen sich die Teilnehmenden während der Diskussion der Szenarien auf die Visualisierungen? Wird durch die Visualisierungen das Verständnis für andere Positionen gefördert? Wird durch die Visualisierungen das Verständnis der eigenen Position gefördert? Helfen die Visualisierungen den Teilnehmenden ihre Argumente zu formulieren? Helfen die Visualisierungen den Teilnehmenden Kritik an den Szenarien zu formulieren?
Wahrnehmung und Bewertung	Negative Rückmeldungen Positive Rückmeldungen Hilfestellung	Werden negative Aspekte der Visualisierungen benannt? Werden positive Aspekte der Visualisierungen benannt? Werden die Visualisierungen als hilfreich wahrgenommen?

TAB. 4.3: Aus den Forschungsfragen abgeleitete Kategorien für die qualitative Inhaltsanalyse

## 4.2.2 Triangulation

Nach Flick (2004):12 ermöglicht die Triangulation "die Einnahme unterschiedlicher Perspektiven auf einen untersuchten Gegenstand [...]". Diese Perspektiven können durch die Wahl von verschiedenen Methoden und/oder der Anwendung unterschiedlicher theoretischer Zugänge konkretisiert werden. Des Weiteren bezieht sich der Begriff auf die Inkorporation unterschiedlicher Datensorten in eine Untersuchung (Flick, 2004). Diese Definition geht auf die Abhandlung über die Triangulation von Denzin (1970, 1989) zurück. Grundlegend beschreibt er sie als: "[...] the combination of methodologies in the study of the same phenomena" (Denzin, 1970, S. 297). Er unterscheidet vier verschiedene Typen der Triangulation (Denzin, 1989, S. 301–310):

1. Daten-Triangulation
2. Investigator Triangulation
3. Theorien-Triangulation
4. Triangulation von Methoden

Dadurch erwähnt er zu den drei von Flick (2004) in seiner Definition übernommenen Kriterien zusätzlich die Investigator Triangulation. Dabei ist gemeint, dass mehrere Forscher für die Datenerhebung eingesetzt werden, um potenziellen Bias durch die untersuchende Person zu vermeiden.

Ausschlaggebend bei der Triangulation ist, dass aus der Kombination verschiedener Methoden oder Datensorten "Erkenntnisse auf unterschiedlichen Ebenen gewonnen werden, die damit weiter reichen, als es mit einem Zugang möglich wäre" (Flick, 2004, S. 12). Dabei geht es aber nicht darum, die verschiedenen Zugänge gegenseitig zu überprüfen. Denzin (2015) hält fest, dass die Triangulation kein Instrument zur Validierung ist, sondern eine Alternative dazu. Er beschreibt die Triangulation als eine Strategie, durch die einer Untersuchung mehr Glaubwürdigkeit, Komplexität, Genauigkeit und Tiefe verliehen wird. Um den in diesem Kapitel beschriebenen Ansprüche an die Triangulation im Rahmen der Datenerhebung gerecht zu werden, wurden die verwendeten Methoden mit entsprechenden Perspektiven verknüpft, um den Erkenntnisgewinn auf verschiedenen Ebenen zu fördern, wie im Abschnitt 4.2.1 dargelegt wurde.

### 4.2.3 Verortung

Nach der Präsentation der beiden Visualisierungen im Expertenworkshop wurden die Mitglieder\*innen der Expertengruppe jeweils gebeten, die verschiedenen Visualisierungen den entsprechenden Szenarien zuzuweisen. Diese Zuordnung wurde mit einer Befragung über Google Forms durchgeführt. Dieses Formular ist einfach via Mail zu versenden und unkompliziert in der Nutzung, so dass keine technischen Komplikationen aufgetreten sind. Ausserdem ist direkt ersichtlich, dass alle Teilnehmenden die Zuweisung gemacht haben und ob die Visualisierungen von allen richtig verortet wurden. Im Anschluss wurde aufgelöst welche Visualisierung zu welchen Szenarien gehörte, damit sichergestellt werden konnte, dass alle Teilnehmenden die jeweiligen Visualisierungen korrekt mit den entsprechenden Szenarien assoziierten.

### 4.2.4 Gruppengespräch und Beobachtung

Da die Zeit für die Gruppenbefragung begrenzt war (15 Minuten, evtl. mit der Möglichkeit maximal 10 Minuten von der eingeplanten Reservezeit zu erhalten) wurden nicht zu viele Fragen eingeplant, sondern nur die wichtigsten gestellt. Die restlichen Daten mussten mithilfe der Beobachtung und des Fragebogens erhoben werden. Die Gruppenbefragung wurde als teilstrukturiertes Leitfadengespräch nach Schnell et al. (2011) gestaltet. Diese Form des Gesprächs erlaubte es einem vordefinierten Fragekatalog zu folgen, während die Abfolge der Fragen je nach Verlauf des Gesprächs spontan angepasst werden konnte. So konnte auf möglicherweise entstehende Dynamiken bei der Befragung in der Gruppe eingegangen werden. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass forschungsrelevante Themen abgehandelt wurden, während gleichzeitig der Antwortspielraum der Befragten offener gestaltet werden konnte als bei einem stark strukturierten Gespräch.

Der Fragekatalog für das Gespräch gliederte sich in zwei Blöcke. Dabei lag der Schwerpunkt auf dem ersten Block, der offene Fragen beinhaltete. Diese schränkten die Antwortmöglichkeiten der Befragten wenig ein und sollten sie dazu motivieren frei davon zu berichten, was sie als relevant wahrnahmen. Der zweite Frageblock enthielt spezifischere Fragen, die gestellt werden konnten, falls die darin enthaltenen Themen noch nicht aufgrund der Fragen aus dem ersten Block angesprochen worden sind. Zu Beginn des Gruppengesprächs wurde den Teilnehmenden erklärt, dass es sich um eine offene Diskussion handelte und es auch erlaubt sei, auf Statements von anderen Teilnehmenden zu antworten, beziehungsweise einzugehen.

### 4.2.5 Echtzeitumfrage

Ähnlich der Methode des Fragebogens wurde im Workshop zusätzlich eine Befragung in Echtzeit mit Zoom-polls durchgeführt. Zoom-polls ist ein in die Videokommunikationsplattform Zoom integriertes Werkzeug zur Erstellung von Umfragen mit Single- oder Multiple-Choice-Fragen während eines Meetings. Anders als der Fragebogen zum Schluss, der allgemeine Fragen zu den Visualisierungen, ihrem Nutzen und ihren Inhalten enthält, ist die Zoom-Befragung auf die Bewertung der einzelnen Szenario-Visualisierungen ausgelegt. Jeweils direkt nachdem ein Szenario vorgestellt und die entsprechende Visualisierung präsentiert wurde, musste die Umfrage ausgefüllt werden. Das ermöglichte es, die Wirkung der verschiedenen Szenario-Visualisierungen auf die Teilnehmenden untereinander zu vergleichen. Es war wichtig, die Fragen direkt nach den einzelnen Visualisierungen zu zeigen. Denn hätte man die vier Visualisierungen gezeigt und erst nach eineinhalb Stunden intensiver Gespräche im Workshop verlangt, die einzelnen Visualisierungen zu bewerten, hätte sich wohl niemand mehr genau daran erinnern können.



#### 4.2.6 Fragebogen

Da die verfügbare Zeit für ein mündliches Feedback durch die Befragung der Gruppe knapp war, konnten nicht alle Teilnehmer auf die gestellten Fragen antworten. Um ergänzend dazu die Meinungen aller Teilnehmer der Expertengruppe aufnehmen zu können, wurde ein Fragebogen eingesetzt. Die mithilfe des Fragebogens erhobenen Daten können jedoch aufgrund der niedrigen Teilnehmerzahl nicht als quantitativ betrachtet werden. Viel mehr sind sie als eine qualitative Ergänzung zu den Daten zu verstehen, die aus der Gruppenbefragung gewonnen werden.

Die Konzeption des Fragebogens folgt den von Mergener und Décieux (2018) beschriebenen Vorgaben. Dabei sollten Fragen leicht verständlich formuliert werden, in einer Weise, dass von den Befragten auch die vom Forscher vorgesehene Frageintention abgeleitet wird. Antwortkategorien sollten eindeutig und überschneidungsfrei formuliert werden, damit es den Befragten erleichtert wird, sich passend ausdrücken zu können. Ausserdem sollten eingesetzte Skalen ausbalanciert sein und Kategorien möglichst exklusiv.

Der Fragebogen besteht überwiegend aus Fragen mit vordefinierten Antwortkategorien in einer vierstufigen Likert-Skala (Schnell et al., 2011) sowie einigen offenen Fragen. Die Skala reicht von *trifft überhaupt nicht zu* am negativen Ende, bis *trifft sehr zu* am positiven Ende des Spektrums. Es wurde bewusst keine neutrale Antwortkategorie angeboten, da die Feststellung einer leicht negativen beziehungsweise positiven Tendenz bevorzugt wird, als es den Befragten zu ermöglichen, sich nicht positionieren zu müssen.

## 5 Resultate

### 5.1 Datenvergleich: ALS, TLS und Photogrammetrie

Die aufbereiteten Datensätze aus den verschiedenen Aufnahmeverfahren wurden in CloudCompare visualisiert, um Entscheidungen bezüglich der weiteren Vorgehensweise treffen zu können. Auf einer ersten Übersicht 5.1 ist bereits erkennbar, dass die TLS-Daten keine gleichmässige und durchgängige Abdeckung der Landschaft leisten. Da die Aufnahmen beim TLS aus einer Höhe von ungefähr 1.2 bis 1.5 Metern über dem Boden gemacht wurden, liegen Bereiche hinter erfassten Objekten im Verborgenen. In den vorliegenden Daten macht sich das vor allem in Gebieten bemerkbar, in denen viele hohe Objekte wie Häuser oder Vegetation vorkommen, aber auch dort wo die Topografie sehr hügelig ist. Die ALS- und die photogrammetrischen Daten dagegen wirken aus dieser Perspektive (Abb. 5.1) sehr gleichmässig und es sind keine Lücken zu erkennen. Die Punktwolken aus den Luftbildern weisen einen leicht verdunkelten Bereich in der rechten Bildhälfte auf. Dieser ist vermutlich auf die Bewölkung während des Aufnahmezeitpunktes zurückzuführen. Allgemein fällt schnell ins Auge, dass die Farbgebung der drei Visualisierungen jeweils unterschiedlich aussieht. Betrachtet man die photogrammetrischen Daten aus näherer Distanz und einer obliquen Perspektive (Abb. 5.2 und Abb. 5.3) wird deutlich, dass diese viel weniger präzise sind, als die beiden LiDAR-Datensätze. Nicht-Boden-Objekte erscheinen verformt und weisen anstelle eigentlich gerader Kanten Wölbungen auf. Aufgrund dieser Eigenschaften wurden die mittels Photogrammetrie erzeugten Punktwolken für die Umsetzung der Visualisierungen nicht weiter berücksichtigt.

Die TLS-Daten erschienen als Grundlagenmodell für die Visualisierung der Rothenfluhler Landschaftsveränderungen aus verschiedenen Gründen als ungeeignet.

Erstens aufgrund der unregelmässigen Scanabdeckung des Gebiets, die bereits angesprochen wurde. Zwar können mit TLS feine Details dreidimensionaler Strukturen aufgenommen werden, wie zum Beispiel die Beschaffenheit eines Ackers oder (je nach Distanz zum Scanner) sogar der einzelnen darauf wachsenden Pflanzen selbst. Eine solche Detailtreue wird mit ALS nicht erreicht. Aufgrund von Okklusion gibt es jedoch einige Bereiche die durch das TLS nicht erfasst wurden, weil sie im Schatten von anderen Objekten liegen. Durch die Überlagerung der Scans kommt es so zu Bereichen mit unterschiedlichen Punktdichten oder Bereichen gänzlich ohne Daten, wenn sie von keiner der Scanpositionen ersichtlich sind (Abb. 5.2).

Zweitens resultieren aus der hohen Punktdichte sehr grosse Datenvolumen. Insgesamt wurden durch das TLS 995 Millionen Punkte aus 42 einzelnen Scans generiert. Um diese in Unity darstellen zu können, müssen sie stark ausgedünnt werden. Ansonsten wird die Bedienung unzumutbar, weil das Programm nur stockend läuft oder ganz abstürzt. Aufgrund der ungleichen Verteilung der Punkte aber verlieren Flächen oder Objekte, die bereits in den Rohdaten durch wenige Punkte dargestellt sind, durch die Reduktion der Datengrösse weiter an Qualität.

Drittens ist in den TLS-Daten zu erkennen, dass die Farbgebung eigentlich einheitlicher Flächen teilweise unterschiedlich erscheint, wenn sie durch mehrere Einzelscans abgebildet wurden. Das liegt an der Heterogenität der Lichtbedingungen, die aufgrund wechselnder Scannerpositionen bei jeder Aufnahme unterschiedlich sind. Einerseits weil sich dadurch der Blickwinkel der Kamera auf eine Fläche ändert, andererseits da sich Sonnenstand und Wetterverhältnisse über die Zeit stetig verändern können.

Viertens weisen die TLS-Daten viele "Blaufehler" auf (Abb. A.10). Diese entstehen aufgrund der zeitlichen Differenz zwischen Laserscanning und Aufnahme der Farbgebung durch die Digitalkamera. Diese ist nicht im Laserscanner selbst integriert und fotografiert erst wenn der Scan abgeschlossen ist. "Blaufehler" treten hauptsächlich bei Vegetation und anderen sich bewegenden Objekten auf, deren Hintergrund aus dem Blickwinkel der Kamera betrachtet, der Himmel ist. Weil sich beispielsweise die Blätter eines Baumes bewegen, kommt es vor, dass die Kamera an der Stelle blauen Himmel fotografiert, an welcher zuvor der Laser auf ein Blatt aufgetroffen ist. Ein ähnlicher Fehler sind sogenannte Airpoints (Abb. A.11). Diese treten vor allem in der Near-Range der Scanpositionen auf. Dabei wird der Laserstrahl von in die Luft aufgewirbelten Staubpartikeln zurückgeworfen, woraus räumliche Fehlinformationen entstehen, die meist in etwa kugelförmig um eine Scanposition verteilt sind. Dieser Fehler lässt sich durch die Anwendung von Filtern oder aber auch durch das manuelle Segmentieren der Punkte entfernen.

Fünftens bezieht sich auf den zusätzlichen Aufwand, der aufgrund der eben beschriebenen Eigenschaften nötig wird. Möchte man diese Fehler berücksichtigen und korrigieren, muss die Korrektur in der Regel manuell erfolgen. Besonders die Änderung von Farbfehlern ist sehr aufwändig, wenn das Resultat realistisch wirken soll. Im Allgemeinen gilt: Je grösser das darzustellende Gebiet ist, desto mehr Arbeit wird für die Aufbereitung der Daten notwendig. Neben der Säuberung kann auch die Registrierung ein aufwändiger Prozess sein, besonders wenn sehr viele Scans registriert werden müssen. Bei der Durchführung des Scannings wurden von jedem Scan die Positionsdaten mittels GPS erfasst. Mithilfe dieser Methode kann die Position jedoch nicht ganz exakt bestimmt werden und es ist zwischen den einzelnen Scans zu einem Versatz von einigen Zentimetern bis Metern gekommen. Deshalb musste die Standardabweichung der Scans zuerst mittels der Funktion *Coarse Registration* in RiSCAN PRO auf ungefähr 7 bis 30 Zentimeter verbessert werden. Mit der Funktion *Multi-Station-Adjustment* konnte dieser Wert in den meisten Fällen auf eine Abweichung von 1 bis 3 Zentimetern reduziert werden. Diese Verfahren müssen manuell für jeden einzelnen Scan durchgeführt werden und erfordern bei 42 einzelnen Scans entsprechend viel Arbeitszeit. Zwar gibt es automatisierte Methoden, um diese Registrierung nicht manuell machen zu müssen. Diese funktionieren sehr gut in Innenräumen oder urbanen Gebieten – überall dort, wo viele Kanten und scharfe Geometrien zu finden sind, denn die sind für die Algorithmen einfacher zu erkennen und zu vergleichen. In natürlichen Landschaften und besonders in Wäldern aber, funktioniert die automatische Registrierung entsprechend weniger gut. Dem lässt sich aber mit einer guten Vorausplanung der Scanpositionen und dem Einsatz von Zielmarkentafeln entgegenwirken, die in den Scans als einfach zu unterscheidende Objekte dienen.

Aufgrund dieser Punkte wurde relativ schnell klar, dass die TLS-Daten nicht zur Veränderung der Landschaftsflächen eingesetzt werden würden. Es wurde zwar versucht die TLS-Daten aufgrund ihrer hohen Punktdichte für die Darstellung von Objekten zu nutzen. Sie können oftmals Informationen über vertikale Flächen wie z.B. Häuserfassaden liefern, die aufgrund des Blickwinkels für das ALS-System verborgen geblieben sind (Abb. 5.3). Bei der Erstellung der Visualisierungen für die Expertenrunde wurden die TLS-Daten deshalb eingesetzt, um Elemente der Siedlung, der landwirtschaftlichen Infrastrukturen oder der Vegetation darzustellen. Nach den Erfahrungen aus dem ersten Teil des Visualisierungsprozesses wurden jedoch auch die TLS-Daten komplett ausgemustert. Denn es hat sich gezeigt, dass sie sich von den ALS-Daten abheben und deswegen leicht unnatürlich aus dem Landschaftsbild hervorstechen. Stattdessen wurde auf einen Ansatz gesetzt, der alleine auf Basis von ALS-Daten realisierbar ist.

Die ALS-Daten erwiesen sich in Sachen Datenvolumen, Regelmässigkeit der Punkteverteilung und Homogenität der Farbgebung als die geeignetste Option, um grossflächige Landschaftsveränderungen realisieren zu können. Ausserdem müssen sie nicht selbst generiert werden, sondern können unentgeltlich über die kantonalen Geodaten-Portale heruntergeladen werden. Zudem sind sie bereits registriert, gesäubert und sogar in Kategorien wie Boden, Nicht-Boden, Vegetation und Gebäude unterteilt.

Die 25 einzelnen Kacheln des ALS-Datensatzes enthalten insgesamt ungefähr 290 Millionen Punkte. Da sie mit schrägem Einfallswinkel aus der Luft aufgenommen wurden, gibt es nur wenig Schattenwürfe und die Punkte sind sehr gleichmässig verteilt. Jedoch sind auf Grund der Perspektive Häuserfassaden oder auch Stämme von Bäumen oftmals nicht sichtbar, da sie vom Dach beziehungsweise der Baumkrone verdeckt werden (Abb. 5.3). Dies konnte jedoch vernachlässigt werden, denn das Siedlungsgebiet war in den Visualisierungen nur aus der Vogelperspektive oder der Distanz zu sehen. Bezüglich den Bäumen hat sich gezeigt, dass sie trotz oftmals fehlender Stämme realistisch wirken, da sie durch die Krone deutlich wiedererkennbar sind.

Durch die gleichmässige Verteilung der Punkte ergeben sie ein angenehmes und realistisch anmutendes Abbild der Landschaft. Über das ganze Gebiet betrachtet, wird mit ALS eine bessere Abdeckung der Landschaft und ein visuell schöneres Resultat erzielt, als durch TLS. Obwohl das Gebiet im Vergleich durch deutlich weniger Punkte repräsentiert wird. Die regelmässige Punktverteilung ist zudem eine gute Ausgangslage für das Ausdünnen der Scans. So konnte das Volumen der ALS-Daten um den für die Integration in Unity notwendigen Faktor verringert werden, während gleichzeitig in allen Bereichen der Scans zufriedenstellende visuelle Ergebnisse erreicht werden konnten. Auch hier sind die ALS-Daten mit Blick auf die weitere Verarbeitung in Unity gegenüber den TLS-Daten im Vorteil. Da sie insgesamt aus weniger Punkten bestehen, muss das Datenvolumen prozentual vergleichsweise weniger reduziert werden, um eine akzeptable Performanz in der Unity Engine zu erreichen. Das ermöglicht es eine Punktdichte beibehalten zu können, die visuell zu einem guten Ergebnis führt.

Aus den vorgebrachten Argumenten wurde die Entscheidung abgeleitet einen Workflow zu entwickeln, der alleine auf den ALS-Daten basiert. Im nächsten Abschnitt wird dargelegt, wie dieser aufgebaut ist.





ABB. 5.1: Datenvergleich ALS, TLS und Photogrammetrie: Übersicht - Visualisiert in CloudCompare



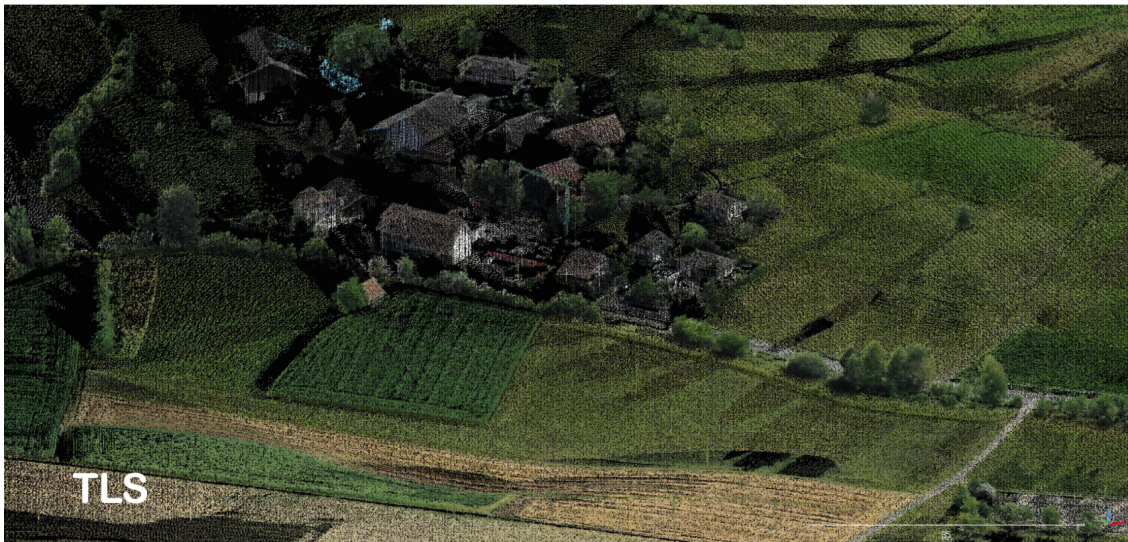


ABB. 5.2: Datenvergleich ALS, TLS und Photogrammetrie: Ausschnitt Säge - Visualisiert in CloudCompare



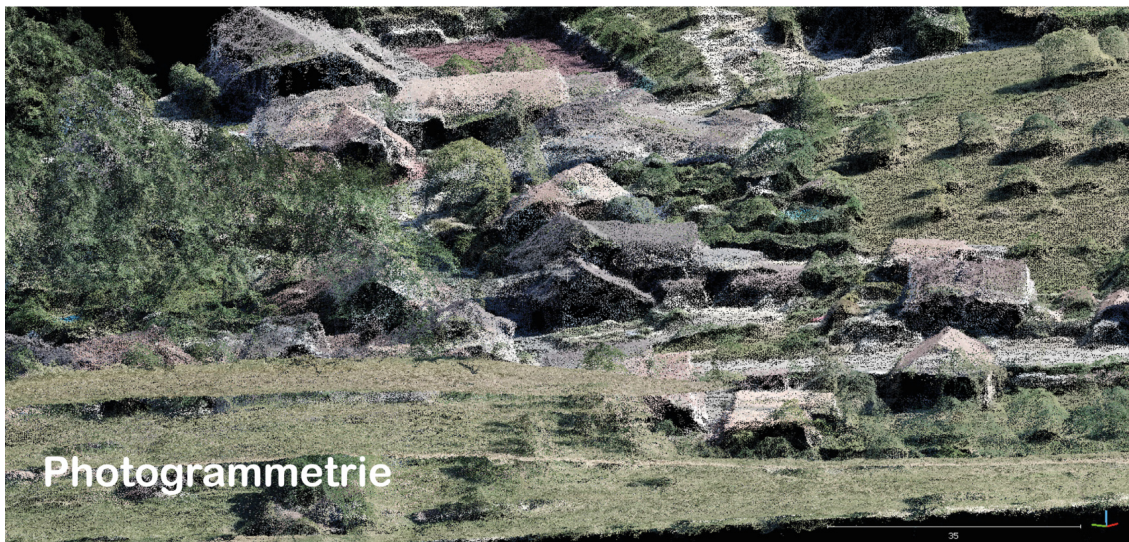
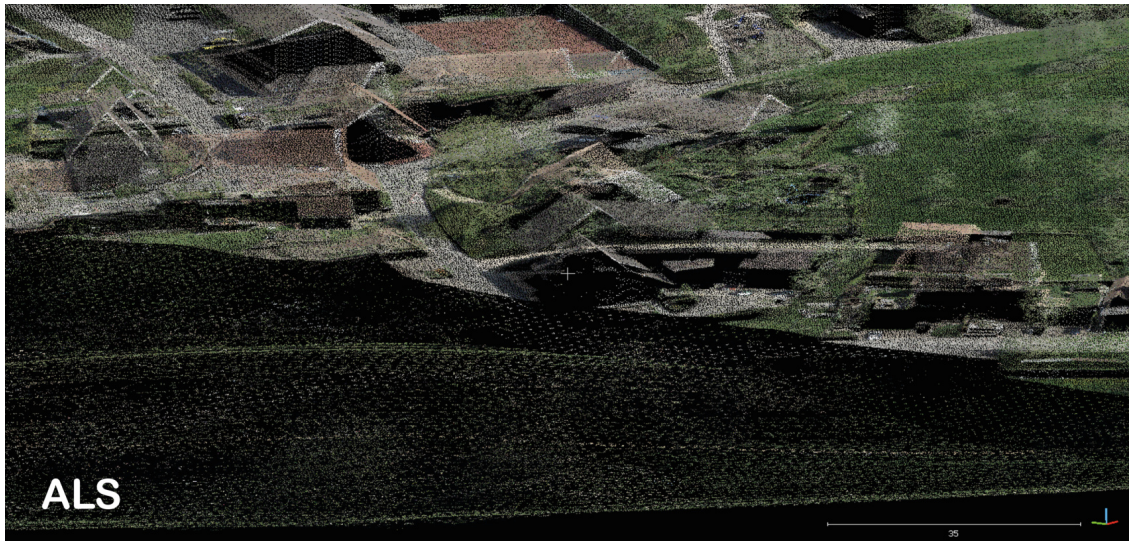


ABB. 5.3: Datenvergleich ALS, TLS und Photogrammetrie: Ausschnitt Dorf - Visualisiert in CloudCompare



## 5.2 Workflow zum Erstellen der Visualisierungen

Der Visualisierungsansatz, wie er in der vorliegenden Arbeit entwickelt wurde, wird in diesem Abschnitt beschrieben. An dieser Stelle wird nicht chronologisch abgehandelt, wie während des Prozesses vorgegangen wurde. Denn zu Beginn der Arbeit war nicht klar, welche Daten verwendet werden, wie diese genau verarbeitet und visualisiert werden sollen und zudem lagen nur wenig Kenntnisse über die softwarebedingten Möglichkeiten vor. Die Erarbeitung der Methode folgte den Prinzipien *learning by doing* und *trial and error*, wobei bestimmte Lösungswege zum Teil erst in späteren Prozessphasen gefunden wurden. Nicht nur einmal musste bei einem früheren Schritt etwas geändert und in der Konsequenz, alle darauffolgenden Aufgaben noch einmal ausgeführt werden. Der im Folgenden definierte Ablauf fasst also die einzelnen Verfahrensschritte der Visualisierungsmethode zusammen, wie sie nacheinander durchgeführt werden sollten.

### 5.2.1 Vorbereitung

#### Testimport

Nachdem festgelegt war welche Kacheln für die Visualisierung verwendet werden sollten, wurden diese in die Unity Game Engine geladen. Dies war nötig um abschätzen zu können, in welchem Masse das Volumen der verwendeten Daten verringert werden musste (*Thinning*), damit a) eine akzeptable Perfomanz gewährleistet war und b) die Leistungsgrenze von Unity nicht überfordert und ein Absturz des Programms vermieden werden konnte. Der testweise Import der Daten in Unity und das im nächsten Abschnitt erklärte *Thinning* ist ein iterativer Prozess, der solange wiederholt werden musste, bis das Datenvolumen auf eine geeignete Grösse reduziert worden war.

#### Thinning

Für das Ausdünnen der Punktwolken wurden die entsprechenden Funktionen in CloudCompare sowie LIS Pro 3D miteinander verglichen. In CloudCompare gibt es das Tool *Subsampling*, das jeweils mit der Methode *Random* und *Space* ausgeführt wurde. Bei ersterer lässt sich als Zielgrösse die gewünschte Anzahl Punkte definieren, die erhalten bleiben werden soll. Bei der Methode *Space* wird der minimale Abstand festgelegt, den benachbarte Punkte zueinander haben müssen. In LIS Pro 3D wird die Funktion *3D Block Thinning (PC)* für die Dezimierung der Punktwolken genutzt. Dabei können folgende Parameter definiert werden: *Method Thinning*, *Horizontal Spacing*, *Vertical Spacing* und *Method Baseline*. Unter *Method Thinning* wurde *nearest* ausgewählt. Die Parameter *Horizontal* und *Vertical Spacing* bestimmen wie stark der betreffende Scan ausgedünnt wird. Diese sollten den gleichen Wert haben, damit das *Thinning* gleichmässig durchgeführt wird. Unter *Method Baseline* wurden die Optionen *lowest in block* und *user* getestet.

Für den Vergleich wurde eine Kachel der ALS-Daten mit insgesamt 7'092'031 Punkten mit den vier verschiedenen Methoden ausgedünnt. Für das hier gezeigte Beispiel wurde in LIS Pro 3D der Parameterwert 0.7 für das *Vertical* und das *Horizontal Spacing* gewählt, um die Berechnungen durchzuführen. Daraus resultierte für die Methode *lowest in block* eine Punktwolke mit 675'572 und für die Methode *user* mit 775'477 Punkten.

Dem Ergebnis aus der *lowest in block* Methode entsprechend wurde für das *Subsampling* in CloudCompare mit der Methode *Random* ein Zielwert von 675'572 Punkten festgesetzt. Für die Methode *Spacing* wurde der Wert solange angepasst bis das Resultat mit einer Abweichung kleiner als 0.25% demjenigen aus der *lowest in block* Methode entsprach. Hier führte der Wert von 0.562 für den Parameter *Space* zu einer Reduktion auf 674'030 Punkte. Der Vergleich der Funktionen zeigt, dass die Resultate aus dem *Subsampling* in CloudCompare mit der Methode *Space* mit denjenigen aus dem *3D Block Thinning (PC)* mit der Methode *lowest point in block* in LIS Pro 3D einer visuellen Beurteilung nach ungefähr deckungsgleich sind (Abb. 5.6).



### Workflow zur Erstellung von Videos aus ALS Punktwolken-Daten

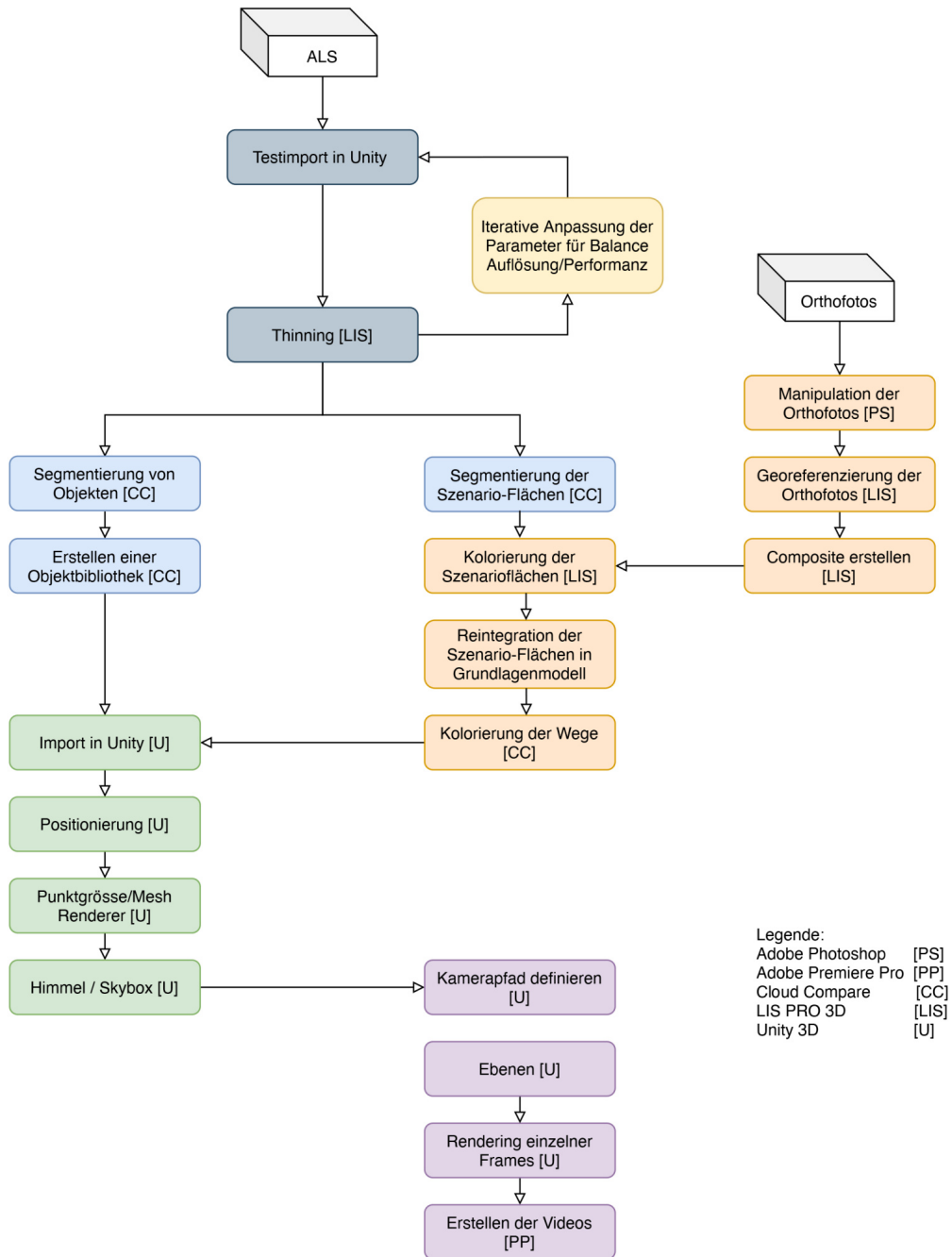


ABB. 5.4: Übersicht über den Workflow



ABB. 5.5: Ausgangsdatei für die Datenreduktion

Beide führen zu einer regelmässigen Verteilung der Punkte. Jedoch sind bei den Daten aus der *Subsampling* Methode schwache Streifenmuster zu erkennen, während das *3D Block Thinning (PC)* durchgängig gleichmässig erscheint.

Die Methode *user* in LIS Pro 3D resultiert ebenfalls in einer gleichmässigen Verteilung der Punkte, führt jedoch zu Moiré-Effekten entlang der topografisch bedingten Höhenunterschiede. Die Methode *Random* in CloudCompare führt nicht zu einer Homogenisierung der Punktdichte und ist somit nicht geeignet für die Anwendung im hier verfolgten Visualisierungsansatz.

In diesem Workflow wurde die Prozessierung der Daten mit der Methode *lowest in block* in LIS Pro 3D durchgeführt, da sie die besten Ergebnisse hinsichtlich gleichmässiger Punktverteilung liefert. Die Software kann ausserdem effizienter eingesetzt werden als die Funktionen in CloudCompare, da die definierten Parameter für die subsequente Anwendung auf einzelne Dateien in LIS Pro 3D jeweils übernommen werden. Vor allem wenn viele Punktwolken prozessiert werden müssen, kann das zeitsparend sein. Im Gegensatz dazu müssen die Parameter in CloudCompare für jedes *Subsampling* neu eingestellt werden.

Wie alle anderen Techniken der computergestützten 3D-Visualisierung unterliegt auch die Verarbeitung von Punktwolken Daten dem Dilemma zwischen Performanz und Realitätstreue abwägen zu müssen (M. Vetter, 2019). Nachdem die geeignetste Methode für das *Thinning* gefunden wurde, ging es darum die Parameter so zu wählen, dass die Datenmenge auf eine Grösse reduziert werden konnte, die von Unity unterstützt wird. Gleichzeitig sollte eine möglichst hohe Punktdichte beibehalten werden, um eine realistische Abbildung der Umgebung gewährleisten zu können. Die Wahl der Parameter sollte also davon abhängig gemacht werden, wie gross die abzubildende Szene ist, wieviele Daten in die Szene integriert werden und wie viel Rechenleistung zur Verfügung steht.

Nach verschiedenen Tests mit unterschiedlichen Werten in *Horizontal* und *Vertical Spacing* von 0.1 bis 1.0 wurde für dieses Projekt der Wert 0.7 festgelegt. Damit wurde die totale Anzahl Punkte von etwa 290 Millionen auf ungefähr 60 Millionen reduziert.



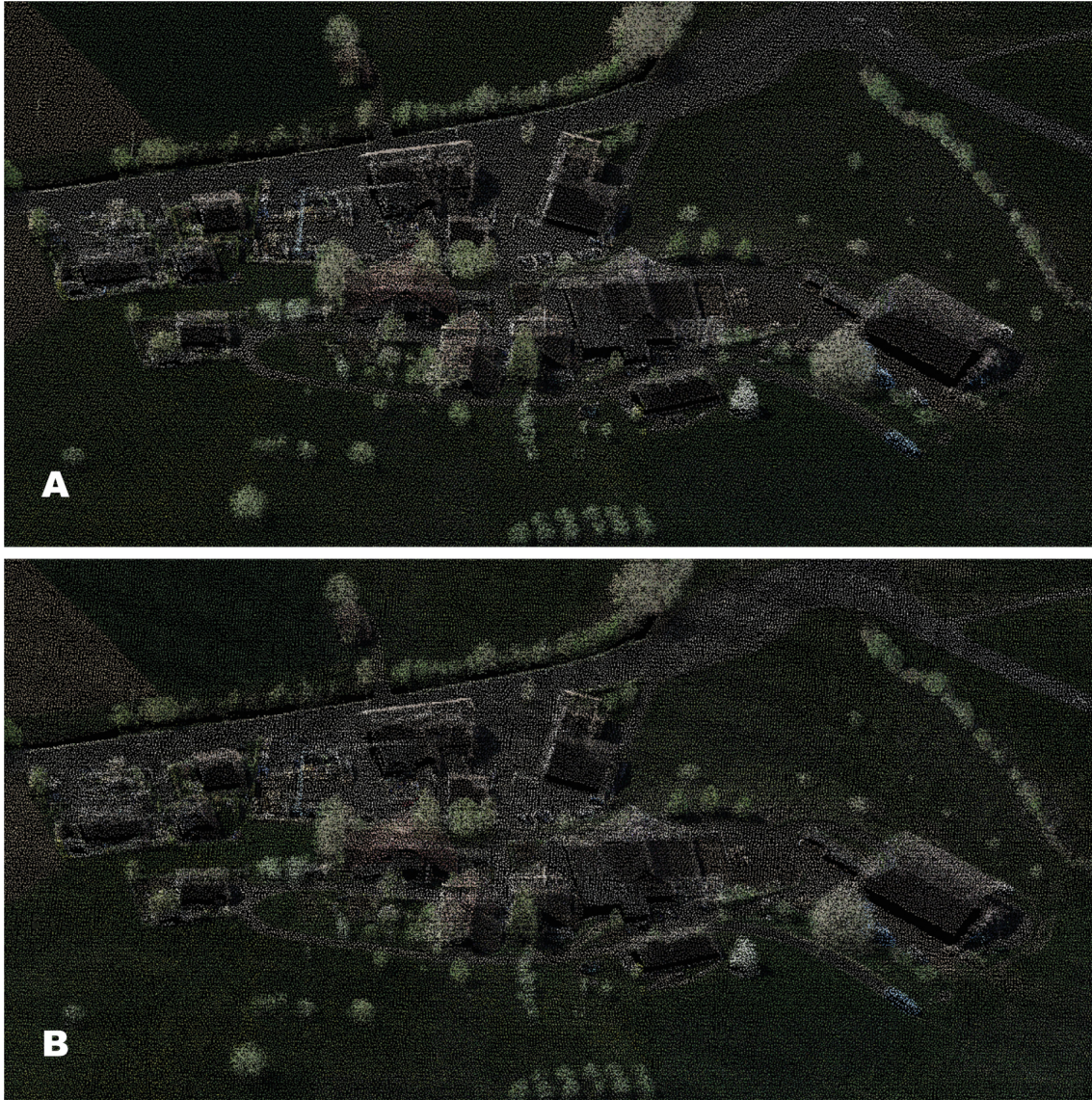


ABB. 5.6: A: Resultat des *3D Block Thinning* aus LIS Pro 3D, Methode *lowest in block*. B: Resultat des *Subsamplings* aus CloudCompare, Methode *Space*.

### 5.2.2 Segmentierung

Nachdem die Punktdichte der ALS-Daten gemäss den Anforderungen des Projekts reduziert wurde, war der nächste Schritt die Segmentierung von a) Flächen, die für die Szenarien verändert und b) Objekten wie Bäume, Hecken oder Gewächshäuser, die in das Modell eingesetzt werden mussten. Die Segmentierung der Flächen ist notwendig, damit sie später durch das Manipulieren von Orthofotos wie gewünscht koloriert werden können. Die Segmentierung von Objekten dient der Vorbereitung einer Auswahl von Landschaftselementen, auf die dann bei der Komposition der verschiedenen Szenarien zurückgegriffen werden kann.

Für die Segmentierung wurde das Tool *Segment* in CloudCompare verwendet. Damit können ganz einfach Bereiche markiert und segmentiert werden. Die markierten Punkte müssen dann als .las-Dateien exportiert werden, um sie in Unity zu Meshes konvertieren zu können. Bei der Arbeit in CloudCompare allgemein sollte berücksichtigt werden, dass das Programm über keine Funktion verfügt, um Aktionen wieder rückgängig machen zu können. Deswegen sollte immer eine Kopie erstellt werden, bevor eine Punktwolke manipuliert wird.



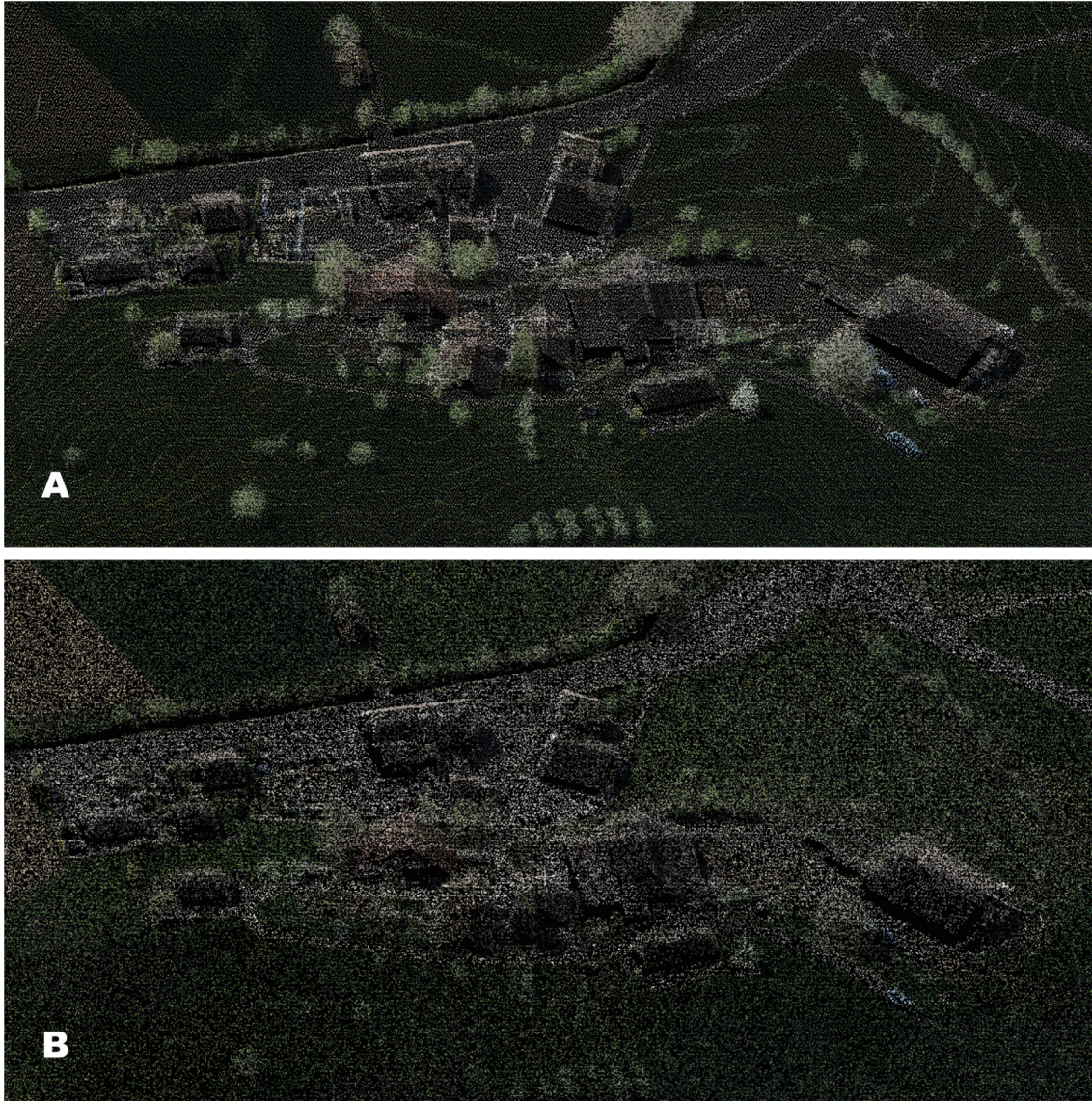


ABB. 5.7: A: Resultat des *3D Block Thinning* aus LIS Pro 3D, Methode *user*. B: Resultat des *Subsamplings* aus CloudCompare, Methode *Random*.

### Erstellen einer Objektbibliothek

Die folgende Auflistung (Tab. 5.1) gibt eine Übersicht über die Elemente, die segmentiert und in die Objektbibliothek eingegliedert wurden. Von den Einzelementen wurden jeweils verschiedene Variationen abgespeichert, um durch eine abwechslungsreiche Komposition dieser Elemente eine möglichst realistische Visualisierung erstellen zu können. Die segmentierten Landschaftselemente wurden aus den ALS-Daten von Rothenfluh entnommen. Es wurden aber auch zusätzlich Daten aus dem Gemeindegebiet von Oberwil und Therwil herbeigezogen, um Elemente zu segmentieren, die im heutigen Rothenfluh nicht vorkommen, wie beispielsweise die Gewächshäuser.

Nach der Integration in Unity wurden die Objekte übersichtlich angeordnet, so dass für die Ausgestaltung der Szenariovisualisierungen schnell und einfach auf sie zugegriffen werden konnte. Das nachfolgende Beispiel in Abbildung 5.8 zeigt wie die gesammelten Objekte für die Darstellung von Vegetation in Unity bereitgestellt wurden. Während der Umsetzung der Visualisierungen wurden je nach Bedarf weitere Varianten von Bäumen, Hecken oder anderen Elementen gesammelt und zu der Bibliothek hinzugefügt.

Vegetation	Baum Waldstück Hecke Krautsaum Hochstamm-Obstbaum
Landwirtschaftliche Infrastrukturen	Hofgebäude Gewächshaus Gemüse-Tunnel Hors-Sol
Siedlung	Siedlungsteil Einzelhaus

TAB. 5.1: Übersicht über die Elemente der Objektbibliothek

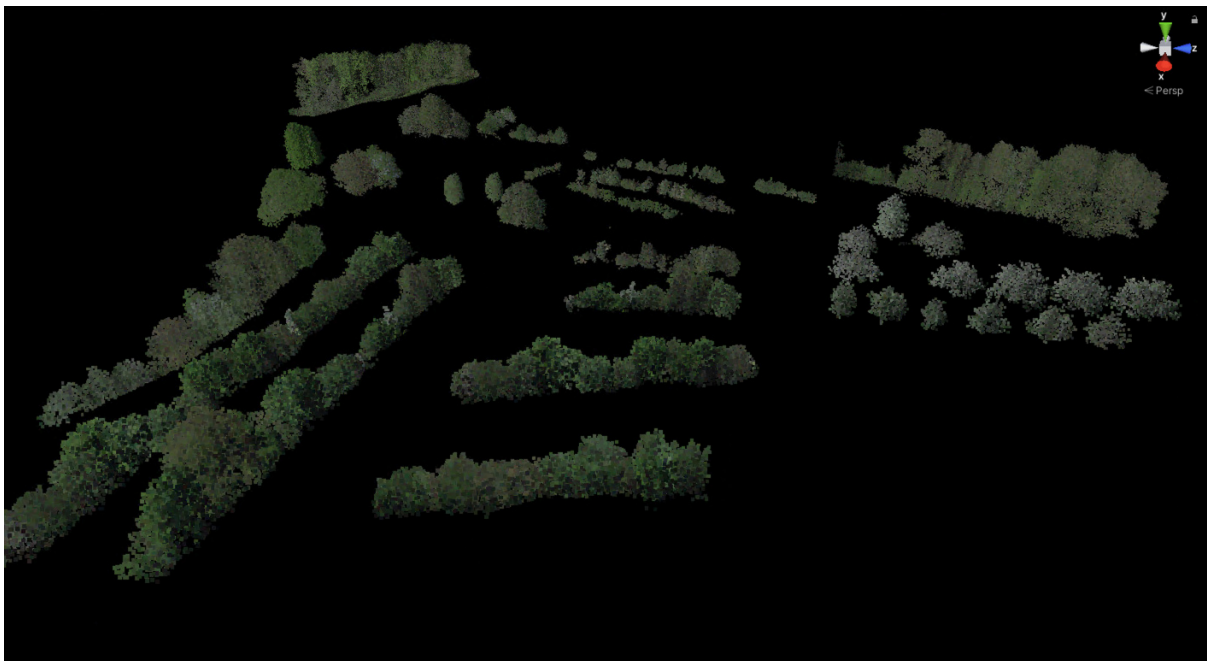


ABB. 5.8: Objektbibliothek: Vegetation

### Erstellen der Szenario-Flächen

In diesem Schritt wird das Grundgerüst der Szenariovisualisierungen erstellt. Durch die Segmentierung der Flächen wird die Neuordnung der Parzellenstrukturen vorbereitet. Ebenfalls werden in diesem Schritt Objekte aus den Punktwolken entfernt, die in einem bestimmten Szenario nicht mehr Teil der Landschaft sind, wie zum Beispiel freistehende Hochstammobstbäume in Szenario C. Diese Arbeiten werden auf Grundlage der angefertigten Planskizzen durchgeführt. Die darauf eingezeichnete Festlegung der Parzellenordnung wurde aber teilweise auch noch spontan abgeändert.

Bei der Entfernung von Objekten aus Punktwolken, muss gegebenenfalls die Farbgebung des darunterliegenden Grundes korrigiert werden. Wird beispielsweise ein Baum segmentiert, werden darunterliegende Bodenpunkte sichtbar. Da diese in der Regel ähnliche Farbwerte wie der entfernte Baum besitzen und zudem dessen Schatten sichtbar wird, bleibt eine unnatürlich erscheinende Bodenfläche zurück.



In CloudCompare ist die Änderung der Farbgebung über *Edit* -> *Colors* -> *Set unique* möglich. Jedoch kann auf eine Auswahl von Punkten nur eine Farbe angewendet werden. Bei der Kolorierung grösserer Flächen erscheint die Punktwolke aufgrund ihrer uniformen Farbgebung unrealistisch und fällt im Kontext des Landschaftsbildes sofort auf. Da es sich bei der Korrektur von Baumschatten aber jeweils nur um kleine Flächen handelt, konnte sie auf diese Weise vorgenommen werden und zufriedenstellende Ergebnisse liefern (Abb. A.12 bis A.14).

Die Kolorierung der Flächen wird in LIS Pro 3D durchgeführt. Dort können Farbwerte von Orthofotos (.tiff-Dateiformat) auf Punktwolken mit der ihnen entsprechenden Georeferenzierung übertragen werden. Das setzt die Segmentierung der Punktwolkenflächen voraus. Diese werden als .las-Dateien aus CloudCompare exportiert, um sie in LIS Pro 3D verarbeiten zu können. Bei der Vorbereitung der Daten in CloudCompare gilt es die Datenstruktur der ALS-Kacheln und der Orthofotos zu beachten, um Fehler bei der Färbung der Punktwolken in LIS Pro 3D zu vermeiden. Beide Datensätze sind entlang der gleichen Koordinatenachsen aufgeteilt, wobei jeweils vier ALS-Kacheln von einem Orthofoto abgedeckt werden. Bei der Segmentierung von Punkten in CloudCompare bleibt die ursprüngliche Datei ohne den markierten Bereich zurück und die ausgeschnittene Punktwolke wird in eine eigene Datei gespeichert. Dehnt sich eine segmentierte Fläche über mehrere Scans aus, entstehen entsprechend viele neue einzelne Dateien.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass Flächen aus unterschiedlichen ALS-Kacheln nach der Segmentierung nicht in eine Datei zusammengeführt werden sollten, wenn sie sich mit verschiedenen Orthofotos überschneiden. Bei der Prozessierung in LIS Pro 3D werden die Farbwerte der .las-Datei mit denjenigen des Orthofotos an den entsprechenden Koordinaten überschrieben. Lügen dabei Teile der einzufärbenden Punktwolke ausserhalb des durch das Orthofoto abgedeckten Bereichs, gäbe es für diese keine Farbinformationen und sie würden schwarz ausgegeben.

### 5.2.3 Kolorierung

#### Kolorierung der Szenario-Flächen

Nachdem alle benötigten Flächen vorbereitet waren, musste für jede einzelne Punktwolke das sich damit überschneidende Orthofoto identifiziert werden. Die Bearbeitung der Orthofotos wurde in Adobe Photoshop durchgeführt. In den verfügbaren Daten wurden geeignete Bewirtschaftungsflächen gesucht, um deren Farbkompositionen auf die segmentierten Punktwolken zu übertragen. Mithilfe des Kopierstempels wurden die Orthofotos jeweils an denjenigen Stellen manipuliert, die mit den ausgeschnittenen Flächen der .las-Dateien überlappend waren.

Durch die Bearbeitung der .tiff-Dateien in Photoshop wird die Georeferenzierung gelöscht. Diese kann in LIS wiederhergestellt werden, indem die Raster-Koordinaten der originalen Orthofotos auf die manipulierten Orthofotos übertragen werden. Dafür steht unter *Projection* -> *Georeferencing* die Funktion *Define Georeference for Grids* zur Verfügung. Als Output resultieren Band 1, Band 2 und Band 3, welche die RGB Werte des Rasters beinhalten. Aus den nun wieder georeferenzierten R, G und B Informationen wurde mit der Funktion *RGB Composite* unter *Visualization* -> *Grids* ein *Composite* erstellt, das die vereinten RGB-Informationen des Rasters enthält. Um die Punktwolken dann mit den Farbwerten des *Composites* zu kolorieren, wurde das Werkzeug *Assign RGB values from Grid* benutzt, das unter *LASERDATA LiS* -> *Colorize* zu finden ist.

#### Reintegration in das Grundlagenmodell

Die eingefärbten Szenarioflächen wurden wieder im .las-Format aus LIS Pro 3D exportiert und in CloudCompare geladen. Dort wurden sie mithilfe der Funktion *Merge* mit den Kacheln zusammengeführt, aus denen sie ursprünglich entnommen wurden. Dieser Schritt ist vorteilhaft, um für die spätere Komposition in Unity mit einer überschaubaren Zahl einheitlicher geformter Objekte (Meshes) arbeiten zu können.

## Kolorierung der Wege

Im letzten Schritt der Kolorierung wurden die neuen Wege eingefügt, beziehungsweise die bestehenden verbreitert. Dieser Schritt wurde wieder mit dem Befehl *set unique* in CloudCompare ausgeführt. Die uniforme Färbung der Wegpunkte kann für diesen Arbeitsschritt akzeptiert werden. Als gebaute Strukturen erscheinen sie auch in der Realität farblich eher homogen als beispielsweise eine Wiese. Die schmale Form führt ebenfalls dazu, dass die regelmässige Farbgebung nicht störend auffällt. Für den angestrebten Realitätsgrad der Visualisierungen zumindest, wurde diese Methode als geeignet befunden.

### 5.2.4 Komposition

#### Import in Unity

Damit die Punktwolken in Unity zu Meshes umgewandelt werden können, müssen die .las-Dateien in den *Assets* Ordner des Unity Projektes gespeichert werden. Mithilfe der Funktion *Convert Point Cloud To Unity Meshes* des Plug-ins Point Cloud Viewer and Tools (2021) können diese dann als Meshes in die Unity Engine importiert werden. Denn Unity nutzt sogenannte *Vertices* (*Verts*) und *Triangles* (*Tris*), um 3D-Objekte darstellen zu können. Wie flüssig das Rendering läuft (mit wie vielen Frames pro Sekunde), hängt massgeblich davon ab, wie viele *Verts* und *Tris* im jeweiligen Bildausschnitt vorhanden sind. Eine genauere Ausführung und weiterführende Informationen sind im Unity User Manual zu finden (Unity Technologies, 2021).

Wichtig zu beachten ist beim Import der Daten also, durch wie viele *Vertices* ein einzelnes Mesh dargestellt wird. Unter der Einstellung *Vertices per mesh* kann dieser Parameter beim Import der Daten eingestellt werden. Unterschreitet dieser Wert die für die Darstellung aller Punkte des zu importierenden Objektes benötigte Anzahl an *Vertices*, dann erstellt Unity so viele einzelne Meshes, wie für die Darstellung der Punktwolke nötig. Für den Import der Kacheln wurden die Punktwolken mit 1 Million Vertices pro Mesh importiert. Daraus resultierten zwischen 1 bis 6 Meshes pro Kachel.

Beim Import der segmentierten Objekte wurde darauf geachtet, die Anzahl Vertices so zu wählen, dass jede Punktwolke nur durch ein einzelnes Mesh dargestellt wurde. Das erleichterte später die Positionierung der ganzen Elemente, da man sie im Editor einfach anklicken konnte um sie auszuwählen. Wird eine Punktwolke aus mehreren Meshes repräsentiert, würde man mit einem Klick nur ein Fragment des eigentlichen Objektes auswählen.

#### Positionierung

Zuerst wurden die 25 Kacheln als Grundlage für die Szenariovisualisierungen aneinander gefügt. Dafür kann die Georeferenzierung der ALS-Daten in Unity übertragen werden, um sie optimal auszurichten. Dabei ist zu beachten, dass die Achsen in Unity nicht gleich dem kartesischen Koordinatensystem ausgerichtet, sondern die Y-Achse und die Z-Achse vertauscht sind.

Da obschon der Georeferenzierung teilweise ein kleiner Versatz zwischen den Kacheln aufgetreten ist (vermutlich aufgrund der bisherigen Bearbeitung der Daten), wurden die Flächen manuell positioniert. Mit den Tools *Move*, *Rotate* und *Scale* lassen sich Objekte ganz einfach verschieben, drehen oder auch vergrössern beziehungsweise verkleinern.

Nach der Platzierung der Kacheln wurden die Objekte aus der vorbereiteten Sammlung eingesetzt, um den Szenariovorgaben entsprechend die Vegetation zu gestalten und die Landwirtschafts- und Siedlungsinfrastrukturen zu platzieren. Die benötigten Objekte aus der bereitgestellten Sammlung wurden dupliziert und mit den bereits erwähnten Werkzeugen an den gewünschten Stellen platziert.

## Wahl des Mesh Renderer

Für das Rendering der Punktwolken-Meshes in Unity musste ein Shader ausgewählt werden, der die RGB Informationen der Punkte darstellen kann und es zudem zulässt, ihre Erscheinungsgrösse zu manipulieren. Dafür wurde der Shader *Custom/PointMeshSizeDX11QuadOffset* gewählt. Dieser stellt die Punkte als Quadrate dar und ermöglicht es, die vorgängig beschriebenen Einstellungen vorzunehmen.

## Skybox / Hintergrund

Um das Landschaftsmodell realistischer wirken zu lassen, wurde nach einem Weg gesucht, um den Himmel darzustellen. Denn die Standardfarbe des Hintergrundes in Unity ist schwarz. Dafür gibt es die Möglichkeit eine vorgefertigte Skybox einzusetzen. Eine Skybox wird verwendet, um die Szenerie zu simulieren, welche die erstellte Unity-Szene umgibt. So kann zum Beispiel die Bewölkung des Himmels (Abb. 5.10) oder eine Sonnenuntergangsstimmung dargestellt werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde jedoch darauf verzichtet. Denn die Skybox generiert einen Horizont, der in gewissen Kameraeinstellungen sichtbar wird und wirkt so irritierend bei der Betrachtung des Modells. Stattdessen wurde die Farbe des Hintergrundes verändert und ein heller Blauton gewählt, um den Himmel zu repräsentieren (Abb. 5.9).

Darstellungsmöglichkeiten des Hintergrundes



ABB. 5.9: Hintergrundfarbe



ABB. 5.10: Skybox

## Ebenen

Weil die Punktwolken keine deckende Fläche ergeben, wurden dunkle Ebenen unterhalb der Landschaft platziert, damit die blaue Hintergrundfarbe auf den Renderings nicht zwischen den einzelnen Punkten sichtbar ist (Zum Vergleich Abb. 5.11 und 5.12). Es genügt dabei die Ebenen so zu platzieren, dass diejenigen Bereiche abgedeckt sind, die im Sichtfeld der Kamera liegen.

### 5.2.5 Rendering und Finalisierung

Aus den fertigen Szenariomodellen wurden im nächsten Schritt einzelne Frames im Format *.tiff* aus Unity exportiert. Diese wurden in Premiere Pro als Bildsequenz importiert und dort für den finalen Export im Video-Format weiterverarbeitet. Damit in den Videos die relevanten Bereiche des 3D-Landschaftsmodells gezeigt und auch in einer wünschenswerten Perspektive wiedergegeben werden, musste eine Kamerafahrt animiert werden. Das notwendige Setup der Kamera für das Rendering und das anschliessende Erstellen der Videos wird im Folgenden beschrieben.



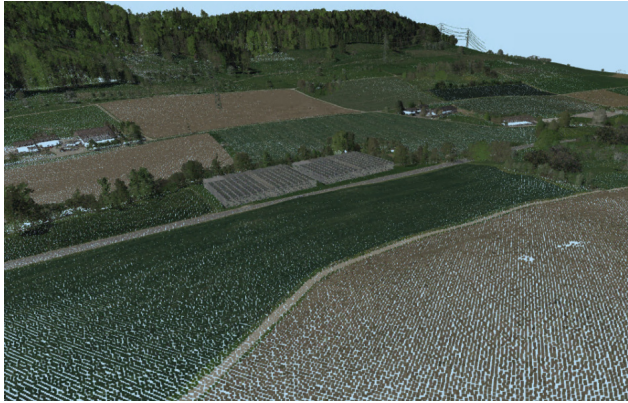


ABB. 5.11: Kamerabild ohne Ebenen

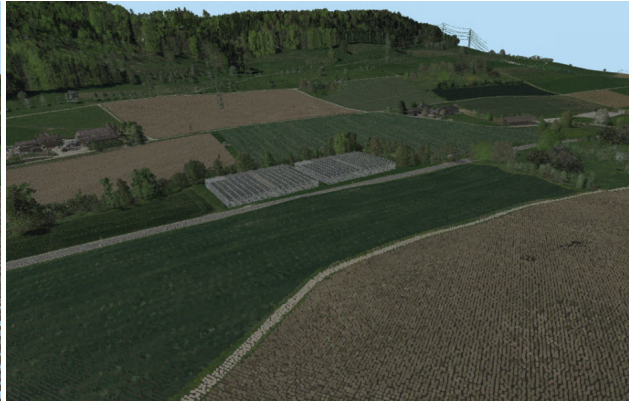


ABB. 5.12: Kamerabild mit Ebenen

## Kamerapfad und Rendering

Damit Bilder aus Unity exportiert werden können, muss zuerst eine *Camera* als *Game Object* erstellt werden, die wie in physischer Form als Aufnahmegerät dient. Um diese im Modell bewegen zu können, muss die Komponente *Animator* an die Kamera angeheftet werden. Der Einstellung *Controller* wird die erstellte *Camera* zugewiesen, deren Bewegung im Raum nun animiert werden kann. Ist die Kamera in der *Hierarchy* ausgewählt, können nun einzelne Keyframes gesetzt werden, welche die Positionsinformationen der Kamera zum Zeitpunkt des jeweiligen Frames enthalten. Um Positionsinformationen zu speichern, muss zuerst im Fenster *Animation* der entsprechende Keyframe (oder die Stelle, an welcher der nächste Keyframe platziert werden soll) ausgewählt werden. Mit dem Knopf *Enable/disable keyframe recording* kann der Aufnahmemodus gestartet und nach erfolgter Positionierung der Kamera wieder gestoppt werden. Ist das *Recording* aktiviert, kann die Kamera verschoben und rotiert werden, bis eine zufriedenstellende Einstellung festgelegt wurde. Ist diese Einstellung gefunden, werden die Position und die Orientierung der Kamera durch Beenden des *Recordings* auf den entsprechenden Keyframe überschrieben. Unter der Option *Field of View* wurde der Wert 60 gewählt. Dieser Parameter kontrolliert den Winkel des Kamerasischtfeldes. Die Geschwindigkeit mit der sich die Kamera durch das Modell bewegt, wird demnach definiert durch die räumliche Distanz der Kamerapositionen zweier aufeinanderfolgender Keyframes in Relation zum (zeitlichen) Abstand dieser beiden Keyframes zueinander.

Um die einzelnen Frames als .tiff-Dateien zu exportieren, wurde ein Script verwendet, das von Matthias Vollmer zur Verfügung gestellt wurde (unbekannt, n. d.). Mit dem Play-Knopf im Editor wird das Rendering der Kamerafahrt gestartet und die .tiff-Dateien in den Zielordner exportiert.

## Erstellen des Videos

Die einzelnen Frames der vier verschiedenen Szenariovisualisierungen wurden als Bildsequenzen in Premiere Pro importiert. Daraus resultierten Videos mit je 2 Minuten und 10 Sekunden Länge. Diese wurden editiert, um ihre Gesamtlänge zu verkürzen und nur die wichtigsten Perspektiven zu zeigen. Unter Berücksichtigung des zeitlich straff geplanten Programms der Workshops wurde entschieden, eine Gesamtlänge von ungefähr 1 Minute und 20 Sekunden zu erreichen.

Zusätzlich wurde eine kurze Übersicht der Szenarien aus Standbildern der vier verschiedenen Visualisierungen zusammengestellt. Diese wurden in den Breakout-Rooms während des Workshops genutzt, um den Teilnehmenden in kurzer Zeit nochmals einen Überblick über die Visualisierungen zu geben. Aufgrund der hohen Informationsdichte des Workshops war diese Übersicht als zusätzliches Mittel zur Orientierung erstellt worden. Dafür wurde eine Perspektive auf die Landschaft gewählt, in der möglichst viele der in den Szenarien veränderten Landschaftselemente sichtbar sind. Das Übersichts-Video dauert 24 Sekunden.

## 5.3 Erkenntnisse aus dem Visualisierungsprozess

### 5.3.1 Performanz

Bei der Umwandlung der Punktwolken zu Unity Meshes, spielt es für die Performanz eine grosse Rolle, durch wie viele *Vertices* ein Mesh maximal dargestellt werden darf. Dieser Wert sollte nicht zu klein definiert werden, denn ansonsten werden sehr viele Meshes generiert. Wird eine einzelne Punktwolke durch viele Meshes repräsentiert, ist das einerseits unübersichtlich für die Visualisierungsarbeit und andererseits muss Unity für das Rendering jedes Mesh einzeln aufrufen, was die Performanz verlangsamen kann.

Der *Vertices*-Wert sollte aber auch nicht viel grösser sein als nötig, um die Punktwolke als einzelnes Mesh darzustellen, da ansonsten mehr Rechenleistung beansprucht wird als erforderlich. Zur Veranschaulichung dient folgendes Beispiel: Eine kleine Punktwolke wird zu einem Mesh konvertiert, das durch 3'000 Vertices komplett (als einzelnes Mesh) dargestellt werden könnte. Es wird aber mit der Einstellung 3'000'000 *Vertices Per Mesh* importiert. Obwohl das Objekt durch 1000 mal weniger *Vertices* dargestellt werden könnte, wird Unity 3'000'000 *Vertices* berechnen, um es darstellen zu können. Dies fällt beim Renderingprozess ins Gewicht und verlangsamt ihn entsprechend.

Die Performanz kann verbessert werden, indem man während dem Visualisierungsprozess Daten ausblendet, welche für die aktuelle Aufgabe nicht benötigt werden. Ist nach Abschluss der Komposition kein flüssiges Rendering mehr gewährleistet, spielt das für die Generierung der Videos keine Rolle. Da die Kamera Einzelbilder aufnimmt, die extern zu einem Video umgewandelt werden, ist es kein Problem wenn die Wiedergabe in Unity nicht flüssig läuft und von Frame zu Frame springt. Abschliessend lässt sich dazu sagen, dass das Datenmanagement so organisiert werden muss, dass Unity für die Ausgabe der .tiff-Dateien alle im Modell verwendeten Daten darstellen kann, ohne dass die Software abstürzt.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Belastungsgrenze von Unity nach dem Import der Grundlagenflächen noch nicht ausgereizt sein sollte. Denn bei der später folgenden Komposition der Szenariovisualisierungen werden zusätzliche Daten in das Projekt geladen, je nachdem, wie viele Objekte in die Visualisierungen integriert werden sollten. Man sollte also in gewisser Masse abschätzen können, wie viel Puffer man für die Darstellung von Objekten einberechnen muss, damit Unity mit dem Datenvolumen des finalen Modells noch zurechtkommt. Dies ist bei jedem Projekt unterschiedlich und erfordert die Einschätzung der Visualisierer\*innen.

Es ist hilfreich die vorbereiteten Objekte bereits während der Testphase in Unity zu laden und eine Auflistung der für die Darstellung eines jeden Meshes benötigten Anzahl *Vertices* anzufertigen. Wenn man dann bereits eine ungefähre Vorstellung davon hat, wie oft ein einzelnes Objekt in der Visualisierung verwendet werden soll, ist das eine Möglichkeit, den Bedarf an Puffer aufgrund der vorhandenen Datenlage einzuschätzen.

Bei vorliegendem Projekt wurde die Erfahrung gemacht, dass Unity abgestürzt ist, als es ungefähr 120 Millionen *Tris* und 100 Millionen *Verts* rendern musste. Die endgültigen Szenarien wurden so konzipiert, dass sie die Zahl von knapp 100 Millionen *Tris* und 85 Millionen *Verts* nicht überstiegen. Diese Zahl stellt jedoch keine absolute Grenze dar und kann je nach Aufbau des Projekts stark variieren. Dem Autor sind Unity-Projekte bekannt, in denen dieselbe Version von Unity auf der gleichen Hardware das Rendern von 265 Millionen *Tris* und 225 Millionen *Verts* unterstützt. Aufgrund fehlender Kenntnisse kann dieses Phänomen an dieser Stelle nicht geklärt werden.

### 5.3.2 Kolorierung

Eine Schwierigkeit war es, eine Lösung für die Veränderung der Parzellenstrukturen zu finden. Denn die Arrondierung der landwirtschaftlichen Parzellen ist als Hauptanliegen der Melioration ein zentrales, wenn nicht das zentrale Merkmal zur visuellen Unterscheidung der Szenarien.

Für die erste an der Expertenrunde gezeigten Version der Visualisierungen wurden Bereiche ausgeschnitten und mit vorbereiteten Flächen und Schnipseln wieder aufgefüllt. Dieser Ansatz erwies sich als unzufriedenstellend, da die Ausschnitte nie perfekt aufeinander passten und es deswegen Löcher gab. Oder die Ausschnitte überlagerten sich an den Rändern, was ebenfalls suboptimale Ergebnisse lieferte. Damit diese Fehler in den Videos nicht sichtbar wurden, war die Perspektive auf eine oblique, drohnenähnliche Sicht beschränkt. In der Folge konnte nicht nahe genug an das Modell herangeflogen werden, um ein Erlebniss aus der Fussgängerperspektive zu ermöglichen, ohne dass die Felder dabei fehlerhaft aussahen. Deshalb wurde dieser Ansatz nach Durchführung der Expertenrunde verworfen.

Stattdessen wurde versucht, die Neuordnung der Parzellen durch das entsprechende Einfärben von Punkten darzustellen. Dies ermöglichte es, die Parzellenstruktur den Anforderungen des jeweiligen Szenarios entsprechend neu zu arrangieren und zwischen intensiver und extensiver Nutzung zu differenzieren. Die einfachste Methode, um die Farbwerte von Punkten zu verändern, wurde in CloudCompare gefunden. Die dort vorhandenen Funktionen für die Kolorierung von Punkten sind für das Darstellen von Bewirtschaftungsflächen jedoch nicht geeignet. Die Funktionen ermöglichen es nur eine Auswahl an Punkten in einer einzelnen Farbe oder in Gradienten einer Farbe einzufärben. Dies führte zu Resultaten, die sehr künstlich und wenig realistisch wirkten. In der Folge wurde die Kolorierung dann mithilfe von Photoshop und Lis Pro 3D durchgeführt, wie unter Abschnitt 5.2.3 beschrieben.

### 5.3.3 Punktgrösse

Unter den Optionen des Mesh Renderers wurden verschiedene Punktgrössen eingegeben und getestet, um die am besten geeignete bestimmen zu können. Im Allgemeinen konnte festgestellt werden, dass zu kleine Punkte Lücken zur Folge haben. Dadurch erscheint das Modell besonders im Vordergrund aber auch bis zum Mittelgrund als eine nicht zusammenhängende Fläche (Abb. 5.17). Dort sind die Punkte einzeln sichtbar und wirken durch ihre Positionierung in regelmässigen Reihen fragmentiert und wenig real. Dafür haben sie den Vorteil, dass sie Vegetation und andere Nicht-Boden-Elemente feiner und differenzierter erscheinen lassen, was zu einer realistischeren Darstellung führt. Handkehrum wirken zu grosse Punkte klobig und wenig ästhetisch. Sie lassen die tatsächliche Form von Objekten in einer verpixelt erscheinenden Darstellung verschwinden. Dafür schliessen sie die Lücken zwischen den Bodenpunkten und lassen die Landschaft, im Gegensatz zu kleinen Punktgrössen, mit solidem Grund erscheinen (Abb. 5.20).

Durch die Vergleiche wurde deutlich, dass die Wahl einer geeigneten Punktgrösse zudem von der jeweiligen Distanz der virtuellen Kamera zu den Punkten abhängig gemacht werden muss. Je weiter die Entfernung der Kamera, desto grösser können die Punkte sein, ohne dass sie klobig und unnatürlich wirken. Gleichzeitig sind in der Vogelperspektive grössere Punkte nötig wie in der Nahaufnahme, um eine zufriedenstellende Abdeckung der Landschaft zu erreichen. Zu kleine Punkte in der Vogelperspektive haben zudem zu leichten Moiré-Effekten geführt (Abb. 5.13 und 5.14).

Deshalb wurde am Ende entschieden, die Visualisierungen mit zwei verschiedenen Punktgrössen auszugeben und in Premiere Pro zu einem Video zusammenzufügen. Somit konnten die jeweiligen Vorteile von grösseren Punkten in der Vogelperspektive und denjenigen von kleineren Punkten in den Nahaufnahmen ausgenutzt werden.





ABB. 5.13: Vogelperspektive, Punktgrösse: 330



ABB. 5.14: Vogelperspektive, Punktgrösse: 510



ABB. 5.15: Vogelperspektive, Punktgrösse: 650



ABB. 5.16: Vogelperspektive, Punktgrösse: 830

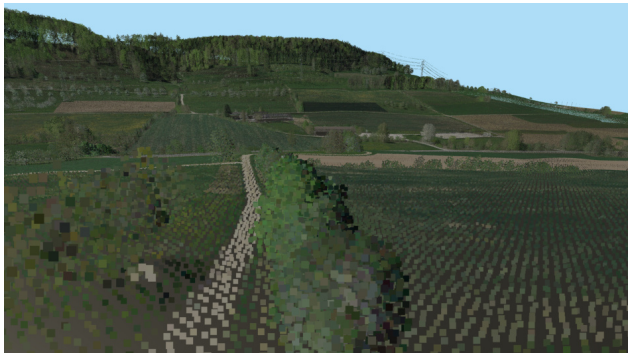


ABB. 5.17: Fussgängerperspektive, Punktgrösse: 330

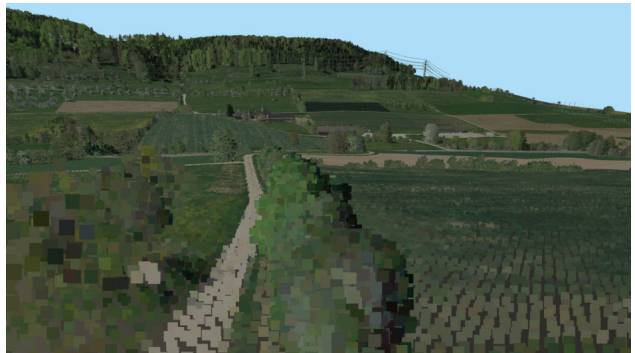


ABB. 5.18: Fussgängerperspektive, Punktgrösse: 510

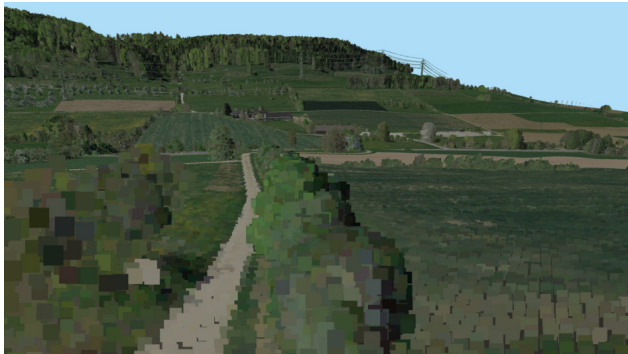


ABB. 5.19: Fussgängerperspektive, Punktgrösse: 650



ABB. 5.20: Fussgängerperspektive, Punktgrösse: 830

### 5.3.4 Perspektive und Standort

Für die Erstellung der Videos von den Szenariomodellen wurde versucht, die jeweiligen Vorteile zu nutzen, welche sich aus Darstellungen in der Vogel- sowie Fussgängerperspektive ergeben (Dockerty et al., 2005; Schroth, 2007). Das Ziel war es, den Teilnehmenden des Workshops innerhalb von ungefähr einer Minute und zwanzig Sekunden einen möglichst guten Überblick über das gezeigte Szenario zu geben. Gleichzeitig sollte ihnen ein Erlebnis dieser Landschaft aus einer Sicht geboten werden, wie es derjenigen von Fussgängern möglichst nahe kommt.

Um dieser Absicht Folge zu leisten, startet die Aufnahme jeweils aus der Vogelperspektive, um den Betrachter\*innen die Möglichkeit zu geben, sich erst einmal orientieren zu können und eine Übersicht zu gewinnen. Im Verlaufe der Wiedergabe taucht die Kamera nach und nach tiefer in das Modell hinein und wandert einem Feldweg entlang. Dadurch soll den Zuschauern das Gefühl vermittelt werden, einen Weg entlang zu gehen und die Landschaft aus einer ihnen vertrauten Perspektive zu betrachten. Dieser Ablauf findet in jedem Video zweimal statt, um die Landschaftsveränderungen jeweils von der linken sowohl als auch von der rechten Talseite her erlebbar zu machen.

Die Wahl von Perspektive und Standort hat einen nicht zu unterschätzenden Einfluss darauf, wie die Betrachter\*innen die Visualisierungen erfahren und wahrnehmen werden. Zudem entscheiden sie darüber, welche Bereiche und Objekte eines Modells *überhaupt* sichtbar werden. Deshalb sollte man sich gut überlegen, wo und mit welcher Geschwindigkeit die Kamera durch das Modell geführt wird, welche Winkel gewählt werden und wie weitwinklig das Sichtfeld eingestellt wird.

Aus diesem Arbeitsschritt konnte ein wichtige Erkenntnis gewonnen werden, die helfen kann, einiges an Zeit zu sparen: Es ist lohnenswert sich möglichst früh im Visualisierungsprozess einen Plan von denjenigen Bereichen des Modells zu erarbeiten, welche gezeigt werden sollen und dementsprechend einen - wenn auch vorerst nur provisorischen - Kamerapfad einzurichten. Denn so kann die unnötige (zeitintensive) Ausgestaltung von Teilen des Modells vermieden werden, die in den finalen Videos schlussendlich gar nicht oder nur im Hintergrund auftreten werden.

### 5.3.5 Schwierigkeiten

In diesem Abschnitt werden einige Schwierigkeiten und Probleme erläutert, die während des Visualisierungsprozesses aufgetreten sind.

1. Der Import von Objekten, die aus TLS-Daten segmentiert wurden, führte in manchen Fällen zu Fehlern. Dabei wurden die Punkte der importierten Objekte nicht korrekt angezeigt. Stattdessen waren sie verzerrt und im Raum verteilt (Abb. A.15). Dies konnte gelöst werden, indem in CloudCompare sämtliche Skalare gelöscht wurden.
2. Beim Setzen des Pfades für die Kamerafahrt gilt es etwas zu beachten, falls man die Kamera um ihre eigene Achse rotieren lassen möchte. Dann sollte man zwischen jedem einzelnen Keyframe der gesamten Fahrt eine zumindest minimale Rotation der Kamera einbauen. Das führt dazu, dass die Rotationsbewegung gleichmässig über alle Keyframes hinweg vollzogen wird, denn ansonsten bewegt sie sich ohne Rotation bis zu jenem Keyframe, auf den die Rotation folgt und vollzieht die Bewegung danach plötzlich sprunghaft.
3. Wichtig ist zudem, dass die umgewandelten Punktwolken in Unity nicht als "statische Objekte" definiert werden. Denn dann werden diese Objekte nicht in den Renderings dargestellt. Deswegen muss darauf geachtet werden, diese Option bei allen Elementen zu deaktivieren.

## 5.4 Präsentation der Visualisierungen

Die Veranstaltungen an denen die Visualisierungen gezeigt wurden, fanden aufgrund der Covid-19 Pandemie beide als Videokonferenzen auf der Plattform Zoom statt. Beide Veranstaltungen dauerten ungefähr 2 Stunden. Das Ziel der Expertenrunde war es, die bisherige Aufstellung der Szenarien weiterzuentwickeln. Dementsprechend hat die Veranstaltung damit begonnen, dass nach einer kurzen Begrüssung, die fünf bestehenden Szenarien von incolab vorgestellt wurden. Danach wurden die Visualisierungen gezeigt.

Zuerst wurde der Ist-Zustand der Landschaft abgespielt und im Anschluss die beiden bis dahin erstellten Visualisierungen der Szenarien A/E und C gezeigt. Daraufhin wurden die Teilnehmenden gebeten, die beiden Visualisierungen jeweils den Szenarien A, B, C, D oder E zuzuordnen. Bevor es im Programm weiterging, wurde aufgelöst welche Visualisierung welchen Szenarien entspricht. Während der Diskussion der Szenarieninhalte im Hauptteil des Workshops, wurde die Beobachtung der Teilnehmenden durchgeführt. Im Anschluss moderierte Manuel Jäggi eine Gruppendiskussion über die Arbeit mit den Visualisierungen. Danach folgte ein abschliessender Teil, in dem incolab den Verlauf und die Erkenntnisse der Expertenrunde rekapitulierte, bevor die Teilnehmenden zum Ende der Veranstaltung den Fragebogen über die Visualisierungen ausfüllten.

Zu Beginn des Workshops wurde den Teilnehmenden das fertige Zukunftsbild und die überarbeiteten Szenarien von incolab vorgestellt. Danach wurden die finalen Videos der vier visualisierten Szenarien gezeigt, während Manuel Jäggi simultan dazu erklärte, welche Veränderungen auf den Bildern zu sehen sind und warum diese auftreten. Dabei mussten die Teilnehmenden nach jedem Szenario eine kurze Echtzeitbefragung via Zoom-Polls ausfüllen. Von den vier Fragen waren jeweils zwei von incolab gestellt (zu den Szenarien) und zwei von Manuel Jäggi (zu den Visualisierungen). Nachdem alle Szenariovisualisierungen vorgestellt worden sind, wurde die Runde für spontane Rückmeldungen geöffnet.

Im Anschluss wurde der Workshop in vier verschiedene Breakout-Rooms aufgeteilt, um in Kleingruppen zu arbeiten. In diesen Kleingruppen hatte jede\*r Moderator\*in das Übersichtsvideo zur Verfügung, auf das beliebig zurückgegriffen werden konnte, um die Inhalte nochmals schnell in Erinnerung zu rufen, falls nötig. Nachdem incolab die Ergebnisse aus den Kleingruppen zum Abschluss zusammengetragen hatte, wurden die Teilnehmenden gleich wie in der Expertenrunde dazu aufgefordert, den Fragebogen auszufüllen.

## 5.5 Szenariovisualisierungen

In diesem Abschnitt werden die finalen Szenario-Visualisierungen vorgestellt. Dafür werden jeweils zwei entsprechende Abbildungen gezeigt, welche die dargestellten Landschaftsveränderungen zeigen. Zur Beschreibung der Szenarien wird das Transkript des Präsentationstextes herbeigezogen, wie er von Manuel Jäggi während der Präsentation der Szenarien gesprochen wurde. Da während des Workshops Mundart gesprochen wurde, musste der Text in Schriftdeutsch übersetzt werden. Die Übersetzung orientiert sich dabei möglichst exakt am Wortlaut der Präsentation. Kleine Anpassungen wurden vorgenommen, um den gesprochenen Text für ein verbessertes Leseerlebnis aufzubereiten.

Eine Übersicht sowie alle einzelnen Szenarien sind unter folgendem Link abrufbar:  
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLgF80kvbZgKgZBYrypEqEHdAM0dmAxYVM>



### 5.5.1 Szenario A

In Szenario A wird die Siedlung nicht nach aussen über die bestehenden Grenzen erweitert. Die Zusammlegung der Landwirtschaftsparzellen hat stattgefunden. Man sieht verschiedene Bewirtschaftungsformen und es gibt auch Rotationsbrachen. Es existiert eine multifunktionale Landwirtschaft. Feldhecken und Büsche wurden zwischen den Parzellen angelegt. Diese dienen als ökologische Korridore und kommen dem Landschaftsbild zugute. Parallel zu den Wegen gibt es an einigen Standorten Baumalleen oder kleinere Waldstücke wie oben rechts im Bild 5.21a. Die Hauptdrainagen wurden geöffnet und auch das Isletenbächlein wurde ausgedohlt. Dies soll durch die hangabwärts angelegten Verbuschungen links oben beziehungsweise in der Mitte unten in Abbildung 5.21b dargestellt werden. Die bestehenden Obstplantagen sind erhalten oder sogar erweitert worden. Vereinzelte Bäume auf den Feldern sind jedoch grösstenteils verschwunden.

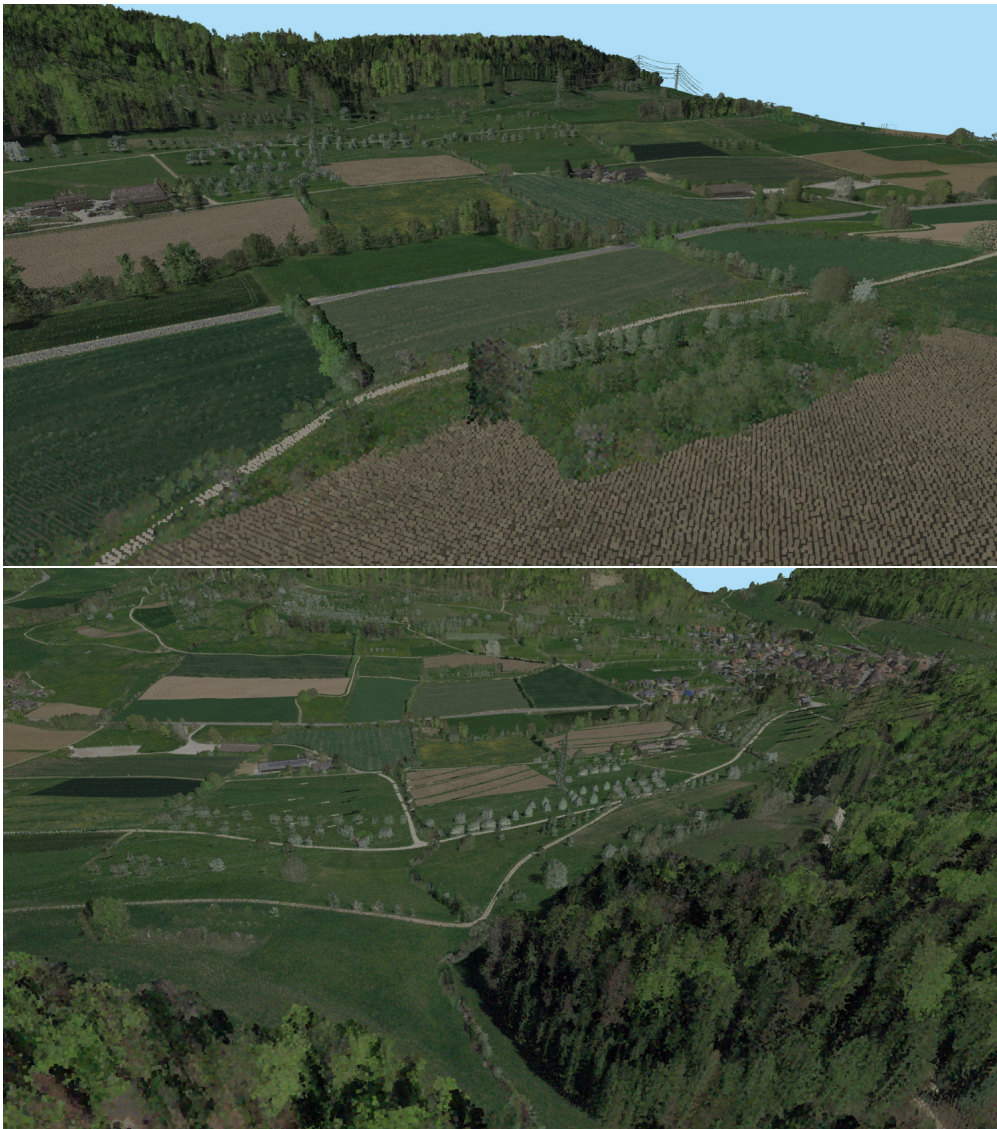


ABB. 5.21: Szenariovisualisierung A; oben (a), unten (b)

### 5.5.2 Szenario B

In diesem Szenario wird die Siedlung ausserhalb der bestehenden Siedlungsfläche erweitert. Die Landwirtschaftsflächen wurden zusammengelegt und werden zu einem grossen Teil intensiv bewirtschaftet. Es sind grössere Einheiten zu sehen wie in Szenario A. Es wird weniger Wert auf die Ökologie gelegt. Ökologische Elemente sind nicht durchgängig in die Landschaft integriert, sondern eher auf einigen Parzellen konzentriert vorzufinden, wie rechts im Vordergrund oder auch auf der rechten Seite des gegenüberliegenden Hanges zu sehen ist (Abb. 5.22a). Szenario B sieht auch baulich geprägte Intensivlandwirtschaftszonen vor. Demzufolge könnten in Rothenfluh grosse Gewächshäuser entstehen. Die Obstbaumkulturen in Rothenfluh verschwinden grösstenteils. Vereinzelt könnten einige Hochstammobstbäume erhalten bleiben, vielleicht auf den für ökologische Massnahmen ausgewiesenen Flächen oder auch wenn einzelne Landwirte am Obstbau festhalten würden.

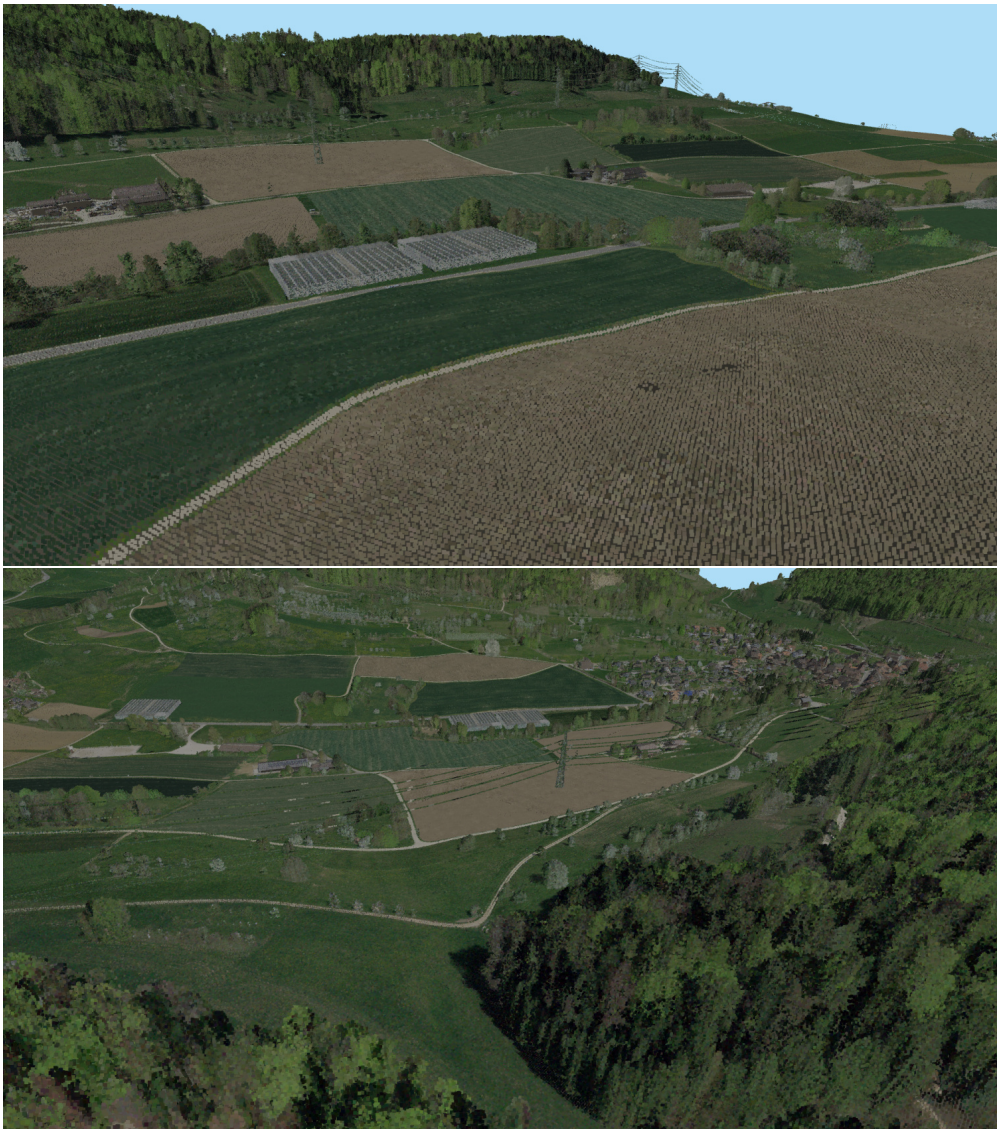


ABB. 5.22: Szenariovisualisierung B; oben (a), unten (b)



### 5.5.3 Szenario C

Auch in diesem Szenario entwickelt sich die Siedlung ausserhalb ihrer heutigen Grenzen. Die Landwirtschaftsparzellen wurden zu sehr grossen Flächen zusammengelegt, um die Bewirtschaftung zu vereinfachen. Die Bewirtschaftungsformen sind nicht divers, das Landschaftsbild ist von Monokulturen geprägt. Die Betriebe wurden vergrössert und teilweise ausgebaut. Auf die Ökologie wird keinen Wert gelegt. Es entstehen Gewächshäuser und Hors-Sol-Konstruktionen. Die Feldwege werden befestigt und ausgebaut. Waldnahe Flächen an den Hängen werden nicht mehr gepflegt und es kommt teilweise zur Verwaldung an den Waldrändern. Zu erkennen ist dies an der Grenze des Waldes im Hintergrund (5.23a) beziehungsweise im Vordergrund der Abbildungen (5.23b).

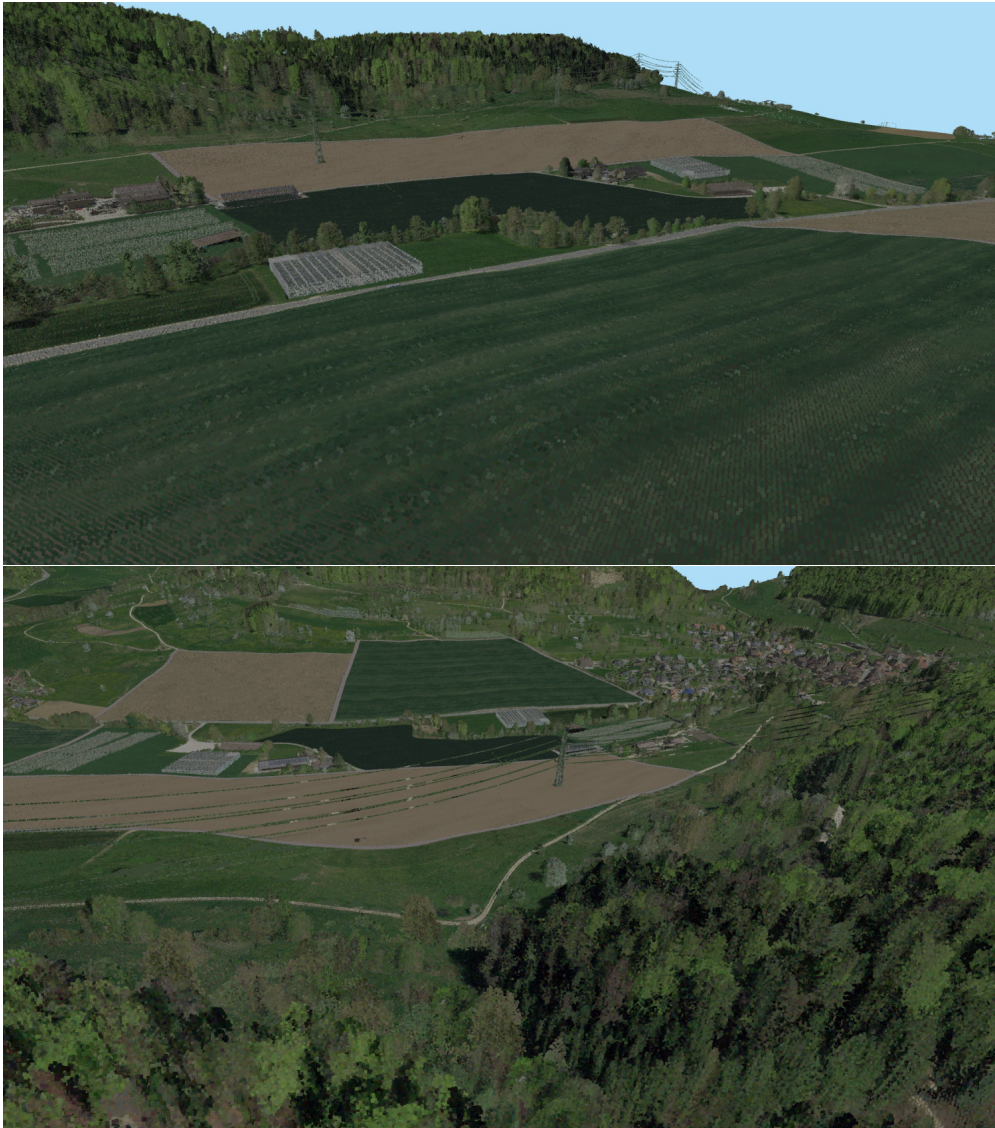


ABB. 5.23: Szenariovisualisierung C; oben (a), unten (b)



### 5.5.4 Szenario E

Die Siedlung wird in diesem Szenario nicht ausserhalb ihrer heutigen Grenzen erweitert. Flächen wurden nur vereinzelt zu grösseren Einheiten zusammengelegt, die aber zum Teil auch intensiv bewirtschaftet werden. Um die Höfe herum wurden die Parzellen noch kleinteiliger. Diese dienen zur Selbstversorgung. Ökologische Elemente finden wir vor allem auf dafür ausgewiesenen Parzellen vor, wie im Vordergrund oder gegenüber auf der anderen Seite des Tales in Abbildung 5.24a halb rechts zu sehen ist. Es gibt auch in unmittelbarer Nähe der Höfe ökologische Elemente, wo Kleinstrukturen gepflanzt wurden. Einige Obstbäume konnten zum Zweck der Selbstversorgung erhalten werden. Auch sind für den gleichen Zweck kleinere Gewächstunnels entstanden, die sich ebenfalls im direkten Umfeld der Höfe befinden.

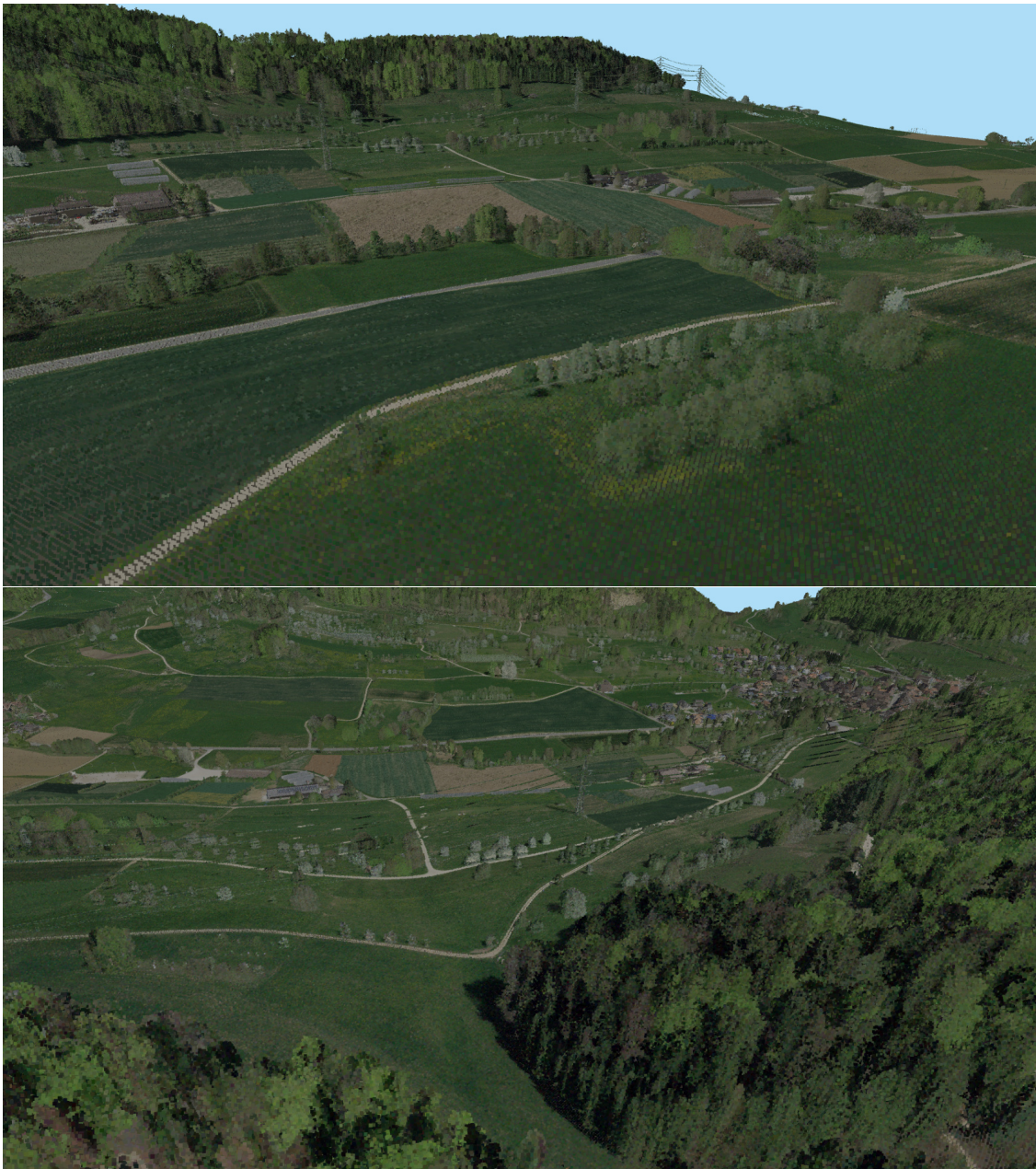


ABB. 5.24: Szenariovisualisierung E; oben (a), unten (b)

## 5.6 Erkenntnisse aus Verortung und Zoom-Pools

### 5.6.1 Expertenrunde: Verortung

Nach der Präsentation des Ist-Zustandes und der beiden Szenariovisualisierungen, wurden die Experten dazu aufgefordert, die Visualisierungen einem der fünf Szenarien zu zuordnen. Von den sechs Vertretern haben jeweils vier die Visualisierungen den passenden Szenarien zugeordnet.

**Visualisierung Nr. 1 entspricht am ehesten?**

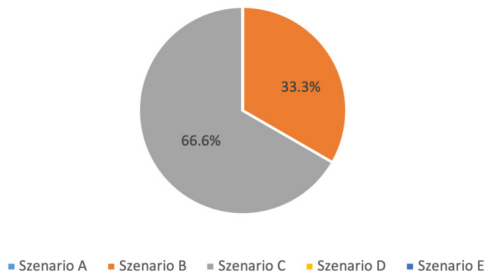


ABB. 5.25: Verortung der 1. Visualisierung

**Visualisierung Nr. 2 entspricht am ehesten?**

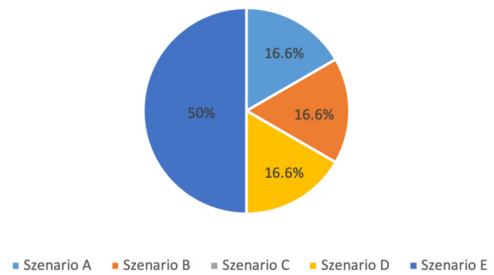


ABB. 5.26: Verortung der 2. Visualisierung

### 5.6.2 Workshop: Zoom-Polls

Die Befragung via Zoom-Polls wurde in der Form einer Likert-Skala durchgeführt. Die Fragen A und B wurden von incolab formuliert und beziehen sich auf die Szenarien. Die Fragen C und D wurden von Manuel Jäggi formuliert und beziehen sich auf die Visualisierungen.

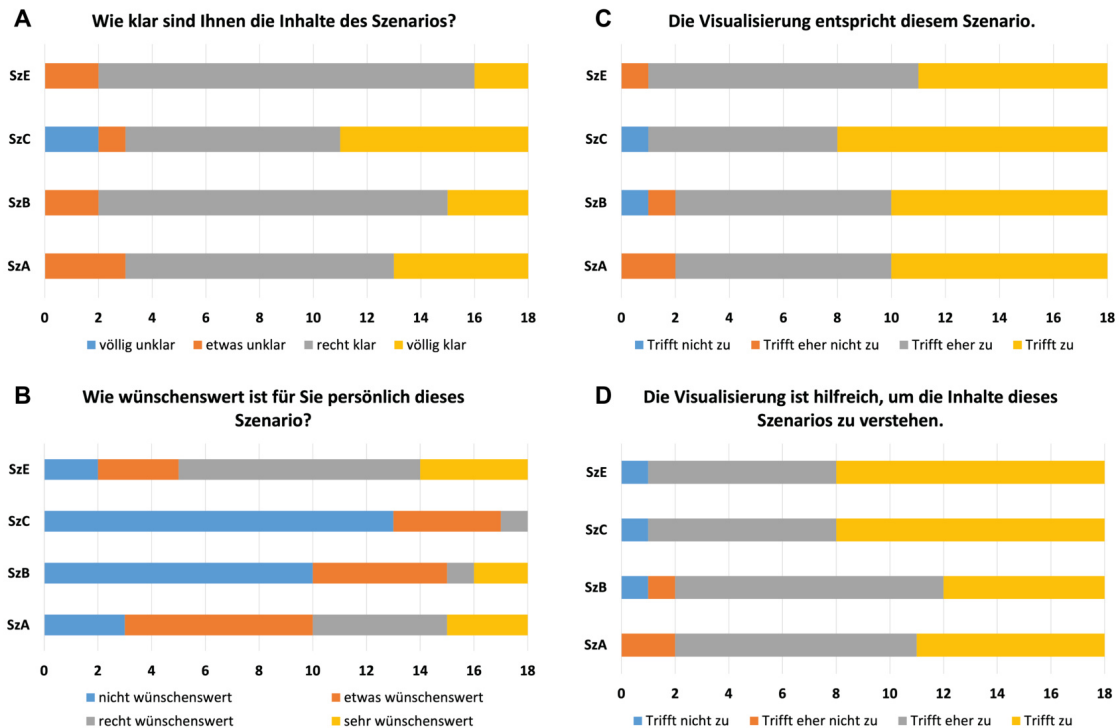


ABB. 5.27: Auswertung der Echtzeit-Befragung via Zoom Polls

Eine grosse Mehrheit hat angegeben, dass die vier gezeigten Visualisierungen den Szenarien entsprechen, die sie darstellen. Bei der Frage "Die Visualisierung entspricht diesem Szenario" haben

16 von 18 Befragten die Szenarien A und B mit *Trifft zu* oder *Trifft eher zu* beantwortet. Bei den Szenarien C und E waren es sogar 17 von 18 Befragten. Das deutet darauf hin, dass die vorgegebenen Szenarieninhalte zufriedenstellend umgesetzt werden konnten. Auch die zweite auf die Visualisierungen bezogene Frage "Die Visualisierung ist hilfreich, um die Inhalte dieses Szenarios zu verstehen" wurde von 16 aus 18 Befragten mit *Trifft zu* oder *Trifft eher zu* im Falle der Szenarien A und B beantwortet, wobei bei den Szenarien C und E abermals sogar 17 aus 18 Befragten diese Angabe machten.

## 5.7 Erkenntnisse aus Gruppengespräch und Beobachtung

### 5.7.1 Expertenrunde

#### Wahrnehmung und Bewertung

Da es sich bei den an der Expertenrunde gezeigten 3D-Modellen um Prototypen handelte, war die Landschaft erst auf einer Talflanke verändert. Nachdem die Visualisierungen gezeigt wurden, bemerkte eine Person, dass zumindest unter dem monofunktionalen Szenario (Szenario C) auch die andere Talhälfte genauso stark verändert werden sollte. Sie bemerkte weiter, dass ihr die Visualisierungen gefielen, betonte jedoch, dass die Szenarien Extreme zeigen würden. Das sei natürlich einfach darzustellen. Man könnte jedoch noch viel mehr Details hinzufügen, die auf die agrarökologischen Faktorausprägungen verweisen würden. Dies sei aber vermutlich auch schwierig darzustellen.

Ein anderer Teilnehmer sagte, dass er die Visualisierungen grundsätzlich eine gute Sache fände. Er hielt es für besonders geeignet, sie am nächsten Workshop zu zeigen, an dem die Szenarien mit dem Zukunftsbild der anderen Gruppe abgeglichen werden. Denn von den Leuten aus der Zukunftsgruppe hätten viele den lokalen Bezug zum "Rothenflueher Bild" vermisst.

Ein weiterer Experte hatte sich während des Workshops kritisch gegenüber der Komplexität der Szenarien und deren Darstellung geäußert. Er bezeichnete es als grosse Herausforderung sich als Aussenstehender in den Tabellen zurechtzufinden. Aus diesem Grund waren die Visualisierungen für ihn "sehr wertvoll gewesen". Er bemerkte: "Und mit wenig Aufwand konnte ich dann sehen, was da überhaupt gemeint ist aufgrund dieser langen Tabellen." Diese Aussage verdeutlicht das Potenzial solcher Visualisierungen, aufgrund ihrer einfachen Zugänglichkeit das Verständnis von verschiedenen möglichen Entwicklungsrichtungen zu fördern.

Einer der Landwirte hielt fest, dass die Gruppe durch die Gespräche und die Videos die Szenarien "ein wenig definieren" und "irgendwie einordnen" konnten. Er sagte dann: "Aber auf der anderen Seite, wie sich dann die Entwicklung wirklich zeigen wird in dreissig Jahren, das finde ich wahnsinnig schwierig sagen zu können, in welche Richtung das gehen wird." Weiter sagte er aus, dass keine der beiden Szenarien dem Zukunftsbild entsprechen würden. Es sei nicht so, dass man entweder nur noch auf intensive Landwirtschaft setzt oder alles der Ökologie unterordnet, denn man brauche immer eine Mischung der beiden. Die Visualisierung mit den grossen Bewirtschaftungseinheiten, bei dem die Nachhaltigkeitsflächen ausradiert sind, sei zwar dem Szenario C korrekt entsprechend, widerspiegle aber nicht wie Rothenfluh in Zukunft sein werde.

#### Realistische Darstellung

Ein Teilnehmer bemerkte, dass einige Siedlungsbereiche in den Modellen noch unbebaut sind, obwohl dort mittlerweile bereits weitere Häuser gebaut wurden. Diese Unstimmigkeiten sind aufgetreten, da seit der Aufnahme der verwendeten ALS-Daten bereits acht Jahre vergangen waren. Weil fast alle Teilnehmer das Gemeindegebiet sehr gut kennen, ist dieser Umstand schnell störend aufgefallen. Bei der Visualisierung der Szenarien für den folgenden Workshop, bei der auch mit einem anderen Ansatz gearbeitet wurde, konnten neuere Daten verwendet werden.

## **Vermittlung von Informationen**

An die vorher beschriebene Anmerkung fügte eine Person hinzu, dass für die Darstellung des Faktors Aussenentwicklung, eine noch grössere Ausdehnung der Siedlungsfläche modelliert werden sollte, damit die Erweiterung deutlich würde. Diese Empfehlung wurde aufgenommen und in den finalen Visualisierungen umgesetzt.

Auf die Frage was ihnen aufgefallen sei, haben die Mitglieder der Expertengruppe alle veränderten Elemente benannt, bis auf das einzelne Hofgebäude, welches neben einem bereits bestehenden Hof angelegt wurde. Um diese Faktorausprägung deutlicher darzustellen, wurden nachfolgend ein zusätzliches Hofgebäude in die Visualisierung von C integriert. Am häufigsten wurden die Intensivkulturen auf den ausgedehnten Parzellen in Szenario C genannt.

Eine Person sagte, dass sie die Zuordnung der ersten Visualisierung zu einem Szenario aufgrund dieser Intensivkultur vorgenommen habe. Für die Beurteilung der zweiten Visualisierung seien für sie die Hecken zwischen den einzelnen Parzellen ausschlaggebend gewesen.

## **Diskussionsverlauf**

Nachdem beide Visualisierungen gezeigt worden waren, hatte ein Teilnehmer vorgeschlagen, eine Art Sport- und Erholungszone in das Gebiet einzufügen. Eine andere Person merkte an, dass unter der Voraussetzung von Szenario C die Bewirtschaftung von extensiv genutzten Wiesen vernachlässigt würde, was die Ausdehnung der Waldgebiete an Steilhängen zur Folge hätte. Zudem würden alle flachen ackerbaren Flächen intensiv genutzt werden. Jedoch sei die intensive Nutzung bis hoch in die steileren Gebiete nicht realistisch, so wie es in dieser Ausführung der Visualisierung von Szenario C dargestellt worden ist. Diese Anmerkungen wurden dankbar angenommen und in die Visualisierungen für den darauffolgenden Workshop integriert.

Als Kritik gegenüber dem Szenario C bemerkte einer der Landwirte, dass die Bauern in Zukunft Nachhaltigkeitskonzepte brauchen würden und erwähnt auch das Ziel, praktisch energieneutral produzieren zu können. Ansonsten sehe er die Existenz der Bauern in der Schweiz zukünftig nicht mehr gesichert. Aus dem weiteren Verlauf der Gespräche gingen wertvolle Informationen hervor, welche sehr hilfreich waren, um die Szenarien sowie auch die Visualisierungen für den kommenden Workshop zu verbessern und zu präzisieren.

Zum Beispiel wurde gesagt, dass in Szenario C aufgrund der Intensivierung der Bewirtschaftung mehr geteerte Wege benötigt würden, um sie für schwere Maschinen befahrbar zu machen. Diese Aussage bezog sich aber nur auf die Qualität der Wege, denn bei grösseren Feldparzellen braucht es in der Summe weniger Wegstrecke, um das Gebiet zu erschliessen. Bestehende Flurwege würden bei einer solchen Entwicklung häufig aufgehoben. Im Szenario A wiederum würden auch weiterhin Mergelwege ausreichen und die totale Wegstrecke würde in etwa gleichbleiben.

Auch die Parzellierung würde in diesem Szenario klein bleiben, da alle Landwirte aufgrund der bestehenden Direktzahlungssituation auch Biodiversitätsförderflächen an den oberen Hängen bräuchten, sagte ein Experte. Weil im Gegensatz dazu im Szenario C die Direktzahlungen wegfallen, würden die Biodiversitätsförderflächen verganden und es würde zu einem Wechsel der angebauten Kulturen kommen. Dabei würde der traditionelle Anbau von Druschfrüchten zugunsten von Hackfrüchten, Feldgemüsen oder Spezialkulturen wie Beeren zurückgehen.

## **Präsentation**

Weil die Präsentation der Visualisierungen virtuell ablaufen musste, kam es zu kleineren Problemen bei der Übertragung. Das Abspielen der Videos über den geteilten Bildschirm während der Videokonferenz führte dazu, dass sie nicht ganz flüssig abliefen und die Teilnehmenden eine leicht stockende Bildwiedergabe vermeldeten. Für die meisten war die Qualität der Wiedergabe jedoch akzeptabel. Bis auf eine Person, welche während der Präsentation komplett die Verbindung verlor.

Da die wackelfreie Übertragung via Zoom nicht gewährleistet werden konnte, wurden die Visualisierungen für den folgenden Workshop vorgängig auf YouTube hochgeladen, so dass die Teilnehmenden die Videos bereits im Vorfeld in bester Qualität schauen konnten.

## 5.7.2 Workshop

### Wahrnehmung und Bewertung

Die Reaktionen auf die Visualisierungen während des Workshops waren grösstenteils positiv. So haben sich verschiedene Personen zu Wort gemeldet, welche die Visualisierungen als hilfreich oder nützlich empfunden haben, um sich vorstellen zu können, wie sich Rothenfluh in Zukunft verändern könnte. Eine Person machte jedoch auch darauf aufmerksam, dass die in den Videos gezeigten Szenariovisualisierungen einen sehr starken Einfluss darauf haben, wie die Szenarien wahrgenommen werden. Sie wies auf die Gefahr hin, dass einem die Visualisierungen möglicherweise "stark führen" oder auch "ein wenig irreleiten" könnten.

### Realistische Darstellung

Nachdem die Visualisierungen zu den Szenarios gezeigt worden waren, haben mehrere Personen den hohen Realitätsbezug der Visualisierungen hervorgehoben. Durch die Nutzung der Punktwolken-daten stand ein sehr präzises Abbild der Rothenfluher Landschaft als Grundlagenmodell zur Verfügung. Damit war es möglich die modellierten Landschaftsveränderungen in eine Umgebung einzubetten, welche der echten Rothenfluher Landschaft in hohem Masse entspricht. Für die Teilnehmenden schien diese Realitätsnähe ein wichtiger Punkt zu sein. Sie fanden das sehr hilfreich, um sich vorstellen zu können, wie das Gemeindegebiet in Zukunft aussehen könnte. "Weil das sind jetzt wirklich Bilder von Rothenfluh", sagte eine Person in diesem Zusammenhang.

Bemängelt wurden die Visualisierungen, weil die Neuordnung der Parzellenstruktur nicht immer Rücksicht auf die darunterliegende Bodenbeschaffenheit nimmt. Vor allem die grossen Flächen wie sie in den Szenarien B und C zu sehen sind, seien aufgrund der topografischen Lage, nicht realistisch: "Weil es hat dort Borde drinnen, die man dort auf diesem Szenariobild nicht sieht. Also das könnte dort gar keine durchgehenden Flächen geben, weil dort teilweise solche Hanglagen dazwischen sind, ja so dass es gar nicht durchgehend mit Ackerbau bewirtschaftet werden könnte." Eine andere Person ergänzte: "Man kann das Grundeigentum vielleicht schon so grossflächig zuteilen, das heisst aber noch lange nicht, dass der Bauer das dann so bewirtschaftet. Der macht auf seiner grossen Parzelle drei Schläge mit drei Kulturen. Genau eben wegen der Topografie, weil es gar nicht anders fahrbar ist."

### Vermittlung von Informationen

Ergänzend zu der tabellarischen Aufstellung der Szenario-Faktoren und dem Erzähl-narrativ schienen die Bilder der Visualisierungen den Betrachter\*innen zu helfen, die Informationen zu verarbeiten. So meinte eine Person: "Also ich finde das Ergebnis dieser vier Videosequenzen super, da kann man sich wirklich viel mehr darunter vorstellen, das ist ganz klar."

### Diskussionsverlauf

Verschiedene Teilnehmende des Workshops bezogen sich auf die Bilder der Visualisierungen, währendem sie sich zu den Szenarien äusserten. Eine Person beispielsweise zeigte sich beeindruckt von den grossen Parzellenschlägen aus Szenario C und fügte hinzu, dass sie es sich durchaus vorstellen könne, "dass das in gewissen Parzellen und in gewissen Gebieten in diese Grösse ausarten wird".

Ein anderer Teilnehmer wünschte sich für die zukünftige Entwicklung von Rothenfluh eine Mischung aus den Szenarien A und E. Sich auf die Visualisierungen beziehend erklärte er, dass Szenario

A zu viele ökologische Elemente wie Hecken aufweist, welche die Zugänge zu den Parzellen erschweren und somit die Bewirtschaftungsmöglichkeiten verschlechtern würden. Handkehrum gäbe es in Szenario E davon zu wenig. Ebenso würde die Ausdehnung des Isletenbaches fehlen.

Zu den Visualisierungen der Szenarien B und C wurden besonders im Hinblick auf die bauliche Infrastruktur auf den Intensivlandwirtschaftsflächen Bemerkungen gemacht. Eine Person äusserte sich kritisch gegenüber der Platzierung von Gewächshäusern in Rothenfluh. "Dort muss ich sagen, stören mich einfach diese Gewächshäuser darauf [...]. Ich sehe Rothenfluh nicht mit solchen Gewächshäusern, muss ich ehrlich sagen."

Eine andere Person unterstützte diese Aussage und fügte hinzu, dass der Anbau von Gemüsekulturen zwar in einem der Szenarien enthalten sei, die Böden von Rothenfluh für eine solche Bewirtschaftung jedoch nicht geeignet seien. Zudem wäre es in Rothenfluh aufgrund der topografischen Beschaffenheit der Gemeinde auch nur an einigen Stellen unten im Tal möglich, Gewächshäuser aufzustellen.

Auf diese Aussage folgten verschiedene Wortmeldungen der Teilnehmenden bezüglich Intensivlandwirtschaftszonen in Rothenfluh im Allgemeinen. Eine Teilnehmerin sagte, dass die Bewirtschaftung der Intensivlandwirtschaftsflächen wohl auch in Zukunft nicht an der Produktion für internationale Märkte ausgerichtet werden wird und sie das auch nicht mit dem Zukunftsbild überein bringen könne. Eher sei es so, dass intensive Bewirtschaftungen in Zukunft verschwinden könnten. Eine Person brachte die Rothenfluher Kirschbaumplantage hervor. Diese würde von einem Landwirt betrieben, der kurz vor der Pension steht. Wenn dieser Landwirt aufhörte, würde die Plantage wohl kaum fortgeführt, vermutete der Teilnehmer.

## **Präsentation**

Währendem die Visualisierungen gezeigt worden sind, wurde der Begriff "Monokulturen" verwendet, um die grossen Bewirtschaftungsflächen in Szenario C zu beschreiben. Das wurde von den Landwirten sehr kritisiert, weil dieser Begriff für die Situation in Rothenfluh und eigentlich auch in der Schweiz im Allgemeinen nicht zutreffend sei. Eine Person sagte, dass sie unter "Monokultur" um einiges grössere Dimensionen verstehe, wie es in den Videos gezeigt wurde. "Also das hat bei weitem noch nichts mit Monokultur zu tun", fügte sie hinzu.

## **5.8 Auswertung der Fragebogen**

### **5.8.1 Offene Fragen**

Für die Auswertung der Antworten auf die offenen Fragen wurden diese für die Darstellung in Tabellen inhaltlich sortiert. Die Kategorien können inhaltlich aber nicht immer absolut voneinander getrennt werden, da gewisse Antworten verschiedene Elemente beinhalten, die in mehrere der gebildeten Kategorien passen würden. Vielmehr dient diese Differenzierung in Kategorien der besseren Übersichtlichkeit für die Leser\*innen. Aufgrund der geringen Zahl der Teilnehmenden eignen sich die Daten nicht für eine quantitative Auswertung und werden rein qualitativ analysiert. Deswegen enthalten die Tabellen alle eingegebenen Antworten in ihrem ursprünglichen Wortlaut, um ihre Bedeutung nicht zu verfälschen.

## **Expertenrunde**

Da sich ein Teilnehmer bereits vorzeitig verabschieden musste, haben nur fünf der insgesamt sechs anwesenden Experten den Fragebogen ausgefüllt. Die am Workshop beteiligten Experten waren massgeblich an der Erarbeitung der Systemeigenschaften und Einflussvariablen beteiligt. In den offenen Fragen des Fragebogens haben alle angegeben, dass die Visualisierungen am meisten dabei geholfen hätten, um sich die von incolab entwickelten Szenarien besser vorstellen, beziehungsweise



sie besser verstehen zu können. Diese visuelle Darstellung der Szenarien wurde bereits während des Workshops positiv wahrgenommen, weil sie denn Zugang zu darin enthaltenen Informationen vereinfacht.

### Frage A

<b>Am hilfreichsten fand ich die Visualisierungen um...</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> die Szenarien rasch zu erfassen/verstehen.</li> <li><input type="radio"/> mir die Auswirkungen von Einflussfaktoren vorstellen zu können.</li> <li><input type="radio"/> mir die Texte bildlich besser vorstellen zu können.</li> <li><input type="radio"/> zu sehen, wie sich die Szenarien auswirken könnten.</li> <li><input type="radio"/> sich vorstellen zu können, was die erarbeiteten Tabellen und Szenarien schlussendlich für Folgen auf Rothenfluh und das Landschaftsbild haben könnten.</li> </ul>

TAB. 5.2: Auswertung der offenen Frage A (Expertenrunde)

### Frage B

<b>Am meisten hat mich an den Visualisierungen gestört...</b>
<input type="radio"/> nichts.
<input type="radio"/> das Landschaftsbild harmoniert nicht.
<input type="radio"/> dass die Bild-Basis aus dem 2012 sind... 8 Jahre sind lange!
<input type="radio"/> dass das Ausgangsbild zu alt war und dadurch die Veränderungen gar nicht stimmten (bei der Ausdehnung der Siedlungsbauten).
<input type="radio"/> die etwas unscharfe/undeutliche Qualität und die etwas verzerrte Darstellung.

TAB. 5.3: Auswertung der offenen Frage B (Expertenrunde)

Als störend wurde besonders der Umstand betrachtet, dass die Datengrundlage nicht genügend aktuell war. Die daraus resultierenden Unstimmigkeiten wirkten irritierend auf die lokalen Teilnehmer, welche die Gemeinde sehr gut kannten. Denn im 3D-Modell ist neben der Stelle, an welcher die Siedlungserweiterung platziert wurde, eine grüne Wiese zu sehen, obwohl einige dieser Parzellen in der Realität längst verbaut waren.

Ein anderer Experte bemängelte die Qualität der Darstellung und bemerkte eine etwas verzerrte Darstellung. Das kann damit zusammenhängen, dass bei der ersten Version der Visualisierungen noch ein digitales Geländemodell unter die Punktwolken gelegt war. Darauf wurde ein Orthofoto drapiert, um die korrekte Färbung der Landschaft im Hintergrund darzustellen. Das Problem hierbei war, dass die in den Punktwolken repräsentierte Topografie nicht identisch mit derjenigen des darunterliegenden Geländemodells war. Deshalb musste ein Versatz zwischen den beiden Daten in Kauf genommen werden. Das führte zu einer verzerrt erscheinenden Darstellung des Modells. Aus diesen Gründen wurde das digitale Geländemodell für die finale Version der Visualisierungen nicht verwendet.

Eine weitere Person fand, dass das Landschaftsbild nicht harmoniere. Dies kann einerseits mit dem eben geschilderten Sachverhalt zusammenhängen. Andererseits waren die Punktwolkendaten nur bis zum Bereich der Säge Rothenfluh eingesetzt worden und hörten dann abrupt auf, weil die ALS-Daten in quadratischen Kacheln organisiert sind. Dies konnte zum damaligen Zeitpunkt noch nicht besser gelöst werden, weil sich der Visualisierungsansatz damals immer noch in der Entwicklungsphase befand.

Wie bereits in den Gesprächen deutlich wurde, stachen die grossen Feldparzellen und die neuplatzierten Obstbäume am deutlichsten hervor. Jedoch wurde auch die Gestaltung kleinerer Weiher bemerkt, sowie der zusätzliche Siedlungsraum.

### Frage C

<b>Welche in den Visualisierungen veränderten Elemente sind Ihnen am meisten aufgefallen?</b>
<input type="radio"/> Parzellengrösse.
<input type="radio"/> Grossflächige Veränderungen.
<input type="radio"/> Strukturen (z.B. Bäume, Weiher).
<input type="radio"/> Die grossen Felder, die intensiven, und/oder ökologischen Elemente
<input type="radio"/> Grosse Ackerflächen, neuer Siedlungsraum, Bäume.

TAB. 5.4: Auswertung der offenen Frage C (Expertenrunde)

Nach Verbesserungsvorschlägen gefragt, schlug ein Experte vor, die einzelnen Elemente deutlicher hervorzuheben. Ein anderer wiederum meinte, man solle die "Veränderungen nicht wie einen Fremdkörper in der Landschaft aussehen lassen." Diese Rückmeldungen haben dazu angeregt, im Gespräch mit incolab und im Expertengespräch nochmals gründlich zu diskutieren, wie die Landschaftsveränderungen dargestellt werden sollten.

Dass die Veränderungen von jemandem wie "Fremdkörper in der Landschaft" wahrgenommen wurden, scheint nachvollziehbar. Denn für die an der Expertenrunde gezeigten Visualisierungen wurden TLS-Daten verwendet, um die ökologischen Objekte darzustellen, während die Gebietsfläche auf Grundlage der ALS-Daten dargestellt worden war. Das führte zu einer gewissen ungleichen Erscheinungsweise der eingesetzten ökologischen Elemente gegenüber den darunterliegenden Punktwolken, welche die restliche Umgebung repräsentierten.

Eine weitere Person wünschte sich, dass "die Bildqualität höher und der Videofluss etwas besser wäre". Dass die mittelmässige Übertragungsqualität in Verbindung mit der Zoom-Konferenz zustande gekommen ist, wurde bereits im vorherigen Abschnitt erläutert.

### Frage D

<b>Wie könnten die Visualisierungen verbessert werden?</b>
<input type="radio"/> Indem einzelne Elemente deutlicher hervorgehoben werden, z.B. durch Farbtiefe oder durch Textmarkierungen.
<input type="radio"/> Die Veränderungen nicht wie einen Fremdkörper in der Landschaft aussehen lassen.
<input type="radio"/> Indem wie von dir erwähnt, beide Talseiten berücksichtigt werden, und aktuellere Basisdaten verwendet würden. Aber kurz und bündig: Super Sache! Danke!
<input type="radio"/> Indem die Bildqualität höher und der Videofluss etwas besser wäre.

TAB. 5.5: Auswertung der offenen Frage D (Expertenrunde)

### Workshop

Aus den Zoom-Polls Umfragen wurde bereits ersichtlich, dass eine grosse Mehrheit der Befragten die Visualisierungen als nützlich empfunden hatte und sie die verschiedenen Visualisierungen den jeweiligen Szenarien als entsprechend befand. Viele Teilnehmende hatten angegeben, dass ihnen die Visualisierungen dabei geholfen haben, die Szenarien besser verstehen, vergleichen und bewerten zu können. Ebenfalls wurde hervorgehoben, dass die Visualisierungen hilfreich sind, um sich die Auswirkungen der verschiedenen Szenarien auch bildlich vorstellen zu können.

Eine Person hatte angegeben, dass ihr die Visualisierungen dabei geholfen haben "die Grössenverhältnisse im Überblick zu sehen". Die Antwort "die Flächendarstellungen" einer anderen Person verweist ebenfalls darauf, dass besonders das Sichtbarmachen von Veränderungen der Parzellenstrukturen als hilfreich empfunden wurde, um die Konsequenzen der Szenarien einzuschätzen. Eine

weitere Person verwies auf den Umstand, sich dank der Visualisierungen besser "in der Landschaft zurechtzufinden".

### Frage A

<b>Am hilfreichsten fand ich die Visualisierungen um...</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> die Szenarien besser zu bewerten.</li> <li><input type="radio"/> sich etwas vorzustellen.</li> <li><input type="radio"/> die Szenarien zu verstehen.</li> <li><input type="radio"/> es sich vorzustellen.</li> <li><input type="radio"/> zu spüren, was die Szenarien konkret für Auswirkungen haben.</li> <li><input type="radio"/> mir den Inhalt der Texte der Szenarien besser vorstellen zu können.</li> <li><input type="radio"/> zu sehen, wie diese Szenarien aussehen könnten.</li> <li><input type="radio"/> die verschiedenen Szenarien zu vergleichen.</li> <li><input type="radio"/> die Szenarien aufzuzeigen.</li> <li><input type="radio"/> mir vorstellen zu können, wie es aussehen könnte.</li> <li><input type="radio"/> mir ein Bild zu machen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> die Flächendarstellungen.</li> <li><input type="radio"/> die Grössenverhältnisse im Überblick zu sehen.</li> <li><input type="radio"/> mich in der Landschaft zurechtzufinden</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> die fand ich sehr gut.</li> <li><input type="radio"/> die Szenarien Bilder zuletzt.</li> </ul>

TAB. 5.6: Auswertung der offenen Frage A (Workshop)

### Frage C

<b>Welche in den Visualisierungen veränderten Elemente sind Ihnen am meisten aufgefallen?</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Hecken und Baumgruppen stachen hervor.</li> <li><input type="radio"/> Sehr schöne Hecken an den Parzellengrenzen/Wegen, Hochstammbäume.</li> <li><input type="radio"/> Ökologie Strukturen.</li> <li><input type="radio"/> Ökologie Diversität.</li> <li><input type="radio"/> Hecken.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Parzellengrössen.</li> <li><input type="radio"/> Feldgrössen.</li> <li><input type="radio"/> Grosse Flächen, Strukturen.</li> <li><input type="radio"/> Die Grösse der Flächen.</li> <li><input type="radio"/> Grosse Flächen, Gewächshäuser.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Treibhäuser, Alleen.</li> <li><input type="radio"/> Grosse Flächen, Hecken, Treibhäuser.</li> <li><input type="radio"/> Hecken und die sehr grossen Flächen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> B und C wie die Landschaft ausgeräumt wird.</li> <li><input type="radio"/> Die ausgeräumte Landschaft.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Die Topografie ist nicht richtig zur Geltung gekommen.</li> </ul>

TAB. 5.7: Auswertung der offenen Frage C (Workshop)

Wie bereits an den Gesprächen während des Workshops hervorgehoben wurde, haben auch im Fragebogen zwei Personen vermerkt, dass die Anordnung der Bewirtschaftungsflächen in den Visualisierungen, die topografische Beschaffenheit des Untergrundes nicht überall korrekt berücksichtigt. Ein anderer Kommentar bezog sich auf die gewählte Grösse der einzelnen Punkte im Modell und kriti-

sierte die Visualisierungen seien "manchmal etwas pixelig", während eine weitere Person bemerkte, dass es in den Visualisierungen "wenig Details" gäbe.

Zwei weitere Kommentare beziehen sich auf die Präsentation der Visualisierungen. Der eine davon bezieht sich auf die unkorrekte Verwendung des Begriffes "Monokulturen", wie bereits während dem Workshop bemerkt und auch schon im vorangegangenen Abschnitt erläutert wurde. Gleichzeitig verweist er darauf, dass eine solche Ausdehnung der Felder in Rothenfluh aufgrund der topografischen Beschaffenheit des Gemeindegebiets gar nicht möglich sei und schliesst sich somit den anderen zwei Bemerkungen zur Topografie an.

Eine andere Person bemängelte das digitale Format der Workshops und deren Dauer. Dass die Gespräche virtuell stattfinden mussten, konnte aufgrund der Covid-19 Pandemie leider nicht umgangen werden. Dass die Diskussionen als zu kurz empfunden wurden, widerspiegelt das grosse Interesse und die hohe Gesprächsbereitschaft, die während des Workshops vorhanden waren. Als die Veranstaltung ihrem Ende näher kam, schien es so, als ob der Gesprächsstoff unter den Teilnehmenden noch nicht ausgegangen wäre.

Die Antwort "wie man eine Landschaft auch verschandeln kann, die aussieht wie eine Wüste" lässt vermuten, dass einer Person die Darstellungen der Visualisierungen nicht gefallen haben. Auf der anderen Seite haben vier der elf Teilnehmenden, die auf diese Frage geantwortet haben angegeben, dass sie nichts an den Visualisierungen gestört habe.

#### Frage B

<b>Am meisten hat mich an den Visualisierungen gestört...</b>
<input type="radio"/> nichts. <input type="radio"/> nichts. <input type="radio"/> - <input type="radio"/> eigentlich nichts...
<input type="radio"/> die Flächenbildung ohne Rücksicht auf Topografie. <input type="radio"/> die Topografie wurde nicht immer berücksichtigt.
<input type="radio"/> manchmal etwas pixelig.
<input type="radio"/> ... der Begriff Monokulturen, ist in der Schweiz schlicht nicht realistisch. Rein schon topografisch gibt's immer wieder "Unterbrüche in grossen Flächen", zudem schreibt die AP eine Fruchtfolge vor. D.h. auch wenn die Felder in 50 ha grosse Stücke parzelliert würden, es müsste bei der Bewirtschaftung wieder unterteilt werden. <input type="radio"/> dass die Diskussionen am Bildschirm waren und zu kurz.
<input type="radio"/> wenig Details.
<input type="radio"/> wie man eine Landschaft auch verschandeln kann, die aussieht wie eine Wüste.

TAB. 5.8: Auswertung der offenen Frage B (Workshop)

Aus den Antworten geht relativ klar hervor, welche veränderten Landschaftselemente den Teilnehmenden der Workshops besonders aufgefallen sind. Am häufigsten beziehen sich die Antworten hier auf die Manipulation der ökologischen Elemente wie die Hecken oder die Hochstammobstbäume. Auch die veränderten Parzellenstrukturen und -grössen wurden häufig genannt. Ebenfalls wurden die in den Szenariovisualisierungen B und C platzierten Gewächshäuser mehrfach erwähnt. Im Gegensatz dazu werden zusätzliche Hofgebäude, zusätzliche oder entfernte Wege sowie zusätzlich platzierte Siedlungskörper nicht erwähnt. Das ist auch nicht weiter verwunderlich, da die von den Teilnehmenden aufgezählten Elemente deutlich häufiger vorkommen und viel mehr im Fokus der Videosequenzen stehen als die übrigen, nicht in den Aufzählungen vertretenen Elemente. Wege wurden hauptsächlich zugunsten der Zusammenlegung von Parzellen entfernt und ansonsten meistens nur leicht korrigiert und begradigt. Nur an einigen wenigen Stellen wurden Wege neu angelegt.



Da sich die Visualisierungen vor allem auf das landwirtschaftliche Gebiet von Rothenfluh beziehen, sind die zusätzlichen Siedlungskörper nur am Anfang der Videos zu erkennen, wenn die Kamera über Teile des Dorfes hinweggleitet und erhalten dadurch eine deutlich geringere Präsenz als die benannten Elemente. Die Hofgebäude betreffend gibt es nur zwei zusätzliche Bauten, die aber auch nur in Szenario C vorkommen. Zwei andere Teilnehmende haben die Landschaft vor allem als "ausgeräumt" wahrgenommen, wobei sich eine der Personen konkret auf die Szenarien B und C bezog. Eine weitere Person erwähnte, dass die Topografie "nicht richtig zur Geltung gekommen sei".

#### Frage D

<b>Die Visualisierungen könnten verbessert werden indem...</b>
<input type="radio"/> fand ich gut so. <input type="radio"/> war gut. <input type="radio"/> sie waren toll, Kompliment!! <input type="radio"/> ist für mich Ok. <input type="radio"/> ... was will man mehr? Super gemacht! Danke! <input type="radio"/> keine Idee. <input type="radio"/> es war gut so.
<input type="radio"/> weiss ich nicht. Technisch vielleicht, Genauigkeit? <input type="radio"/> die Auflösung bei der Nahaufnahme sollte besser sein.
<input type="radio"/> die Topografie besser zur Geltung käme.
<input type="radio"/> mündliche Erläuterungen der visualisierten Szenarien waren sehr hilfreich und sollten nicht weggelassen werden.

TAB. 5.9: Auswertung der offenen Frage D (Workshop)

Als letzte Frage im Fragebogen wurden die Teilnehmenden der Workshops um ihre Meinung bezüglich möglicher Verbesserungen der Visualisierungen gefragt. Dabei gaben sieben der elf antwortenden Personen an, dass sie keine Verbesserungsvorschläge hätten und mit den Visualisierungen zufrieden waren, so wie sie gezeigt wurden. Andere wünschten sich eine bessere Auflösung bei der Nahaufnahme oder sprachen sich für Verbesserungen in Sachen "Genauigkeit" aus, wobei nicht ganz klar wurde, was damit gemeint ist. Vermutlich bezieht sich dieser Vorschlag ebenfalls auf die Auflösung der Visualisierungen. Da die einzelnen Punkte vergrößert wurden, werden sie in den Nahaufnahmen teilweise als einzelne Quadrate sichtbar. Weiter wurde vorgeschlagen, die Topografie besser zur Geltung kommen zu lassen. Diese Anmerkung greift auf, was bereits in den Antworten auf andere offene Fragen kritisiert wurde. Eine weitere Person sprach sich deutlich für die gewählte Präsentationsform aus, die Visualisierungen laufen zu lassen und simultan zu kommentieren, um die Inhalte genauer zu erläutern.

#### 5.8.2 Likert-Skala

Für die Auswertung der Antworten auf die Likert-Skala wurden die Häufigkeiten der Skalennennungen gezählt und in den Abbildungen 5.28, 5.29 und ?? grafisch dargestellt. Dadurch wird für jede gestellte Frage ersichtlich, wie oft welche Bewertung gewählt wurde. Anders als Nominal-Skalen folgen die hier erhobenen Daten einer Rangreihenfolge. In der Regel werden die Daten einer verbalisierten Skala als ordinalskaliert bezeichnet, da keine Aussagen über die absoluten Abstände zwischen den einzelnen Skalenpunkten getroffen werden können. Denn es ist nicht gegeben, dass der Abstand zwischen den Antwortkategorien von den Befragten als gleich "gross" oder "weit" wahrgenommen wird. Versucht man beispielsweise zu "messen", wie weit die Kategorien *Trifft voll zu*, *Trifft eher zu*, *Trifft eher nicht zu* und *Trifft überhaupt nicht zu* auseinanderliegen, sollte rasch zu erkennen sein, dass der Abstand der ersten zur zweiten Kategorie nicht äquivalent dem Abstand der zweiten zur



dritten Kategorie ist. Durch die Anwendung von endpunktbenannten Skalen wird zumindest formal vorgegeben, dass die Skalen augenscheinlich gleichabständig seien und deshalb als Intervall-Skalen definiert werden können. Obwohl nicht überprüft werden kann, ob die Kategorien in der Wahrnehmung der Antwortgebenden tatsächlich äquidistant zueinander sind. In den Sozialwissenschaften ist die Konstruktion der Skala-Fragen als Intervall-Skalen in der Regel von Bedeutung, weil viele statistische Auswertungsverfahren wie zum Beispiel das arithmetische Mittel, die einfache Korrelation oder die Faktoranalyse theoretisch intervallskalierte Variablen bedingen (Porst, 2014).

Es muss an dieser Stelle jedoch festgehalten werden, dass es für die Auswertung der vorliegenden Daten keine wirkliche Rolle spielt, ob es sich um Ordinal- oder Intervall-Skalen handelt. Aufgrund der geringen Zahl der an den Workshops Teilnehmenden, ist die Stichprobe zu klein um statistische Berechnungen mit den Daten vorzunehmen. Zu Beginn der Arbeit war noch nicht ganz klar wie viele Personen schlussendlich am Workshop teilnehmen würden. Deshalb wurden die Skala-Fragen als endpunktbenannte Skalen formuliert, um die Möglichkeiten für die statistische Auswertung der Daten offen zu halten.

## Expertenrunde

Sämtliche zwölf Skala-Fragen wurden von den fünf am Schluss der Veranstaltung noch anwesenden Teilnehmern ausgefüllt. Sie stimmten alle überein, dass sie die Visualisierungen nützlich fanden, um die Szenarien zu diskutieren. Zwei von ihnen fanden, dass diese Aussage sehr zutreffe.

Die fast maximal mögliche Zustimmung fanden jeweils die Aussagen "Ich konnte die Landschaft von Rothenfluh in den Visualisierungen wiedererkennen" und "Ich konnte mich in den Visualisierungen gut orientieren". Dies ist auch nicht weiter verwunderlich, da vier der fünf Experten, welche den Fragebogen beantwortet haben, Bewohner von Rothenfluh waren.

Eher geteilter Meinung waren sich die Teilnehmer bei denjenigen Skalen, welche darauf abzielten zu erfragen, ob die Visualisierungen glaubwürdig gestaltet seien, ob sie die Szenarieninhalte angemessen kommunizieren würden und ob sie hilfreich dabei waren sich vorzustellen, wie sich die Landschaft in verschiedenen Szenarien entwickeln könnte.

Da sich die Visualisierungen zum Zeitpunkt der Expertenrunde in einem Stadium befanden, in dem immer noch verschiedene Ansätze getestet wurden und sie noch nicht in einem zufriedenstellenden Zustand waren, sind die kritischen Bewertungen nachvollziehbar. In Bezug darauf, ob die gezeigten Entwicklungsrichtungen der Landschaftsveränderungen in den Visualisierungen realistisch dargestellt werden, verorteten alle Teilnehmer ihre Antwort im positiven Spektrum der Skala.

Die drei Fragen, welche sich auf den Nutzen der Visualisierungen für den Diskurs beziehen, wurden von keiner Person mit *Trifft voll zu* bewertet. Dies könnte aber auch damit zusammenhängen, dass die Aufgabe der Experten sich vor allem darauf bezog, die Szenarien auf ihre Konsistenz hin zu überprüfen. Dabei wurden alle in den Szenariokonzepten enthaltenen Faktoren besprochen und ihre jeweiligen Ausprägungen in den verschiedenen Szenarien diskutiert. In diesen Konzepten gab es viele Faktoren, die in den Visualisierungen gar nicht dargestellt werden konnten, wie zum Beispiel "Preis-Differenz-CH-Ausland" (vgl. Tab. 4.2).

Bei den beiden Fragen bei denen es darum ging, ob die dargestellten Landschaftsveränderungen deutlicher oder weniger deutlich hervorgehoben werden sollten, waren alle Experten dagegen, dass sie weniger deutlich hervorgehoben werden sollten. Im Gegensatz dazu gaben drei von fünf ihre Stimme für eine deutlichere Hervorhebung der Landschaftsveränderungen ab. Diese Forderung wurde bereits in einer offenen Frage formuliert und wurde in die Weiterentwicklung der Visualisierungen miteinbezogen.

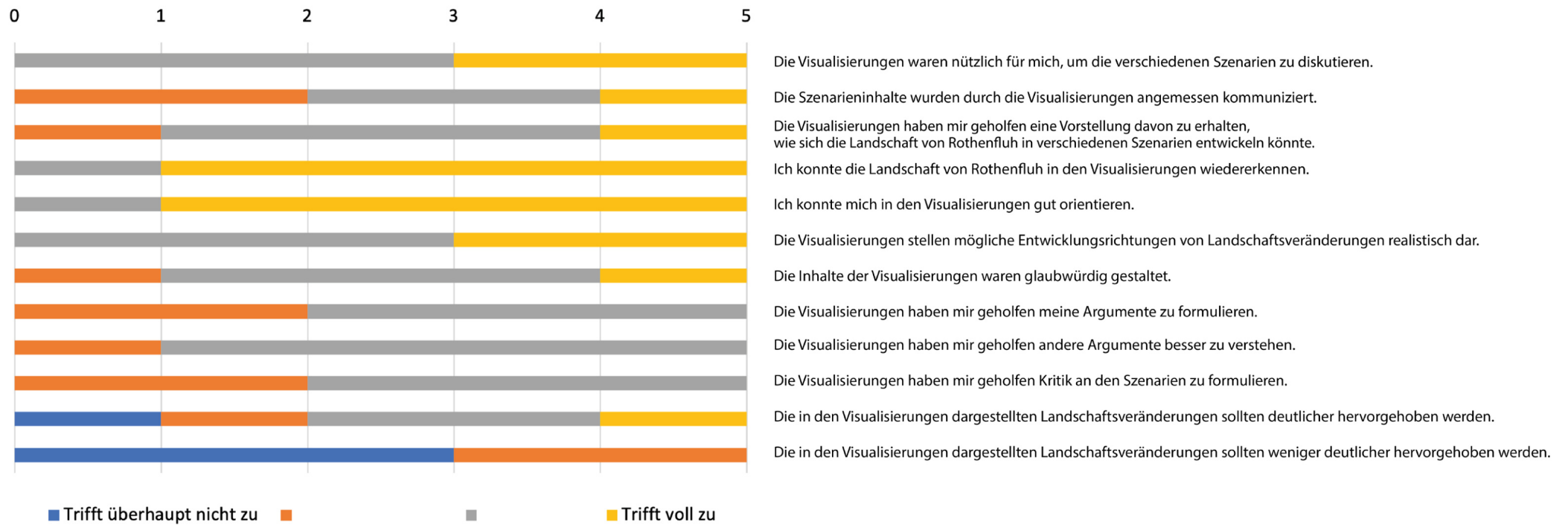


ABB. 5.29: Auswertung der Likert-Skala im Fragebogen der Expertenrunde

## Workshop

Die Beteiligung an der Beantwortung des Fragebogens war im dritten Workshop sehr zufriedenstellend. Die dreizehn Likert-Skalen wurden alle von sechzehn der insgesamt achtzehn am Workshop teilnehmenden Personen beantwortet. Nur die letzte Skala "Die in den Visualisierungen dargestellten Landschaftsveränderungen sollten weniger deutlich hervorgehoben werden" wurde von einer Person übersprungen und somit nur fünfzehnmal beantwortet. Mit Blick auf Abbildung ?? fällt schnell auf, dass die Rückmeldungen auf die Visualisierungen als Kommunikationsmittel im Workshop überwiegend positiv ausgefallen sind. Aus der Zoom-Polls-Umfrage, der Beobachtung und den Textantworten hatte sich bereits herauskristallisiert, dass die Teilnehmenden die Visualisierungen schätzten und sich auch während des Workshops auf sie bezogen haben. Dieser Eindruck scheint sich bei der Auswertung der Skala-Fragen zu bestätigen.

Auf die Frage, ob die Visualisierungen nützlich für sie waren, um die verschiedenen Szenarien zu diskutieren, hatten alle Personen im positiven Spektrum geantwortet, wobei zehn Personen angegeben hatten, dass dies voll zuträfe. Ebenso gaben alle Befragten an, dass die Visualisierungen geholfen hätten sich vorzustellen, "wie sich die Landschaft von Rothenfluh in verschiedenen Szenarien entwickeln könnte". Hier wurde elfmal angegeben, dass dies voll zuträfe.

Auch waren sich alle Befragten einig, dass die Visualisierungen zeigen, "welche Landschaftselemente sich bei den Szenarien verändern", wobei zehn Personen das voll zutreffend fanden. Aus den Antworten auf die Fragen, ob Landschaftsveränderungen mehr oder weniger deutlich hervorgehoben werden sollten geht hervor, dass die Leute zufrieden mit der Deutlichkeit der Darstellung von Manipulationen der Landschaft in den Modellen waren. Niemand hat bei diesen zwei Skalen *Trifft voll zu* angegeben und nur drei, beziehungsweise zwei Personen haben dieser Aussage mit *Trifft eher zu* zugestimmt. Vergleicht man die Antworten auf die beiden Fragen genauer miteinander, lässt sich – wenn überhaupt, eine minimale Tendenz dazu feststellen, dass eher eine deutlichere Hervorhebung der Landschaftsveränderungen erwünscht ist, als dass man sie weniger deutlich hervorheben sollte.

Die Antworten aus dem Fragebogen zeigen, dass die Leute sich sehr gut in den Visualisierungen orientieren konnten und die Landschaft von Rothenfluh in den Modellen wiedererkannt haben. Dem stimmten dreizehn, respektive zwölf Personen voll zu. Bei beiden Fragen gab es jeweils nur eine Person, die ihre Antwort im eher negativen Spektrum verortete. Etwas weniger volle Zustimmung erhielten die Aussagen "Die Szenarieninhalte wurden durch die Visualisierungen angemessen kommuniziert" und "Die Visualisierungen stellen mögliche Entwicklungsrichtungen von Landschaftsveränderungen realistisch dar". Zwar gibt es auch hier nur eine, beziehungsweise zwei Personen, die ihre Antwort im negativen Spektrum der Skalen angegeben haben. Mit sieben, respektive acht Teilnehmenden, die fanden, dass dies voll zuträfe, erhielten sie vergleichsweise weniger Zustimmung, als die anderen Skala-Fragen.

Allgemein viel Zustimmung fanden auch die Aussagen dazu, ob die Visualisierungen in den Gesprächen hilfreich waren, um eigene Argumente zu formulieren, andere zu verstehen oder Kritik an den Szenarien zu formulieren. Im Vergleich zu den anderen Skala-Fragen bewerteten die Teilnehmenden diese Aussagen aber relativ wenig mit *Trifft voll zu*. Dies ist ein Indiz dafür, dass es noch Verbesserungspotenzial gibt, wenn es um die Frage geht, wie man die Visualisierungen im Rahmen eines solchen Workshops nutzt und wie man die Teilnehmenden dazu bringen könnte, noch stärker mit den Visualisierungen zu interagieren. Ebenfalls vergleichsweise wenig volle Zustimmung fand die Aussage "Die Ästhetik der Visualisierungen hat mir gut gefallen". Zwar haben sich vierzehn Personen im positiven Spektrum der Skala verortet, jedoch nur fünf davon am Skalenendpunkt.

Die Bewertung der Wiedergabegeschwindigkeit der Videos lässt darauf schliessen, dass die Teilnehmenden damit zufrieden waren (Abb. 5.30). Während mit zwölf von sechzehn Antworten die grosse Mehrheit angegeben hat, dass sie die Videos als weder zu schnell noch zu langsam empfunden haben, hätten sich drei Personen gewünscht, dass die Videos noch etwas langsamer abgelaufen wären. Nur eine Person fand, dass die Videos etwas schneller hätten sein dürfen.

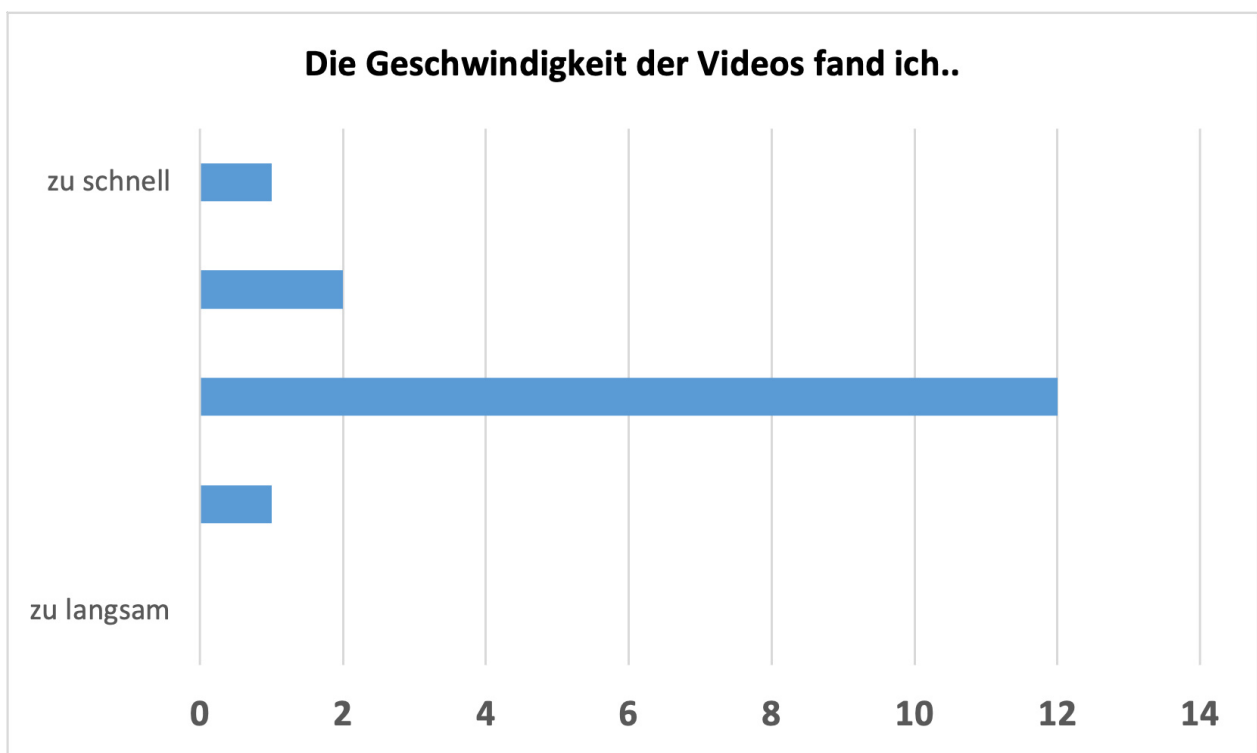
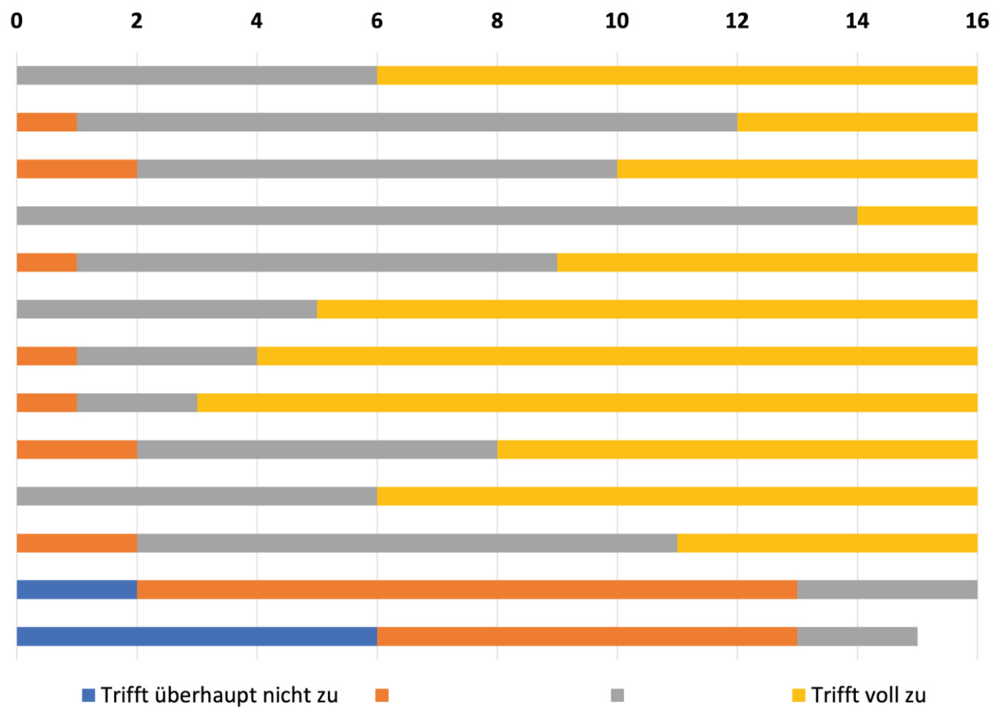


ABB. 5.29: Auswertung der Likert-Skala "Die Geschwindigkeit der Videos fand ich.."



- Die Visualisierungen waren nützlich für mich, um die verschiedenen Szenen zu diskutieren.
- Die Visualisierungen haben mir geholfen meine Argumente zu formulieren.
- Die Visualisierungen haben mir geholfen andere Argumente besser zu verstehen.
- Die Visualisierungen haben mir geholfen Kritik an den Szenarien zu formulieren.
- Die Szenarieninhalte wurden durch die Visualisierungen angemessen kommuniziert.
- Die Visualisierungen haben mir geholfen eine Vorstellung davon zu erhalten, wie sich die Landschaft von Rothenfluh in verschiedenen Szenarien entwickeln könnte.
- Ich konnte die Landschaft von Rothenfluh in den Visualisierungen wiedererkennen.
- Ich konnte mich in den Visualisierungen gut orientieren.
- Die Visualisierungen stellen mögliche Entwicklungsrichtungen von Landschaftsveränderungen realistisch dar.
- Die Visualisierungen zeigen auf, welche Landschaftselemente sich bei den Szenarien verändern.
- Die Ästhetik der Visualisierungen hat mir gut gefallen.
- Die in den Visualisierungen dargestellten Landschaftsveränderungen sollten deutlicher hervorgehoben werden.
- Die in den Visualisierungen dargestellten Landschaftsveränderungen sollten weniger deutlicher hervorgehoben werden.

ABB. 5.31: Auswertung der Likert-Skala im Fragebogen des Workshops



## 6 Diskussion

In dieser Masterarbeit wurde ein Visualisierungsansatz entwickelt, der es ermöglicht Landschaftsveränderungen durch die Manipulation von 3D-Punktwolkendaten darzustellen. Die entwickelte Methode wurde eingesetzt, um im Rahmen der Melioration Rothenfluh (BL) vorgegebene Landschaftsszenarien umzusetzen. Im Folgenden werden die Erkenntnisse und Resultate aus dem Visualisierungsprozess sowie der Datenerhebung an den Veranstaltungen im Hinblick der zu untersuchenden Forschungsfragen diskutiert.

### 6.1 Erkenntnisse aus dem Visualisierungsprozess

Eine Herausforderung des Visualisierungsprozesses war es, die Skizzierungen der verschiedenen Varianten einer Zukunft in visuelle Darstellungen zu übersetzen. Dies, da die Szenarien keine räumlich konkreten Planungsvorgaben beinhalteten. Die visuelle Umsetzung solcher Entwicklungsrichtungen setzt das Gestalten räumlich konkreter Modelle jedoch geradezu unumgänglich voraus. Insofern ist das Entwerfen von Landschaftsszenarien auch ein kreativer Prozess. Die Faktoren und das Narrativ der verschiedenen Szenarien mussten dabei interpretiert und möglichst inhaltsnah als 3D-Modelle umgesetzt werden.

Der Visualisierungsprozess sollte auf Basis einer möglichst umfassenden Informationslage geschehen. Eine überzeugende und kohärente Umsetzung von Szenarien setzt die Kenntnis über örtliche Gegebenheiten wie beispielweise Bodenqualität, Hangneigung oder wertvolle ökologische Räume voraus. Teilweise sind relevante Informationen in Datenbanken gespeichert und lassen sich einfach abrufen, jedoch nicht alle. Deshalb bietet vor allem auch lokal verankertes Wissen einen wertvollen Zugang zu den spezifischen Eigenheiten eines Gebiets. Von den Landwirten und anderen Bewohner\*innen konnte zum Beispiel in Erfahrung gebracht werden, wo es besonders schützenswerte ökologische Elemente gibt, welche Gebiete unmöglich zu beackern sind und wo sich alte Drainagen befinden, für die es keine offiziellen Pläne gibt. Jedoch wird der Visualisierungsprozess selbst bei Berücksichtigung aller erdenklicher Informationen stets von der individuellen Interpretation, dem gestalterischen Stil und den Fähigkeiten der ausführenden Person gefärbt sein.

Jeder Visualisierungsprozess erfordert es eine Reihe von Entscheidungen zu treffen, damit das daraus resultierende Ergebnis auf die Anforderungen der Planungsveranstaltungen zugeschnitten ist, an denen sie präsentiert werden sollen. Dabei stellen sich Fragen wie: In welcher Phase befindet sich der Planungsprozess? Was soll mithilfe der Visualisierung kommuniziert werden? Wie sollen die Visualisierungen dargestellt werden? An wen richten sich die Visualisierungen? Wie viele Details werden benötigt, um die Informationen geeignet zu repräsentieren? Ist es wichtig, dass die Visualisierungen möglichst realistisch gestaltet werden? Wie sollen die Visualisierungen präsentiert werden? Solche und ähnliche Fragen werden auch von Schroth et al. (2011) und Lovett et al. (2015) aufgeworfen.

Zu Beginn muss entschieden werden, mit welchen Daten man eine Visualisierung realisieren möchte. Die Antwort auf diese Frage steht in der Regel im Zusammenhang mit dem Verwendungszweck der Visualisierungen und mit der Verfügbarkeit von Daten, beziehungsweise der finanziellen Mittel, um solche zu generieren. Im vorliegenden Fall wurde ein Ansatz entwickelt, der alleine mit der Verwendung von ALS-Daten auskommt. Aufgrund ihrer Regelmässigkeit und passablen Punktdichte, der grossflächigen Gebietsabdeckung und vor allem auch, weil sie mit wenigen Klicks einfach und

kostenlos vom Geodatenserver des Kanton Basellandschaft zu beschaffen sind, erwiesen sie sich als am geeignetsten, wie im Abschnitt 5.1 dargelegt wurde.

Mithilfe von TLS-Systemen können Daten mit deutlich höheren Punktdichten erzeugt werden. Deshalb ermöglichen sie es, noch realistischere Abbildungen von Objekten zu generieren, besonders wenn diese in einer Nahaufnahme gezeigt werden. Darin liegt auch der Hauptvorteil der TLS-Daten für die Szenariovisualisierung. Wegen der beschriebenen Nachteile der TLS-Daten, wie die unzureichende Flächenabdeckung sowie der heterogenen Farbgebung, eigneten sie sich jedoch nicht für die Darstellung von Landschaftsflächen auf grossem Massstab, wie es in Rothenfluh erforderlich war. Zudem erwiesen sie sich aufgrund der aufwändigen Datenbeschaffung und der zeitintensiven Verarbeitung auch ansonsten als ungeeignet, da der hier entwickelte Ansatz möglichst schnell und einfach umzusetzen sein soll. Hinzu kommt, dass ein sehr hoher Realitätsgrad in den Visualisierungen für die Melioration in Rothenfluh gar nicht unbedingt von Vorteil gewesen wäre. Es steht jedoch ausser Frage, dass TLS-Daten in einem anderen Projekt oder in einer anderen Planungsphase durchaus die interessantere Wahl sein könnten, beispielsweise wenn der Perimeter kleiner ist oder bereits räumliche Schwerpunkte für Entwicklungen definiert wurden. Bevor sich aber der nächste Absatz genauer mit der Frage nach dem Realitätsgrad auseinandersetzt, sollen im Folgenden zuerst weitere Aspekte des Visualisierungsprozesses diskutiert werden.

Ein essentieller Aspekt des Visualisierungsprozesses ist das Datenmanagement, vor allem wenn grosse Landschaftsbereiche dargestellt werden sollen. Sobald feststeht mit welchen Daten man eine Visualisierung umsetzen möchte, sollten die Daten in Unity geladen werden. Dadurch kann abgeschätzt werden, wie gross das Gebiet sein kann, um es in der gewünschten Punktdichte darstellen zu können. Oder handkehrum, wie hoch die Punktdichte maximal sein darf, um das Zielgebiet komplett abbilden zu können. Dies ist ein wichtiger Schritt, um dem von (M. Vetter, 2019) beschriebenen Dilemma zwischen Limitierung der Rechenkapazität und dem Realitätsgrad der Visualisierungen Rechnung zu tragen. Denn die Punktdichte ist ein wichtiger Massstab für den Realitätsgrad der Visualisierungen. Die Höhe der Punktdichte ist massgebend für die Entscheidung, wie gross die Punkte dargestellt werden müssen, damit Objekte und Flächen nicht zu diffus oder "löcherig" wirken. Die Grösse der Punkte wiederum hat einen grossen Einfluss darauf, wie realistisch und ästhetisch die Darstellungen wirken.

Das Vorbereiten einer Objektbibliothek erwies sich als sehr hilfreich. Dadurch standen diverse Objekte zur Verfügung, auf die während der Komposition zurückgegriffen werden konnte. Bei allen in die Bibliothek integrierten Objekte wurde die Zahl der *Verts* notiert, die notwendig waren, um das Objekt als einzelnes Mesh darzustellen. Das hat geholfen, um mittels einer groben Aufsummierung abzuschätzen, wie viel Rechenkapazität für die Integration von Objekten freigehalten werden musste. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass der Anteil bei diesem Projekt bei nur ungefähr 1-2% Prozent gelegen hat. Somit wurde bereits bei den Tests für das *Thinning* der Flächen versucht, möglichst nahe an die Belastungsgrenze von Unity heran zu kommen.

Potential hat bei der Visualisierung von grossen Landschaftsgebieten auch die Kombination von Punktwolken mit einem unterliegenden Digitalen Geländemodell (DGM). Dadurch könnte das Problem gelöst werden, dass der Untergrund löcherig wirkt, wenn Landschaftsflächen durch zu wenige bzw. zu kleine Punkte dargestellt werden. Ein solches Geländemodell wurde in der ersten Version der Visualisierungen für die Expertenrunde noch verwendet. Jedoch gab es überraschenderweise einen nicht erkläraren Versatz von schätzungsweise bis zu 30m zwischen den Punktwolkendaten und dem DGM. Dies führte dazu, dass die Punktwolken nicht passend auf das DGM ausgerichtet werden konnten.

Dementsprechend blieben entweder grosse Teile der Daten unter dem DGM verborgen, oder sie waren schwebend über dem Geländemodell ausgerichtet, was zu unerwünschten Effekten führte. Dort wo die Landschaft aus farblich monotonen Flächen wie beispielsweise Wiesen bestand, traten die Effekte weniger gravierend in Erscheinung. Infrastrukturen wie zum Beispiel Strassen aber,

kamen unter den Punktwolken schräg versetzt ein zweites Mal als Teil des DGM's zum Vorschein. Deswegen konnte die Visualisierung bei der Expertenrunde nur aus einer Vogelperspektive gezeigt werden. Eine Fussgängerperspektive, von der aus flach vom Boden her in das Modell hätte geblickt werden können, offenbarte diese Fehler viel zu deutlich. Angenommen dieser Versatz könnte behoben werden (was eigentlich möglich sein sollte), würde diese Arbeitsweise jedoch auch zu einem deutlichen Mehraufwand führen. Es müssten für jedes Szenario die RGB-Werte des DGM's entsprechend den Manipulationen der Parzellenstruktur in den Punktwolken angepasst werden. Deshalb scheint es für die Darstellung von Landschaftsveränderungen in der Planungsphase der Szenarienentwicklung sinnvoll zu sein, die hier vorgestellte Visualisierungsmethode weiterzuentwickeln, da dafür der Einsatz von ALS-Daten ausreichend ist.

Die Visualisierungen für die Melioration Rothenfluh sollten Veränderungen des allgemeinen Landschaftsbildes deutlich machen. Dabei waren keine ausgewählten Schlüsselbereiche definiert, deren Illustrierung durch höher aufgelöste und realistischere Darstellungen einen ausgewiesenen Nutzen hätten darbieten können. Aus den oben genannten Gründen schien der schlussendlich gewählte Ansatz gemäss den Anforderungen der Workshops am geeignet zu sein und liess sich in nützlicher Frist umsetzen.

## 6.2 Welchen Realitätsgrad braucht es?

Ein zentraler Aspekt bei der Umsetzung der Visualisierungen betrifft die Frage nach dem notwendigen Grad an Realität, den die Darstellungen vermitteln sollen. Ein erster Orientierungspunkt ist dabei die Phase der Planung, in welcher die Visualisierungen zum Einsatz kommen sollen (Lovett et al., 2015; Wissen Hayek, 2011). In Rothenfluh wurden Visualisierungen einerseits eingesetzt, um Verbesserungen von Szenarien im Entwicklungsprozess zu diskutieren. Andererseits sollten sie die Kommunikation der fertig entwickelten Szenarien mit der im Meliorationsverfahren engagierten Bevölkerung unterstützen.

Die Aufgabe der Visualisierungen war es, vordefinierte Szenarien im Rahmen einer räumlichen Vision darzustellen. Diese Szenarien, auf deren Grundlage die Visualisierungen erarbeitet wurden, beinhalteten noch keine konkretisierten Planungsvorschläge, die eins zu eins umgesetzt werden konnten. Sie bestanden aus Faktoren mit unterschiedlichen Ausprägungen, die während des Visualisierungsprozesses interpretiert und kreativ in die Gestalt von visuellen 3D-Modellen übersetzt werden mussten. In diesem Sinne bestand der Zweck der Visualisierungen nicht darin, einen fertigen Bebauungsplan darzustellen, sondern vielmehr ging es darum, verschiedene Ideen einer möglichen Zukunft zu vermitteln, welche die verschiedenen Interessensvertreter\*innen zum Nachdenken und zum Diskurs anregen sollten.

Dem Planungsvorhabens der Melioration Rothenfluh entsprechend war es notwendig eine relativ grosse Landschaftskammer der Gemeinde darzustellen. Dieser Umstand hatte signifikante Auswirkungen auf die maximal mögliche Punktdichte des Modells, da die Leistungsfähigkeit von Unity 3D und die verfügbaren Rechenkapazitäten der Hardware beschränkt sind. Dementsprechend musste die Punktzahl mithilfe eines *Thinnings* reduziert werden. Im hier gewählten Ansatz hatte das wiederum zur Folge, dass die Grösse der einzelnen Punkte entsprechend erhöht werden musste, damit das Modell ästhetisch angenehm und nicht löcherig wirkte. Es wurde ein Kompromiss gefunden, in dem die einzelnen Landschaftselemente zwar immer noch gut erkennbar waren, der jedoch trotzdem zu einer schlechteren Auflösung führte. Vor allem der Vordergrund trat etwas verpixelt in Erscheinung, was die dort präsenten Objekte zu einem gewissen Grad abstrahierte.

Da die von der Melioration Rothenfluh anzustossenden Landschaftsveränderungen vor allem auf einer grossmasstäblichen Fläche zum Ausdruck kommen, ist die Darstellung von hochaufgelösten Details im Vordergrund nicht prioritär. Hauptsächlich ging es darum zu zeigen, wie verschiedene Varianten der Neuordnung von Bewirtschaftungsflächen sowie die Rodung, beziehungsweise das

Pflanzen von ökologischen Elementen wie Hecken und Baumgruppen das gesamte Landschaftsbild verändern könnten. Dieser Anspruch an den Masstab war ein limitierender Faktor auf den zu erreichenden Realitätsgrad.

Entsprechend wichtig war die Wahl der Perspektiven auf die erschaffenen Punktwolkenszenarien, um die Veränderungen in der ganzen Landschaftskammer in nur etwas mehr als einer Minute auch vermitteln zu können. Diese wurden oft so gewählt, dass eine weitwinklige Sicht gegeben war, wobei das Erkennen der Landschaftsveränderungen oft im Bildmittelgrund und -hintergrund stattfand.

Eine höher aufgelöste und sehr detailreiche Darstellung durch Punktwolken in Unity würde sicher auch ansprechend und ästhetisch aussehen. Jedoch würde sie nochmals einen bedeutenden Mehraufwand erfordern und wäre zudem aufgrund der Limitierungen von Software und Hardware auf einem Perimeter dieser Grösse nur begrenzt umzusetzen.

Hätte man zu Beginn einen fixen Kamerapfad festgelegt, wäre dies vielleicht ein möglicher Ansatz gewesen, Landschaftsteile mit höherer Punktdichte und kleinerer Punktgrösse im Vordergrund einzusetzen und mit zunehmender Entfernung weniger dichte Punktwolken zu verwenden. Jedoch ist anzunehmen, dass es bei dieser Vorgehensweise schwierig sein könnte, Übergänge zwischen unterschiedlich dichten Daten zu modellieren, ohne dass diese dabei störend ins Auge fallen. Die Arbeitsressourcen für die Umsetzung der Visualisierungen waren jedoch begrenzt und wie erwähnt, ein erhöhter Realitätsgrad im Vordergrund war ausserdem nicht unbedingt erstrebenswert.

Die leicht verpixelte Erscheinung der Visualisierungen, die auch in den Fragebögen bemängelt wurde, kann jedoch noch von einem anderen Standpunkt als möglicherweise vorteilhaft angesehen werden. Bei der visuellen Inszenierung solcher Szenarien besteht die Gefahr, dass die Betrachter\*innen dadurch eine sehr bildliche Vorstellung davon erhalten, die sie möglicherweise nicht mehr so einfach wieder loslassen können. Darauf wurde während des Workshops auch von einem Teilnehmer aufmerksam gemacht. Meines Erachtens ist die Hypothese vertretbar, dass ein gewisser Grad an Abstraktion förderlich sein kann, damit Betrachtende die Visualisierung nicht mit einer konkreten Voraussage einer bereits geplanten zukünftigen Realität verwechseln.

### 6.3 Wie die Visualisierungen präsentieren?

In welcher Form sollte man die Landschaftsmodelle dem Publikum präsentieren? Auch hier hängt die Antwort auf die Frage stark vom Kontext der Planung und der Organisation des Begleitverfahrens ab (Lovett et al., 2015; Wissen Hayek, 2011).

Im Visualisierungsprozess für die kooperativen Veranstaltungen der Melioration Rothenfluh kam besonders der Umstand zum Tragen, dass die Visualisierungen virtuell präsentiert werden mussten. Einerseits war deshalb ein gewisser Zeitdruck gegeben, andererseits war die Präsentation der Visualisierungen von der Rechenleistung und verfügbaren Bandbreite der teilnehmenden Bewohner\*innen von Rothenfluh abhängig. Erfahrungsgemäss sind hier die privaten Kapazitäten im ländlichen Raum eher etwas begrenzter, als dass man es von einer Versammlung im Gemeindesaal mit Benutzung eines eigenen Visualisierungscomputers hätte erwarten dürfen.

Ursprünglich war es angedacht, die Unity Engine für das Erstellen einer Echtzeit-Simulation zu verwenden. Aus den oben genannten Gründen wurde jedoch darauf verzichtet und das Erstellen von Videos im gegebenen Kontext als die am besten geeignete Visualisierungsform betrachtet.

Im Hinblick auf die verfügbare Zeitspanne für die Präsentation der Visualisierungen hatten sie einer Echtzeitsimulation gegenüber den Vorteil, dass die Perspektiven, mit welchen die Betrachter\*innen durch das Modell geführt wurden, im Voraus genau definiert werden konnte. So konnte innerhalb von etwas mehr als einer Minute das ganze umgestaltete Landschaftsgebiet aus der Vogelsowie der Fussgängerperspektive gezeigt werden. Eine Echtzeitsimulation wäre möglich gewesen, wenn alle Teilnehmenden die Visualisierungen selbstständig hätten erkunden können. Dies war durch das virtuelle Format jedoch kaum möglich gewesen. Die dafür notwendigen technischen Fertigkeiten sowie Hardwarekapazitäten konnten schlichtweg nicht als bei allen Teilnehmenden vorhanden

vorausgesetzt werden. Selbst wenn eine moderierende Person in Echtzeit durch die Visualisierungen gesteuert und dem Diskussionsverlauf entsprechend bestimmte Gebiete genauer erkundet hätte, wären diese Bilder aufgrund des Streamings via Zoom bei den Teilnehmenden nicht flüssig abgelaufen. Dies wäre höchst unzufriedenstellend gewesen, denn es gilt Frustrationen bei Nutzer\*innen aufgrund ruckelnd ablaufender Visualisierungen unbedingt zu vermeiden (M. Vetter, 2019).

Der Zugang zu den Videos konnte jedoch allen in bester Qualität ermöglicht werden, indem sie vor dem Workshop auf YouTube hochgeladen wurden. Selbst mit einer schlechten Internetverbindung können dort Videos in HD-Qualität geschaut werden. Es muss dann lediglich eine entsprechende Wartezeit in Kauf genommen werden.

Die zusätzlichen Informationen, die den Teilnehmenden während der Präsentation der Videos vorgetragen wurden, schienen verstanden worden zu sein. Es kam zwar eine Rückmeldung, dass diese Kommentare hilfreich waren und nicht weggelassen werden sollten, gleichzeitig haben sich Leute aber auch am Begriff der "Monokulturen" für die Bezeichnung der grossen Parzellen in Szenario C gestört. Das zeigt, dass die Sprache unbedingt präzise gewählt werden sollte, besonders wenn die kommentierten Themen den Fachbereich der Anwesenden tangieren.

Zusammengefasst schien es am zielführendsten, die Visualisierungen als Videos zu präsentieren, da sie a) einfach einsetzbar waren (die Teilnehmenden mussten nur zuschauen), b) alle relevanten Bereiche der Visualisierungen aus geeigneter Perspektive zeigen konnten, c) die Szenarieninhalte in kurzer Zeit vermitteln konnten, d) bereits vor dem Workshop in guter Qualität zur Verfügung gestellt werden konnten und e) simultan durch eine Off-Voice begleitet werden konnten, um präzise zu erläutern, was auf den Videos zu sehen war.

## 6.4 Diskussion des Nutzens der Visualisierungen

Bereits zu Beginn des Visualisierungsprozesses wurde deutlich, dass die Komplexität der Szenarieninhalte nicht in ihrer Fülle dargestellt werden konnte. Denn die Mehrheit der 26 Faktoren beziehen sich auf Themen, die nicht direkt visuell darstellbar sind. Der Nutzen der Visualisierungen zeigte sich aber auch gerade darin, dass sie die Komplexität der Szenarien aufbrechen und auf die räumlichen Konsequenzen beschränken konnten.

Gemäss den Rückmeldungen aus den Gesprächen an den Veranstaltungen und den Angaben in den Fragebogen wurden die Visualisierungen von einer deutlichen Mehrheit als hilfreiches Kommunikationsmittel empfunden. Aufbereitet als animierte Videos konnten sie den Stakeholder\*innen einen einfachen Zugang bieten, der ihnen geholfen hat, die Szenarien zu bewerten, sich einen Überblick zu verschaffen und die räumlichen Konsequenzen der verschiedenen Szenarien abzuschätzen. Denn in dieser, der menschlichen Wahrnehmung vertrauten Darstellungsform, wurden die Szenarien für sie greifbarer und einfacher verständlich (Kwartler, 2005).

Wie während der Expertenrunde vom 01.12.2020 erwähnt wurde, fehlte den an der Entwicklung des Zukunftsbildes beteiligten Bewohnern der Bezug zum Rothenfluh Landschaftsbild. Dort wurde mit dem Web-basierten Tool «Vision Sketch» an Rothenfluh-ähnlichen Visualisierungen gearbeitet (incolab, 2021). Einer der wichtigsten Vorteile von Punktwolkensvisualisierungen ist ihre Eigenschaft, alle zum Zeitpunkt der Datenaufnahme in der Landschaft sichtbaren Elemente präzise und realitätsgetreu abzubilden (Wang et al., 2020; Lin, 2016). Das wurde als eine Stärke der Visualisierungen wahrgenommen, wie aus dem Gruppengespräch und dem Fragebogen hervorgegangen ist. So konnten die Veränderungen in das Abbild der *echten* Rothenfluh Landschaft eingebettet werden, welche die manipulierten Bereiche grossräumig umfasste. Eine solche Realitätstreue wäre in diesem Massstab durch Nachmodellieren der Landschaft kaum zu erreichen und zudem mit immensem Arbeitsaufwand verbunden.

Aufgrund der Genauigkeit und der detaillierten Wiedergabe von vorhandenen Landschaftselementen konnten sich die Teilnehmenden sehr gut in der Landschaft orientieren und sie während der Präsentation an den Workshops auch als die ihre erkennen. Dies ist wohl auch auf den ani-



mierten Kameraflug zurückzuführen. Denn die kontinuierliche Bewegung durch das Modell bietet die Grundlage, die Landschaft aufgrund der flüssigen Wechsel zwischen den Perspektiven, in ihrer Tiefe wahrzunehmen (Schroth, 2007). Dieses Wiedererkennen und sich mit den Visualisierungen identifizieren zu können, scheint eine wichtige Voraussetzung dafür zu sein, dass die darin gezeigten Landschaftsveränderungen auch ernst genommen und kritisch diskutiert wurden.

Durch das die Szenarien mittels eines visuellen Mediums kommuniziert wurden, welches alle Teilnehmenden zur gleichen Zeit und aus der gleichen Sicht präsentiert bekommen haben, wurde ihnen ein kollektives Erfahren von plausiblen Möglichkeiten ihrer eigenen Zukunft ermöglicht. Dadurch hatte die Gruppe eine gemeinsame Basis, um über die Szenarien zu diskutieren. Über die verschiedenen Wortmeldungen hatte sich beispielsweise nach und nach herauskristallisiert, dass das Szenario A, das von der grossen Mehrheit favorisierte Szenario war. Die Szenarien C und B dagegen wurden von fast allen Teilnehmenden abgelehnt.

Die Meldung einer Person, dass sie sich einzelne Gebiete durchaus mit so grossen Flächen wie in Szenario C vorstellen könne zeigt, dass die aus dem Betrachten der Visualisierungen entstandenen Gespräche durchaus neue und kreativere Sichtweisen hervorbringen konnten (Kosow & León, 2015). Ebenso die Diskussionen darüber, dass das Szenario A ökologische Massnahmen zu sehr fördere, obwohl es am ehesten dem Zukunftsbild entspräche. Die Bemerkungen darüber, dass dort durch fehlende Zugänge die Bewirtschaftung der Flächen erschwert würde und deshalb eine Mischung zwischen Szenario A und E geeigneter wäre zeigt auf, dass die Visualisierungen die diskursive Verarbeitung der Szenarieninhalte anregen konnte.

Ergänzend sollen für diesen Prozess im Folgenden noch drei weitere Beispiele genannt werden: Ein Landwirt machte während der Expertenrunde einen konkreten Vorschlag für die Errichtung einer Sport- und Freizeitzone an einem konkreten Ort (1). Einige Personen lehnten den Bau von Gewächshäusern kategorisch ab und argumentierten während des Workshops im Gespräch gemeinsam dagegen, da diese für Rothenfluh nicht standortgerecht seien (2). Die Gliederung der Landschaft in grosse einheitliche Bewirtschaftungsflächen (Szenario C) wurde von mehreren Personen als unrealistisch bezeichnet, da dies aufgrund der Topografie in Rothenfluh gar nicht möglich sei(3).

Der Nutzen der Visualisierungen bestand darin, dass sie geholfen haben den Rahmen zu definieren, in dem die von den Szenarien organisierten Informationen verständlich gemacht werden konnten (Perlik et al., 2008). Indem sie Gespräche und Reaktionen hervorgerufen haben, konnten die Visualisierungen die Ziele des Workshops im Sinne der in den Grundlagen definierten Funktionen der Szenario-Technik erfüllen (Kosow & Gaßner, 2008).

## 7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die übergeordnete Fragestellung dieser Arbeit lautet "Wie können auf Punktwolken basierende 3D-Landschaftsvisualisierungen in kooperativen Workshops eingesetzt werden, um die Kommunikation verschiedener Entwicklungsszenarien zu unterstützen?"

Diese Forschungsfrage wurde durch die Untersuchung von vier untergeordneten Fragestellungen zu beantworten versucht. Sie lässt sich jedoch nicht abschliessend beantworten, da es natürlich zahlreiche verschiedene Möglichkeiten gibt, um 3D-Landschaftsvisualisierungen mit Punktwolken zu erstellen und diese auch einzusetzen. Dennoch konnte ein lösungsorientierter Visualisierungsworkflow entwickelt und wertvolle Erkenntnisse über den Einsatz solcher Visualisierungen an kooperativen Workshops gewonnen werden. Besonders auch im Hinblick auf die spezielle Situation der virtuellen Durchführung der Veranstaltungen, konnten sich die Visualisierungen als zielführend und den gegebenen Umständen angepasst als geeignet erweisen. Im Folgenden werden die Erkenntnisse aus der Diskussion nocheinmals zusammengefasst und den anfangs definierten Forschungsfragen zugeordnet um diese zu beantworten.

### 1. Wie können Landschaftsveränderungen durch Punktwolkenvisualisierungen dargestellt werden?

In dieser Masterarbeit konnte ein Ansatz entwickelt werden, der es ermöglicht Punktwolkenmodelle zu manipulieren, um verschiedene Entwicklungsszenarien der Landschaft von Rothenfluh darzustellen. Es gelang eine Methode zu finden, mit der nicht nur einzelne Elemente aus der Landschaft von Rothenfluh entfernt oder zu ihr hinzugefügt werden konnten, sondern es konnten auch Veränderungen der Parzellenstrukturen von den landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsflächen dargestellt werden, die bei Meliorationen im Allgemeinen ein Kernanliegen der Projekte sind.

Nachdem umfangreiche Versuche und Vergleiche ausgeführt worden waren und der definitive Workflow feststand, konnten die Visualisierungen innerhalb einer Woche realisiert werden. Dafür wurde ausschliesslich auf für die meisten Gebiete der Schweiz frei verfügbare ALS-Daten zurückgegriffen. Dementsprechend ist für die Umsetzung der Methode keine eigene Datenerhebung nötig. Einzig der einmalige Erwerb des Unity Plug-in Point Cloud Viewer and Tools sowie einer Lizenz für die Erweiterung LIS Pro 3D der kostenlosen Software SAGA GIS sind erforderlich. Je nachdem wie gross das zu manipulierende Landschaftsgebiet ist, wie viele Szenarien umgesetzt werden sollen und wie detailliert deren Inhalte sind, wird entsprechend mehr oder weniger Zeit benötigt.

Folglich konnte ein Beitrag zu der bestehenden Forschungslücke bezüglich der Möglichkeiten zur Darstellung von *Veränderungen* von Landschaften mithilfe von Punktwolken Daten geleistet werden. Die für die Methode aufzuwendenden Kosten sollten auch für kleinere ländliche Gemeinden tragbar sein, die keine grossen finanziellen Ressourcen zur Verfügung haben. Insofern konnte mit dieser Arbeit ein Beitrag geleistet werden, der die Digitalisierung in solchen Gemeinden in Zukunft voranbringen kann.

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass die Anwendungsmöglichkeiten in diesem Bereich aktuell ständig weiterentwickelt werden. Gegenwärtig wurden während des Abschlusses dieser Masterarbeit bereits weitere Fortschritte gemacht, die Lösungen für die vorliegenden Probleme anbieten können. Diese werden zuletzt im Abschnitt Ausblick kurz vorgestellt und im Hinblick auf die in dieser Thesis erarbeiteten Erkenntnisse diskutiert.

## **2. Wie sollte der Realitätsgrad der Visualisierungen gestaltet werden, um die relevanten Informationen der Szenarien bestmöglich vermitteln zu können?**

Es konnte ein geeigneter Realitätsgrad gefunden werden, um die Szenarien der Rothenfluh Landschaft auf eine Weise darzustellen, so dass sie für die Teilnehmenden des Workshops verständlich waren und von ihnen akzeptiert wurden. Es hat sich gezeigt, dass die Landschaftsveränderungen dafür nicht in der bestmöglichen Auflösung dargestellt werden mussten. Obwohl vor allem im Vordergrund die Punkte als relativ grosse einzelne Pixel auftreten und so die abgebildeten Landschaftselemente abstrakt und "digital" erscheinen lassen, wurden die Darstellungen hauptsächlich positiv wahrgenommen und nur wenig kritisiert.

Dies steht hauptsächlich mit zwei Aspekten im Zusammenhang. Erstens waren die dargestellten Landschaftsveränderungen vor allem im Mittel- und Hintergrund der Videoeinstellungen zu erkennen. Dort vor allem wird das Landschaftsbild als ganzes sichtbar. Insofern spielte der Vordergrund der Visualisierungen eher eine untergeordnete Rolle. Zweitens erschliesst sich die positive Bewertung der Visualisierungen zu einem grossen Teil aus den Eigenschaften der mittels Laserscanning generierten Punktwolken an sich. Obwohl die Punktgrösse der Daten um ein vielfaches vergrössert werden musste, enthalten diese alle (zum Zeitpunkt der Aufnahme) in der Landschaft präsenten Objekte und widerspiegeln die vorhandenen topografischen Gegebenheiten nahezu perfekt. Das führte dazu, dass sich die Betrachter\*innen in einem hohen Mass mit den Visualisierungen identifizieren konnten. Denn sie konnten *ihre* Landschaft wiedererkennen und sich an den ihnen bekannten Landmarken orientieren.

## **3. Wie müssen die Visualisierungen präsentiert werden, damit sie die konzeptuellen Inhalte der Szenarien verständlich transportieren können?**

Für die kooperativen Workshops im Rahmen der Melioration Rothenfluh wurde die Präsentation der Szenariovisualisierungen in der Form von Videos als die am besten geeigneteste Präsentationsform gehalten. So konnten in möglichst kurzer Zeit die nötigen Perspektiven gezeigt werden, um den Teilnehmenden die Landschaftsszenarios zu vermitteln.

Simultanes Kommentieren konnte den übertragenden Informationsgehalt noch steigern, beziehungsweise förderlich dafür sein, dass die zu kommunizierenden Inhalte auch möglichst umfassend bei den Empfänger\*innen angekommen sind.

Die Aufbereitung der Punktwolkenmodelle als Videos ermöglichte es, diese den Teilnehmenden vorab des Workshops zur Verfügung zu stellen. Im Hinblick auf die virtuelle Durchführung des Workshops konnten dadurch eventuell bestehende technische Limitierungen seitens der Bewohner\*innen von Rothenfluh umgangen werden. Da die Videos auf YouTube zugänglich gemacht wurden, konnte sichergestellt werden, dass sie von allen in bestmöglicher Qualität gesehen werden konnten.

## **4. Welchen Nutzen haben die Visualisierungen für die Kommunikation in den Workshops?**

Die Visualisierungen wurden von allen Workshop-Teilnehmenden als nützlich empfunden, um die Szenarien zu diskutieren. Sie waren hilfreich, da sie die relativ komplexen Szenarien in eine visuelle Form übersetzten, die einfach zu verstehen war. Die Szenarien waren durch insgesamt 26 verschiedene Faktoren unterschiedlicher Ausprägung charakterisiert und wurden durch davon abgeleiteten Textnarrativen beschrieben. Die Visualisierungen konnten diese nicht vollumfänglich abbilden, jedoch konnten sie aufzeigen, welche konkreten räumlichen Konsequenzen die verschiedenen Szenarien möglicherweise für Rothenfluh haben würden. Die Videos konnten als gemeinsamer Ausgangspunkt für Diskussionen darüber dienen, ob eine bestimmte Entwicklung für Rothenfluh überhaupt rea-

listisch wäre beziehungsweise, ob sie gemäss dem von der Bevölkerung entwickelten Zukunftsbild überhaupt erwünscht war. Durch die in den Visualisierungen gezeigten Bilder wurde der Diskurs über die Szenarien angeregt und die Teilnehmenden positionierten sich für oder gegen bestimmte Entwicklungen, die sie in den Videos beobachtet hatten. Weiter wurde die Kombination von spezifischen Elementen aus unterschiedlichen Szenarien vorgeschlagen. Darin wird deutlich, dass die Visualisierungen die vier verschiedenen Zielfunktionen der Szenario-Technik am Synthese Workshop erfolgreich unterstützen konnten.

## Ausblick

In der Folge des technologischen Fortschritts wurde es in der Vergangenheit zunehmend möglich, Punktwolken mit immer grösseren Datenvolumen zu visualisieren. Diese Entwicklung wird sich auch in der Zukunft fortsetzen. Web-basierte Plattformen, welche die Visualisierung von Punktwolken ermöglichen, erfreuen sich bereits seit einigen Jahren an zunehmender Beliebtheit. Als bekannte Plattformen zu nennen sind zum Beispiel die Viewer von Potree (2021) oder der Point Cloud Technology GmbH (2021). Diese ermöglichen die Darstellung von massiven Punktwolkendaten und erlauben auch die Einstellung verschiedener Parameter, wie zum Beispiel Punktdichte oder Punktgrösse.

Eine aktuelle Entwicklung ist der Launch des Cesium for Unreal Plug-in für die Unreal Game Engine (Cesium GS, Inc., 2021a). Die Cesium Plattform bietet neben der Bereitstellung einer globalen Sammlung von Geodaten über CesiumION, die web-basierte Visualisierung von 3D-Geodaten verschiedener Formate via CesiumJS, darunter auch Punktwolken (Cesium GS, Inc., 2021b, 2021c). Mit dem im März 2021 veröffentlichten Plug-in können 3D-Visualisierungen auf Basis von massiven Geodaten in Echtzeit aus der Unreal Engine gestreamt werden. Durch die Streaming-Technologie können sehr grosse Datenmengen flüssig abgespielt werden, wogegen das Rendering in der Engine deutlich mehr Zeit in Anspruch nimmt und keine zufriedenstellende Performanz liefert (Sheh-zan, 2021). Dadurch eröffnen sich neue Möglichkeiten, um Geodaten potenziellen Nutzer\*innen in Planungsprozessen zu präsentieren. Diese können dadurch hoch-realistische virtuelle Welten ihrer bekannten Umgebung erkunden. Der Ansatz könnte auch für die Präsentation von Punktwolkenszenarien in kooperativen Workshops genutzt werden und besitzt grosses Potenzial, eine verbesserte Qualität von Landschaftsszenarien zu ermöglichen. In Bezug auf die virtuell durchgeführten Veranstaltungen in Rothenfluh scheint die Bereitstellung von Videos via YouTube aber dennoch die am besten geeignete Lösung gewesen zu sein. Auch wenn das Streaming über Cesium einwandfrei funktionieren würde, käme es aufgrund der Präsentation an der Videokonferenz über das Teilen des eigenen Bildschirms trotzdem zu einer stockenden Übertragung. Aus Erfahrung kann festgehalten werden, dass Videos nie flüssig ablaufen, wenn sie in einer Zoom-Konferenz über einen geteilten Bildschirm gezeigt werden.

Für die Bearbeitung von Punktwolken zur Darstellung von Landschaftsveränderungen sind die verfügbaren Werkzeuge bisher beschränkt und setzen relativ aufwändige Datenverarbeitungsprozesse voraus. Es ist jedoch anzunehmen, dass in naher Zukunft auch in diesem Bereich grosse Fortschritte gemacht werden, da die entsprechenden Softwareangebote stetig weiterentwickelt werden. Im Hinblick auf die Visualisierung von Punktwolken in Unity kann das Interesse der Community die Entwicklung von zusätzlichen Tools fördern. Einerseits aufgrund der gesteigerten Nachfrage und auch weil Scripts von Nutzer\*innen selbst geschrieben und integriert werden können. Beispielsweise bestand während des Visualisierungsprozesses für diese Arbeit gelegentlich Kontakt zum Entwickler des Plug-ins Point Cloud Viewer and Tools. Auf Anfrage wurde nun eine Funktion für die Darstellung der Punktgrösse in Abhängigkeit zur Distanz der Kamera mit dem letzten Update vom Februar 2021 hinzugefügt. Die Bearbeitung von Punktwolkendaten und ihre Anwendung in partizipativen Planungsprozessen steht wohl noch ganz am Anfang einer möglicherweise grossen Erfolgsgeschichte. Mit Blick auf die gegenwärtigen Entwicklungen kann jedoch die Aussage gewagt werden, dass der Einsatz solcher Techniken in Zukunft zu einem Standard wird, wenn es darum geht Teile der Öffentlichkeit in wissensbasierte Entscheidungsfindungsprozesse miteinzubeziehen.

## Referenzen

- Agisoft. (2015). Photoscan, Version 1.2.0, build 2152 [Software]. Verfügbar 14. Juni 2021 unter <https://www.agisoft.com/>
- Andaru, R., Cahyono, B. K., Riyadi, G., Istarno, Djurdjani, Ramadhan, G. R. & Tuntas, S. (2019). The combination of terrestrial LiDAR and UAV photogrammetry for interactive architectural heritage visualization using unity 3D game engine. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W17, 39–44. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W17-39-2019>
- Antrop, M. (2001). The language of landscape ecologists and planners. *Landscape and Urban Planning*, 55(3), 163–173. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00151-7](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00151-7)
- Benita, F., Perhac, J., Tunçer, B., Burkhard, R. & Schubiger, S. (2020). 3D-4D visualisation of IoT data from Singapore’s National Science Experiment. *Journal of Spatial Science*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/14498596.2020.1726219>
- Beunen, R. & Opdam, P. (2011). When landscape planning becomes landscape governance, what happens to the science? *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 324–326. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.01.018>
- Bishop, P., Hines, A. & Collins, T. (2007). The current state of scenario development: an overview of techniques. *Foresight*, 9(1), 5–25. <https://doi.org/10.1108/14636680710727516>
- Bonczak, B. & Kontokosta, C. E. (2019). Large-scale parameterization of 3D building morphology in complex urban landscapes using aerial LiDAR and city administrative data. *Computers, Environment and Urban Systems*, 73, 126–142. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.09.004>
- Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K.-H., Ekvall, T. & Finnveden, G. (2006). Scenario types and techniques: Towards a user’s guide. *Futures*, 38(7), 723–739. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.12.002>
- Bosshard, A. (2001). Vernetzungsprojekte und Landschaftsentwicklungskonzepte (LEK) in der Praxis. *Raum und Umwelt*, (10), 52–63.
- Botequilha Leitão, A. & Ahern, J. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59(2), 65–93. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00005-1)
- Bryan, B. A. (2003). Physical environmental modeling, visualization and query for supporting landscape planning decisions. *Landscape and Urban Planning*, 65(4), 237–259. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(03\)00059-8](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(03)00059-8)
- Bundesamt für Landwirtschaft. (2020). *Strukturverbesserungen im ländlichen Raum. Gesamtübersicht* (Techn. Ber.). Verfügbar 25. Februar 2021 unter <https://www.blw.admin.ch>
- Bundesamt für Statistik. (2020). *Bilanz der ständigen Wohnbevölkerung, 1861-2019*. Verfügbar 25. Februar 2021 unter <https://www.bfs.admin.ch>
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. (2003). *Landschaft 2020 – Erläuterungen und Programm. Synthese zum Leitbild des BUWAL für Natur und Landschaft* (Techn. Ber.). Bern. Verfügbar 25. Februar 2021 unter <https://www.bafu.admin.ch>
- Buyuksalih, I., Bayburt, S., Buyuksalih, G., Baskaraca, A. P., Karim, H. & Rahman, A. A. (2017). 3D modelling and visualization based on the unity game engine - advantages and challenges. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-4/W4, 161–166. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W4-161-2017>



- Cesium GS, Inc. (2021a). Cesium for Unreal [Software]. Verfügbar 26. Juni 2021 unter <https://cesium.com/platform/cesium-for-unreal>
- Cesium GS, Inc. (2021b). CesiumION [Software]. Verfügbar 26. Juni 2021 unter <https://cesium.com/platform/cesium-ion/>
- Cesium GS, Inc. (2021c). CesiumJS, Version 1.82 [Software]. Verfügbar 26. Juni 2021 unter <https://cesium.com/downloads/>
- CloudCompare. (2020). Version 2.11.3 (Anoia) [Software]. Verfügbar 14. Juni 2021 unter <https://www.danielgm.net/cc/>
- Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V. & Böhner, J. (2015). System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. *Geoscientific Model Development*, 8(7), 1991–2007. <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>
- Council of Europe. (2000). *European Landscape Convention - Explanatory Report* (Techn. Ber.). Verfügbar 25. Februar 2021 unter <https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/176>
- Danielczyk, R. & Sondermann, M. (2018). Informelle Planung. In ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.), *Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung* (S. 963–974). ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung: Hannover.
- Denzin, N. K. (1970). *The Research Act: A theoretical introduction to sociological methods*. Aldine Pub. Co.: Chicago.
- Denzin, N. K. (1989). *The Research Act: A theoretical introduction to sociological methods* (3. Auflage). Prentice Hall: Englewood Cliffs.
- Denzin, N. K. (2015). Triangulation. In G. Ritzer (Hrsg.), *The Blackwell Encyclopedia of Sociology*. John Wiley & Sons, Ltd.: Oxford. <https://doi.org/10.1002/9781405165518.wbeost050.pub2>
- Discher, S., Richter, R. & Döllner, J. (2015). Echtzeit-Rendering-Techniken für 3D-Punktwolken basierend auf semantischen und topologischen Attributen. *Tagungsbände der 35. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der DGPF*, 25, 8.
- Dockerty, T., Lovett, A., Sünnerberg, G., Appleton, K. & Parry, M. (2005). Visualising the potential impacts of climate change on rural landscapes. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(3), 297–320. <https://doi.org/10.1016/j.compenurbsys.2004.05.004>
- Epic Games. (2021). Unreal Engine, Version 4.26 [Software]. Verfügbar 18. Juni 2021 unter <https://www.unrealengine.com>
- Ervin, S. M. (2001). Digital landscape modeling and visualization: a research agenda. *Landscape and Urban Planning*, 54(1-4), 49–62. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00125-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00125-6)
- Fischer, J., Wissen Hayek, U. & Galleguillos Torres, M. (2020). Investigating Effects of Animated 3D Point Cloud Simulations on Emotional Responses. *DLA' 20, 21th International Conference on Digital Landscape Architecture* (S. 295–304). Wichmann Verlag, VDE Verlag GmbH: Berlin, Offenbach. <https://doi.org/10.14627/537690031>
- Flick, U. (2004). *Triangulation: eine Einführung* (1. Aufl.). VS, Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden.
- Fürst, D., Scholles, F. & Sinning, H. (2001). Probleme und Erfolgsfaktoren der Partizipation. *Handbuch Theorien+Methoden der Raum- und Umweltplanung* (S. 407). Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur: Dortmund.
- Gemeinde Rothenfluh. (2011). Gesamtmelioration Rothenfluh. Grundsatzprotokoll Bezugsgebiet.
- Gohl, C. & Wüst, J. (2008). Beteiligung braucht Wissen - Beteiligung schafft Wissen. In A. Vetter (Hrsg.), *Erfolgsbedingungen lokaler Bürgerbeteiligung* (1. Aufl, S. 259–280). VS, Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden.
- Hackel, T., Wegner, J. D. & Schindler, K. (2016). Fast semantic segmentation of 3D point clouds with strongly varying density. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, III-3, 177–184. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-III-3-177-2016>

- Hassan, R., Hansen, T. B. & Nordh, H. (2014). Visualizations in the planning process. A study of communication and understanding. *Proceedings CAADRIA 2014*, 65–74.
- Hilker, T., van Leeuwen, M., Coops, N. C., Wulder, M. A., Newnham, G. J., Jupp, D. L. B. & Culvenor, D. S. (2010). Comparing canopy metrics derived from terrestrial and airborne laser scanning in a Douglas-[U+FB01]r dominated forest stand. *Trees*, 2010(24), 819–832.
- incolab. (2020). *Rothenfluh - Zukunftsbild und Szenarien* (Techn. Ber.). Zürich. Verfügbar 12. Oktober 2020 unter <https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/gemeinden/rothenfluh/melioration/aktuelles>
- incolab. (2021). *Zukunftsbild und Szenarien Rothenfluh BL. Schlüsselmomente auf dem Weg in die gewünschte Zukunft. Schlussbericht* (Techn. Ber.). Zürich.
- Keil, J., Edler, D., Schmitt, T. & Dickmann, F. (2021). Creating Immersive Virtual Environments Based on Open Geospatial Data and Game Engines. *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*, 71(1), 53–65. <https://doi.org/10.1007/s42489-020-00069-6>
- Kerber, H., Schramm, E. & Winker, M. (2014). *Partizipative Szenarioverfahren - zur methodischen Ableitung von Zukunftsbildern. Das Projekt SAUBER+ als Beispiel*. ISOE - Institut für sozial-ökologische Forschung: Frankfurt a. M.
- Khoury, M., Gibson, M. J., Savic, D., Chen, A. S., Vamvakeridou-Lyroudia, L., Langford, H. & Wigley, S. (2018). A Serious Game Designed to Explore and Understand the Complexities of Flood Mitigation Options in Urban–Rural Catchments [Number: 12 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute]. *Water*, 10(12), 1885. <https://doi.org/10.3390/w10121885>
- Kosow, H. & Gaßner, R. (2008). *Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse: Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien*. IZT: Berlin.
- Kosow, H. & León, C. D. (2015). Die Szenariotechnik als Methode der Experten- und Stakeholder-einbindung. In M. Niederberger & S. Wassermann (Hrsg.), *Methoden der Experten- und Stakeholdereinbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung* (S. 217–242). Springer Fachmedien Wiesbaden: Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-01687-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-658-01687-6_11)
- Kröpfli, C. & Knaus, F. (2016). Eine Methode zur naturschutzfachlichen Bewertung von Meliorationen. *Geomatik Schweiz*, 114(12), 429–430. <https://doi.org/10.3929/ETHZ-A-010786480>
- Kwartler, M. (2005). Visualization in support of public participation. In I. Bishop & E. Lange (Hrsg.), *Visualization in landscape and environmental planning* (S. 251–260). Taylor & Francis: London.
- Lange, E., Schroth, O., Wissen, U. & Schmid, W. A. (2003). Anforderungen an Visualisierungstools zur Partizipation der Öffentlichkeit bei der Bewertung der Landschaftsentwicklung. *Proceedings CORP 2003*, 553–556.
- Laserdata GmbH. (2021). LIS Pro 3D, LIS 3.0 [Software]. Verfügbar 14. Juni 2021 unter [https://www.laserdata.at/lis\\_pro\\_3d.html](https://www.laserdata.at/lis_pro_3d.html)
- Li, P. & Petschek, P. (2014). From Landscape Surveying to Landscape Design – A Case Study in Nanjing, P. R. China. In U. Wissen Hayek, P. Fricker & E. Buhmann (Hrsg.), *Peer reviewed proceedings of digital landscape architecture 2014* (S. 232–237). Wichmann Verlag, VDE Verlag GmbH: Berlin, Offenbach.
- Li, W., Wang, C., Lin, C., Xiao, G., Wen, C. & Li, J. (2020). Inlier extraction for point cloud registration via supervoxel guidance and game theory optimization. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 163, 284–299. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.01.021>
- Lin, E. (2016). *Point Clouds as a Representative and Performative Format for Landscape Architecture - A Case Study of the Ciliwung River in Jakarta, Indonesia* (Diss.). ETH Zurich (Nr. 23299). Zürich. Verfügbar 10. Juni 2021 unter <http://hdl.handle.net/20.500.11850/155596>
- Lovett, A., Appleton, K., Warren-Kretschmar, B. & Von Haaren, C. (2015). Using 3D visualization methods in landscape planning: An evaluation of options and practical issues. *Landscape and Urban Planning*, 142, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.021>

- Mahmoudabadi, H., Olsen, M. J. & Todorovic, S. (2016). Efficient terrestrial laser scan segmentation exploiting data structure. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 119, 135–150. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.05.015>
- Manyoky, M., Wissen Hayek, U., Pieren, R., Heutschi, K. & Grêt-Regamey, A. (2016). Evaluating a visual-acoustic simulation for wind park assessment. *Landscape and Urban Planning*, 153, 180–197. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.03.013>
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarbeitete Auflage). Beltz Verlag: Weinheim, Basel.
- Mayring, P. (2016). *Einführung in die qualitative Sozialforschung: eine Anleitung zu qualitativem Denken* (6., überarbeitete Auflage). Beltz Verlag: Weinheim, Basel.
- Meitner, M. J., Sheppard, S. R., Cavens, D., Gandy, R., Picard, P., Harshaw, H. & Harrison, D. (2005). The multiple roles of environmental data visualization in evaluating alternative forest management strategies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 49(1), 192–205. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.03.002>
- Mergener, A. & Décieux, J. P. (2018). Die „Kunst“ des Fragenstellens. In B. Keller, H.-W. Klein & T. Wirth (Hrsg.), *Qualität und Data Science in der Marktforschung* (S. 81–97). Springer Fachmedien Wiesbaden: Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-19660-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-658-19660-8_6)
- Oeschger, V., Schmidlin, J., Lüthy, M. & Peter, B. (2009). *Vorstudie / Entwicklungskonzept Landwirtschaft und Landschaft. Bericht.* (Techn. Ber.). Koch + Partner, Agrofutura. Laufenburg / Rheinfelden, Frick. Verfügbar 25. August 2020 unter <https://www.baselland.ch/politik-und-behörden/gemeinden/rothenfluh/melioration/vorgeschichte>
- Paar, P., Schroth, O., Wissen, U., Lange, E. & Schmid, W. A. (2004). Steckt der Teufel im Detail? Eignung unterschiedlicher Detailgrade und Maßstäbe von 3D Landschaftsvisualisierung für Bürgerbeteiligung und Entscheidungsunterstützung. *Proceedings CORP 2004*, 535–541.
- Pahl-Weber, E. (2010). Informelle Planung in der Stadt- und Regionalplanung. In D. Henckel, K. von Kuczowski, P. Lau, E. Pahl-Weber & F. Stellmacher (Hrsg.), *Planen-Bauen-Umwelt: ein Handbuch* (1. Aufl, S. 227–232). VS, Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden.
- Park, Y. & Guldmann, J.-M. (2019). Creating 3D city models with building footprints and LIDAR point cloud classification: A machine learning approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, 75, 76–89. <https://doi.org/10.1016/j.compenurbsys.2019.01.004>
- Perhac, J., Zeng, W., Asada, S., Arisona, S. M., Schubiger, S., Burkhard, R. & Klein, B. (2017). Urban Fusion: Visualizing Urban Data Fused with Social Feeds via a Game Engine. *2017 21st International Conference Information Visualisation (IV)*, 312–317. <https://doi.org/10.1109/iV.2017.33>
- Perlik, M., Wissen, U., Schuler, M., Hofschreuder, J., Jarne, A., Keiner, M., Cavens, D. & Schmid, W. A. (2008). *Szenarien für die nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung in der Schweiz (2005-2030)* (Techn. Ber.). ETH Zürich. Zürich. Verfügbar 19. November 2020 unter <https://doi.org/10.3929/ethz-a-006200211>
- Pettit, C. J., Raymond, C. M., Bryan, B. A. & Lewis, H. (2011). Identifying strengths and weaknesses of landscape visualisation for effective communication of future alternatives. *Landscape and Urban Planning*, 100(3), 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.01.001>
- Pfenning, U. & Benighaus, C. (2008). Partizipativer Wandel - methodischer Wandel: Neue und klassische Formen der Bürgerbeteiligung im Vergleich [Meeting Name: Tagung Bürgerbeteiligung in Städten und Gemeinden]. In A. Vetter (Hrsg.), *Erfolgsbedingungen lokaler Bürgerbeteiligung* (1. Aufl, S. 195–216). VS, Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden.
- Point Cloud Technology GmbH. (2021). 3DPointHub [Software]. Verfügbar 14. Juni 2021 unter <https://3dpointhub.com>
- Point Cloud Viewer and Tools. (2021). Version 2.60 [Software]. Verfügbar 14. Juni 2021 unter <https://assetstore.unity.com/packages/tools/utilities/point-cloud-viewer-and-tools-16019>

- Porst, R. (2014). *Fragebogen: ein Arbeitsbuch* (4., erweiterte Auflage). VS, Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden.
- Potree. (2021). Version 1.8 [Software]. Verfügbar 14. Juni 2021 unter <http://www.potree.org>
- Priebs, A. (1998). Instrumente der Planung und Umsetzung. In E.-H. Ritter, A. Benz & Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.), *Methoden und Instrumente räumlicher Planung: Handbuch* (S. 205–221). ARL.
- Przyborski, A. & Wohlrab-Sahr, M. (2014). *Qualitative Sozialforschung: Ein Arbeitsbuch* (4., erweiterte Auflage). Oldenbourg Verlag.
- Rampriya, R. & Suganya, R. (2020). Segmentation of 3D Point Cloud Data Based on Supervoxel Technique. *Procedia Computer Science*, 171, 427–435. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.045>
- Raymond, K. (2016). Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2015–2045. *swissfuture*, (2/16), 4–7.
- regionatur.ch. (2021). Rothenfluh. Verfügbar 22. März 2021 unter <https://www.regionatur.ch/Orte/Gemeinden-Ortsteile/Rothenfluh>
- Richter, R. & Döllner, J. (2014). Concepts and techniques for integration, analysis and visualization of massive 3D point clouds. *Computers, Environment and Urban Systems*, 45, 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.07.004>
- RIEGL. (2017). RiSCAN PRO, Version 2.5.1 [Software]. Verfügbar 14. Juni 2021 unter [http://www.riegl.com/fileadmin/user\\_upload/Members-Area-Folder/VersionHistories/RiSCAN\\_PRO\\_Changes270.pdf](http://www.riegl.com/fileadmin/user_upload/Members-Area-Folder/VersionHistories/RiSCAN_PRO_Changes270.pdf)
- Rotmans, J., van Asselt, M., Anastasi, C., Greeuw, S., Mellors, J., Peters, S., Rothman, D. & Rijkens, N. (2000). Visions for a sustainable Europe. *Futures*, 32(9-10), 809–831. [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(00\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(00)00033-1)
- Schnell, R., Hill, P. B. & Esser, E. (2011). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (9., aktualisierte Auflage). Oldenbourg: München.
- Schroth, O. (2007). *From information to participation: interactive landscape visualization as a tool for collaborative planning* (Diss.). ETH Zurich (Nr. 17409). Zürich. Verfügbar 5. Juni 2021 unter <http://hdl.handle.net/20.500.11850/150399>
- Schroth, O., Hayek, U. W., Lange, E., Sheppard, S. R. J. & Schmid, W. A. (2011). Multiple-Case Study of Landscape Visualizations as a Tool in Transdisciplinary Planning Workshops. *Landscape Journal*, 30(1), 53–71. <https://doi.org/10.3368/lj.30.1.53>
- Schweizerischer Bundesrat, KdK, BPUK, SSV, SGV. (2012). *Raumkonzept Schweiz. Überarbeitete Fassung*. Bern.
- Sedláček, J. & Klepárník, R. (2019). Testing Dense Point Clouds from UAV Surveys for Landscape Visualizations. *Journal of Digital Landscape Architecture*, 2019(4), 258–265. <https://doi.org/10.14627/537663028>
- Selle, K. (2010). *Gemeinschaftswerk? Teilhabe der Bürgerinnen und Bürger an der Stadtentwicklung. Begriffe, Entwicklungen, Wirklichkeiten, Folgerungen*. Lehrstuhl für Planungstheorie und Stadtentwicklung, Fakultät für Architektur: Aachen.
- Shehzan, M. (2021). Cesium for Unreal - Product Overview and Demo. Verfügbar 26. Juni 2021 unter [https://www.youtube.com/watch?v=GV9KUP\\_3ilg](https://www.youtube.com/watch?v=GV9KUP_3ilg)
- Sheppard, S. R. J. (2006). Bridging the sustainability gap with landscape visualisation in community visioning hubs. *Integrated Assessment Journal*, (6), 79–108.
- Spielhofer, R., Fabrikant, S. I., Vollmer, M., Rebsamen, J., Grêt-Regamey, A. & Wissen Hayek, U. (2017). 3D Point Clouds for Representing Landscape Change. *Journal of Digital Landscape Architecture*, 2017(2), 206–213. <https://doi.org/10.14627/537629021>
- Stadt Zürich, Hochbaudepartement & Amt für Städtebau (AfS) (Hrsg.). (2014). *Kooperative Planung (Ergänzung zum Faltblatt Planungsinstrumente)*. Verfügbar 21. März 2021 unter <https://www.stadt-zuerich.ch>

- Steiger, U. (2016). *Den Landschaftswandel gestalten. Überblick über landpolitische Instrumente*. Bundesamt für Umwelt: Bern.
- swisstopo. (2021). Beschaffung von LiDAR-Daten. Verfügbar 29. Juni 2021 unter <https://www.swisstopo.admin.ch/de/wissen-fakten/geoinformation/lidar-daten.html>
- Tapete, D., Casagli, N., Luzi, G., Fanti, R., Gigli, G. & Leva, D. (2013). Integrating radar and laser-based remote sensing techniques for monitoring structural deformation of archaeological monuments. *Journal of Archaeological Science*, *40*, 176–189. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.07.024>
- unbekannt. (n. d.). CaptureFrame\_Start\_Stop.
- Unity Technologies. (2019). Unity 3D, Version 4.13.f1 [Software]. Verfügbar 1. November 2020 unter <https://unity3d.com/de/get-unity/download>
- Unity Technologies. (2021). Unity User Manual 2020.3 (LTS). Verfügbar 23. Juni 2021 unter <https://docs.unity3d.com/Manual/UnityManual.html>
- Urech, P. R. W. (2019). Point-Cloud Modeling: Exploring a Site-Specific Approach for Landscape Design. *Journal of Digital Landscape Architecture*, *2019*(4), 290–297. <https://doi.org/10.14627/537663031>
- Urech, P. R. W., Dissegna, M. A., Girot, C. & Grêt-Regamey, A. (2020). Point cloud modeling as a bridge between landscape design and planning. *Landscape and Urban Planning*, *203*, 103903. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103903>
- van Notten, P. W., Rotmans, J., van Asselt, M. B. & Rothman, D. S. (2003). An updated scenario typology. *Futures*, *35*(5), 423–443. [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(02\)00090-3](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(02)00090-3)
- Vetter, A. (2008). Lokale Bürgerbeteiligung: Ein wichtiges Thema mit offenen Fragen. In A. Vetter (Hrsg.), *Erfolgsbedingungen lokaler Bürgerbeteiligung* (1. Aufl, S. 9–28). VS, Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden.
- Vetter, M. (2019). 3D-Visualisierung von Landschaft – Ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen. In O. Kühne, F. Weber, K. Berr & C. Jenal (Hrsg.), *Handbuch Landschaft* (S. 559–573). Springer Fachmedien Wiesbaden: Wiesbaden. Verfügbar 15. April 2021 unter [http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-25746-0\\_44](http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-25746-0_44)
- Virtanen, J.-P., Daniel, S., Turppa, T., Zhu, L., Julin, A., Hyyppä, H. & Hyyppä, J. (2020). Interactive dense point clouds in a game engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *163*, 375–389. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.03.007>
- von Haaren, C. (2002). Landscape planning facing the challenge of the development of cultural landscapes. *Landscape and Urban Planning*, *60*(2), 73–80. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00060-9](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00060-9)
- von Haaren, C., Lovett, A. A. & Albert, C. (2019). Landscape Planning and Ecosystem Services: The Sum is More than the Parts. In C. von Haaren, A. A. Lovett & C. Albert (Hrsg.), *Landscape Planning with Ecosystem Services* (S. 3–9). Springer Netherlands: Dordrecht. Verfügbar 25. März 2021 unter [http://link.springer.com/10.1007/978-94-024-1681-7\\_1](http://link.springer.com/10.1007/978-94-024-1681-7_1)
- von Haaren, C., Warren-Kretzschmar, B., Milos, C. & Werthmann, C. (2014). Opportunities for design approaches in landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, *130*, 159–170. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.06.012>
- Wang, C., Wen, C., Dai, Y., Yu, S. & Liu, M. (2020). Urban 3D modeling with mobile laser scanning: a review. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, *2*(3), 175–212. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2020.05.003>
- Wende, W., Wojtkiewicz, W., Marschall, I., Heiland, S., Lipp, T., Reinke, M., Schaal, P. & Schmidt, C. (2012). Putting the Plan into Practice: Implementation of Proposals for Measures of Local Landscape Plans. *Landscape Research*, *37*(4), 483–500. <https://doi.org/10.1080/01426397.2011.592575>

- Wergles, N. & Muhar, A. (2009). The role of computer visualization in the communication of urban design—A comparison of viewer responses to visualizations versus on-site visits. *Landscape and Urban Planning*, 91(4), 171–182. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.12.010>
- White, D. A. (2013). LIDAR, Point Clouds, and Their Archaeological Applications. *Mapping Archaeological Landscapes from Space* (S. 175–186). Springer New York: New York. Verfügbar 11. Juni 2021 unter [http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-6074-9\\_14](http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-6074-9_14)
- Wissen, U. (2007). *Virtuelle Landschaften zur partizipativen Planung. Optimierung von 3D Landschaftsvisualisierungen zur Informationsvermittlung* (Diss.). ETH Zürich (Nr. 17182). Zürich. Verfügbar 8. August 2020 unter <http://hdl.handle.net/20.500.11850/7375>
- Wissen Hayek, U. (2011). Which is the Appropriate 3D Visualization Type for Participatory Landscape Planning Workshops? A Portfolio of Their Effectiveness. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 38(5), 921–939. <https://doi.org/10.1068/b36113>
- Wissen Hayek, U., Müller, K., Göbel, F., Kiefer, P., Spielhofer, R. & Grêt-Regamey, A. (2019a). 3D Point Clouds and Eye Tracking for Investigating the Perception and Acceptance of Power Lines in Different Landscapes. *Multimodal Technologies and Interaction*, 3(2), 14. <https://doi.org/10.3390/mti3020040>
- Wissen Hayek, U., Spielhofer, R. & Grêt-Regamey, A. (2019b). Preparing 3D Point Clouds as Stimuli for Landscape Preference Studies: Lessons Learned. *Journal of Digital Landscape Architecture*, (4), 250–257. <https://doi.org/http://doi.org/10.14627/537663027>
- Xu, Y. & Stilla, U. (2021). Toward Building and Civil Infrastructure Reconstruction From Point Clouds: A Review on Data and Key Techniques. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 2857–2885. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2021.3060568>
- Xu, Y., Tong, X. & Stilla, U. (2021). Voxel-based representation of 3D point clouds: Methods, applications, and its potential use in the construction industry. *Automation in Construction*, 126, 103675. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103675>



# A Anhang

## Anhang B: Szenariotexte und Visualisierungen

### SZENARIO A

#### Nachhaltige Produktion in multifunktionaler Landwirtschaft

Der Klimawandel wirkt sich deutlich und in vielfältiger Weise auf Rothenfluh aus.

Klima

Die Menschen reagieren auf die Veränderung mit einer konservativen Grundhaltung. Sie nutzen die Möglichkeiten der Digitalisierung in moderater Weise insbesondere am Arbeitsplatz – teilweise auch in der Landwirtschaft.

Werte der Bevölkerung und Digitalisierung

Bilaterale Verträge zwischen der Schweiz und der EU bestehen nicht mehr, ein Fokus auf das eigene Land ist somit die Folge und damit auch eine gewisse Abschottung gegenüber den Nachbarländern.

Verhältnis CH-Ausland

Trotz oder wegen dieser Abgrenzung konnten in den Fragen bezüglich Produktion und Ökologie neue, eigenständige Lösungen gefunden werden. Die Betriebe sind in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich gewachsen, es handelt sich überwiegend um Haupterwerbsbetriebe. Entsprechend dem gesellschaftlichen Zeitgeist engagieren sich die Landwirte für ökologische Anliegen sowie für die multifunktionale Landwirtschaft und werden darin durch das Direktzahlungssystem unterstützt. Die Direktzahlungen fördern Umweltschutz und Produktion kohärent und aufeinander abgestimmt.

Agrarpolitik & Landwirtschaft

Ökologische Anliegen haben einen hohen Stellenwert in der Öffentlichkeit. Damit einher gehen verschiedene Entwicklungen, wie die Siedlungsentwicklung nach innen und die Umsetzung der vielfältigen ökologisch-orientierten und von Zivilgesellschaft und Landwirtschaft initiierten Projekte, wie beispielsweise Feuchttackerflächen.

Öffentliches Interesse

Die Wertschöpfungsketten sind divers. Dies wird von der Bevölkerung geschätzt und gefordert, was sich auch im Engagement der Gemeinden und der Kantone niederschlägt: sie setzen sich gezielt für eine regionale Wertschöpfung ein.

Wirtschaft / Wertschöpfungskette

Naturschutzfachliche Anliegen nehmen in Rothenfluh eine zentrale Rolle ein und gewinnen an Bedeutung. Die Zusammenarbeit verschiedener Akteure mit Naturschutzorganisationen wird verstärkt. Der regional typische Obstanbau mit Hochstämmen (Kirschen) bleibt mit grossem Aufwand verbunden und ist nicht rentabel. Die lokale Landwirtschaft zeichnet sich durch eine effiziente Bewirtschaftung von Teilflächen aus, die auch dank digitaler Hilfsmittel und dem weiterhin engen Netz aus überwiegend unversiegelten Mergelwegen ermöglicht wird. Durch das engmaschige Wegenetz ist auch die Erreichbarkeit der extensiv bewirtschafteten Hanglagen und Waldränder gewährleistet. Dies resultiert in einer vielfältigen Landwirtschaft und Kulturlandschaft. Die Hauptleitungen der Drainagen wurden geöffnet und einige Landwirtschaftsflächen werden gezielt vernässt. Auf diesen Flächen werden alternative Formen der landwirtschaftlichen Produktion (wie Rohrkolben oder Wasserbüffel) getestet und eingeführt.

Auswirkung auf Rothenfluh



## SZENARIO B

### Lokale Ideen gegen Rahmenabkommen und Agrarpolitik

Der Klimawandel wirkt sich deutlich und in vielfältiger Weise auf Rothenfluh aus. Die Menschen reagieren auf die Veränderungen mit sehr unterschiedlichen Grundhaltungen. Die Interaktion in der Arbeitswelt wird primär digital organisiert. Die Landwirtschaft übernimmt viele der digitalen Innovationen und viele Landwirte arbeiten mit neusten Methoden.

Klima, Werte der Bevölkerung & Digitalisierung

Die Schweiz hat ein stabiles Rahmenabkommen mit der EU ausgehandelt, was in der Beibehaltung des Grenzschutzes für landwirtschaftliche Produkte und einer stabilen Preisdifferenz resultiert.

Verhältnis CH-Ausland

Durch die divergierenden Werte in der Gesellschaft, ist die Agrarpolitik eher technokratisch ausgestaltet und sie stimmt oft nicht mit den Ideen und Vorstellungen der Bevölkerung überein. Obwohl die Bevölkerung Gemeingüter schätzt, zielt die Agrarpolitik konsequent auf eine Intensivierung ab, ist in sich jedoch durchaus kohärent ausgestaltet. Die Landwirte arbeiten in diesem Direktzahlungssystem, mit entsprechend hohem Engagement. Das Instrument der Intensivlandwirtschaftszonen wird genutzt und es wird versucht auf diese Weise den bestehenden Preisnachteil abzufedern.

Agrarpolitik & Landwirtschaft

Dem Kulturland wird in Bezug auf seine Fläche nicht Sorge getragen: die Siedlung entwickelt sich auch ausserhalb des heutigen Siedlungskörpers und baulich geprägte Intensivlandwirtschaftszonen bestimmen das Bild ausserhalb der Siedlung. Zugleich werden bspw. Ufer-/Grundwasser-Schutzgebiete ausgedehnt und die Vernässung (bspw. Feuchttackerflächen) zugelassen. Die wird auf lokaler Ebene durch Gemeinden und lokale Naturschutzorganisationen initiiert.

Öffentliches Interesse

Durch die geregelten Beziehungen mit der EU können die Preis- Unterschiede zur EU auf dem Niveau von 2020 stabilisiert werden. Dies und die hohen Import-/Exportzölle hat zur Folge, dass Exporte nur in geringem Umfang möglich sind und daher diversifizierte Wertschöpfungsketten für den Binnenmarkt erforderlich sind.

Wirtschaft / Wertschöpfungskette

Auch in Rothenfluh wächst die Siedlungsfläche nach aussen und es entstehen Intensivlandwirtschaftszonen, so dass es zu einer moderaten Abnahme der landwirtschaftlichen Nutzfläche kommt. Auf dieser findet eine Intensivierung der Nutzung statt. Trotz dieser Tendenz und auch wegen der unterschiedlichen Werthaltungen bestehen weiterhin vielfältige Landnutzungen. Auf lokaler Ebene wird der Intensivierung getrotzt. Naturschutzfachliches Engagement findet insbesondere auf den Flächen statt, die aus der landwirtschaftlichen Nutzung entnommen und bspw. in Ufer-/Grundwasser-Schutzgebiete überführt wurden.

Auswirkung auf Rothenfluh



## SZENARIO C

### Neoliberal und dem Weltmarkt ausgeliefert

Der Klimawandel konnte auf tiefem Niveau gehalten werden. Dies und andere Faktoren haben dazu geführt, dass umweltfachliche Belange als weniger wichtig erachtet werden. Daher werden auch keine Naturschutzprojekte durch die Bevölkerung initiiert.

Klima & Werte der Bevölkerung

Die Menschen streben nach Effizienz und Produktionsoptimierung: sie arbeiten häufig digital, dies auch in der Landwirtschaft. Die progressive Grundhaltung hat auch zum EU-Beitritt geführt – mit Auswirkung auf die Wirtschaft und Politik.

Verhältnis CH-Ausland & Digitalisierung

Die Agrarpolitik fördert verstärkt auch Intensivlandwirtschaftszonen und fördert die Vergrösserung der Betriebe. Die Betriebe sind vorrangig marktwirtschaftlich ausgerichtet. Die offenen Grenzen führen zu Preisdruck, was sich in der Betriebsgrösse (grössere Betriebe, Haupterwerb) und dem geringen Wert der Gemeingüter widerspiegelt. Der Preisdruck und ein inkohärentes Direktzahlungssystem führen zu einer Ausrichtung auf den Markt und damit zu monofunktionaler Landwirtschaft und einer geringen Landschaftsqualität. Auch die technischen Infrastrukturen sind auf die Produktionsoptimierung ausgerichtet, bspw. dienen Drainagen einzig der unterirdischen Entwässerung und erfüllen damit auch keine ökologischen Funktionen an der Oberfläche. Eine weitere Folge der einseitigen Marktausrichtung ist die kaum diversifizierte Wertschöpfungskette.

Landwirtschaft, Agrarpolitik & Wirtschaft / Wertschöpfung

Dem Kulturland wird bezüglich der Fläche nicht Sorge getragen: die Siedlung entwickelt sich auch ausserhalb des heutigen Siedlungskörpers und Intensivlandwirtschaftszonen prägen das Bild ausserhalb der Siedlung. Entsprechend werden gesetzliche Anpassungen gemacht und bspw. Ufer-/Grundwasser-Schutzgebiete reduziert.

Öffentliches Interesse

Der Natur- und Vogelschutzverein Rothenfluh-Anwil (NUVRA) hat sich aufgelöst und damit gibt es keine lokalen Naturschutz-Initiativen mehr. Die Landwirtschaft in Rothenfluh passt sich an den Markt an, d.h. sie produziert marktgerecht und innovativ. Da die Landwirtschaft in Rothenfluh nur an wenigen Orten standortgerecht sehr intensiv produzieren kann, zeigt das Szenario eine schwierige Zukunft für Rothenfluh. Dies führt zum Anbau von intensiven Spezialkulturen, wie Gewächshaus- und Freilandgemüse. Es werden weniger Druschfrüchte angebaut. Wege sind befestigt und breit, ihre Gesamtlänge hat abgenommen und unproduktive Flächen werden nicht mehr erschlossen. Die Wasserqualität sinkt und Grundwasserspeicher werden nicht aufgefüllt.

Auswirkung auf Rothenfluh



## SZENARIO D

### Die Landwirtschaft fällt auseinander

Der Klimawandel hat moderate Auswirkungen.

Klima

Die Menschen haben keine klare Grundhaltung, wie die Zukunft gestaltet werden soll. Es zeigen sich immer wieder Widersprüche in den Wertvorstellungen. Sie bleiben technologisch eher beim Altbekannten. D.h. die Arbeitsweisen in der Landwirtschaft und in anderen Sektoren sind von durch bekanntes Vorgehen und nicht-digitale Methoden geprägt.

Werte der  
Bevölkerung &  
Digitalisierung

Die Öffentlichkeit zeigt Interesse an Gemeingütern, aber Gemeinde, Kanton und Bund sowie die Umwelt-Organisationen nehmen diese Tendenz nicht auf. Eine der Folgen ist, dass sich die Siedlung auch ausserhalb des bestehenden Siedlungskörpers ausdehnt.

Öffentliches  
Interesse

Ein Rahmenabkommen mit der EU ist in Kraft und regelt die internationale Zusammenarbeit zwischen der Schweiz und den Nachbarstaaten insbesondere in Bezug auf den Handel. Dieser ist durch offene Grenzen und ein geringes Preisgefälle geprägt.

Verhältnis CH-  
Ausland

Die Ausgestaltung der Agrarpolitik durch entsprechende Anreizsysteme bewirkt, dass es zu keinen Vergrößerungen von Betrieben kommt. Intensivlandwirtschaftszonen sind nicht vorgesehen.

Agrarpolitik

Die Ausgestaltung des Wirtschaftssystems ist tendenziell widersprüchlich: Die internationale Einbettung bewirkt einen Abbau von Zöllen. Zugleich führt das System und insbesondere die Abnehmerseite zusammen mit der agrarpolitischen Ausrichtung dazu, dass die landwirtschaftliche Wertschöpfungskette stark konzentriert ist.

Wirtschaft /  
Wertschöpfungs-  
kette

Die Landwirte können auf die teils entgegengesetzten Entwicklungen nicht reagieren. Die Hofnachfolge gestaltet sich schwierig und die Betriebe werden immer mehr zu Hobby-Betrieben. Obwohl die Gemeingüter eine gewisse Wertschätzung in der Gesellschaft geniessen, findet auch im Bereich der Ökologie keine Innovation statt.

Landwirtschaft

In Rothenfluh lässt sich keine geordnete gesamthafte Entwicklung erkennen. Weder im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion noch im Bereich des Naturschutzes werden klare Akzente gesetzt. Weder gelingt somit eine Intensivierung und Produktionssteigerung um auf einem Markt bestehen zu können, in dem günstige Produkte nachgefragt werden, noch eine Fokussierung auf ökologisch-orientierte Nischenprodukte.

Auswirkung auf  
Rothenfluh



## SZENARIO E

### Kulturgut Rothenfluh als Weg nach vorne

Der Klimawandel wirkt sich deutlich und in vielfältiger Weise auf Rothenfluh aus.

Klima

Die Gesellschaft hat sich bewusst dafür entschieden sich auf bewährte und analoge Weise auszutauschen und pflegt dies. Die Gesellschaft sieht diese bewusste Entwicklung als Schritt nach vorne und keine Rückkehr zu «anno dazumals». Die kleinen Landwirtschaftsbetriebe setzen nur punktuell auf digitale Hilfsmittel.

Werte der  
Bevölkerung &  
Digitalisierung

Die Schweiz hat ein stabiles Rahmenabkommen ausgehandelt, das zu einem freien Warenverkehr und damit einer abnehmenden Preisdifferenz zum Ausland führt.

Verhältnis CH-  
Ausland

Die kleinen landwirtschaftlichen Betriebe können von den offenen Grenzen profitieren, da das Rahmenabkommen entsprechende flankierende Massnahmen vorsieht. Einige Landwirte wirtschaften intensiver und nutzen die Intensivlandwirtschaftszonen, andere Betriebe werden zu Hobby-Betrieben umgewandelt und eine Gruppe von Betrieben setzt auf solidarische Landwirtschaft. Die Landwirte können sich in einer konzentrierten Wertschöpfungskette der Abnehmer behaupten und werden für ihre Gemeingüter mit entsprechenden Direktzahlungen entgolten.

Landwirtschaft &  
Agrarpolitik &  
Wirtschaft /  
Wertschöpfungs-  
kette

Natur-, Umwelt- und Landschaftsschutz sind der Bevölkerung und somit auch bei Landwirten wichtige Anliegen, so dass beispielsweise Ufer-/Grundwasser-Schutzgebiete befürwortet werden. Diese Werte werden von Kanton, Gemeinde und Bund nicht geteilt. Das Kulturland wird aber als wertvolle Ressource verstanden und entsprechend wird die Siedlung nach innen entwickelt.

Öffentliches  
Interesse

Ein Strukturwandel ist nicht eingetreten. D.h. für Rothenfluh, dass mindestens alle im Jahr 2020 existierenden Betriebe noch aktiv sind – mit unterschiedlicher Professionalisierung und Ausrichtung. Betriebe können geteilt werden und es können aufgrund der geänderten Gesetzeslage auch neue kleine Betriebe entstehen (die Verfügbarkeit von Land ist dabei die entscheidende Voraussetzung). Auslöser für das Entstehen kleinerer Betriebe ist der Wunsch nach einer stärkeren Selbstversorgung von Rothenfluh. Das geht einher mit einem weitgehenden Umbau des Wirtschaftssystems.

Auswirkung auf  
Rothenfluh



## **Beobachtungsleitfaden**

### Bewertung

- Wie werden die Visualisierungen bewertet?
- Werden die Visualisierungen kritisiert?
- Werden die Visualisierungen untereinander verglichen?
- Werden die Visualisierungen als Informationsmittel akzeptiert?
- Ist den Teilnehmenden die Präsentation der Visualisierungen verständlich?

### Bezugnahme auf die Visualisierungen

- Beziehen sich die Expert\*Innen bei der Diskussion der Szenarien auf die Visualisierungen?
- Inwiefern beziehen sich die Expert\*innen bei der Diskussion der Szenarien auf die Visualisierungen?
- Welche der Teilnehmer der Expertengruppe beziehen sich auf die Visualisierungen?
- Wie häufig beziehen sich die Expert\*innen jeweils auf die Visualisierungen?
- In welchem Zusammenhang beziehen sich die Expert\*innen auf die Visualisierungen?

### Diskussionsinhalte im Zusammenhang mit der Bezugnahme auf die Szenarien

- Welche spezifischen Elemente der Visualisierungen werden angesprochen?
- Welche Themen werden mit Bezugnahme auf die Visualisierungen diskutiert?
- Inwiefern haben die Visualisierungen einen Einfluss auf die Gespräche des Workshops? Können sie Diskussionen anregen?
- Entstehen Ideen für die Weiterentwicklung der Szenarien aufgrund der Visualisierungen?
- Wird aufgrund der Visualisierungen Kritik an den Szenarien geäußert?
- Entstehen bei der Diskussion der Szenarien Konflikte aufgrund der Visualisierungen?
- Entsteht Konsens über mögliche Entwicklungsrichtungen für Rothenfluh aufgrund der in den Visualisierungen gezeigten Bildern?



## **Interviewleitfaden Gruppengespräch**

### **A) Offene Fragen**

- Inwiefern haben ihnen die Visualisierungen bei der Interpretation, Diskussion und Weiterentwicklung der Szenarien geholfen?
- Inwiefern eignen sich die Visualisierungen als gemeinsame Diskussionsgrundlage?
- Wo sehen sie Stärken der Visualisierungen für die Kommunikation von Landschaftsszenarien?
- Wo sehen sie Schwächen der Visualisierungen für die Kommunikation von Landschaftsszenarien?

### **B) Spezifische Fragen**

- Inwiefern haben die Visualisierungen Überlegungen hervorgerufen, die ihnen aus der Beschäftigung mit den Text-Szenarien noch nicht gekommen waren?
- Haben ihnen die Visualisierungen geholfen eine neue Perspektive auf die Szenarien für Rothenfluh einzunehmen?
- Inwiefern haben ihnen die Visualisierungen geholfen, andere Meinungen nachzuvollziehen?
- Haben ihnen die Visualisierungen dabei geholfen einen Konsens bezüglich eines Themenbereichs zu finden?
- Inwiefern haben ihnen die Visualisierungen geholfen sich eine mögliche Zukunft für Rothenfluh vorzustellen?
- Stellen sie sich vor, dass die Szenarien am dritten Workshop im Februar auch der Bevölkerung gezeigt werden. Halten sie gewisse Aspekte der Visualisierungen für problematisch?
- Gibt es Aspekte der Visualisierungen die von den Szenarien Inhalten ablenkend wirken?
- Haben sie Verbesserungsvorschläge für die Visualisierungen?

## Fragebogen - Expertenrunde 1.12.2020

Im heutigen Workshop für die Szenarienentwicklung haben sie 3D-Visualisierungen von möglichen Entwicklungsrichtungen des Landschaftsbildes von Rothenfluh gesehen. Wir interessieren uns für ihre Meinung zu den Visualisierungen und bitten sie deshalb die untenstehenden Fragen zu beantworten.

\* **Erforderlich**

### Persönlicher Teil

1. Mein Name ist.. \*

---

2. Wohnen oder arbeiten Sie in Rothenfluh? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- Ich wohne in Rothenfluh
- Ich arbeite in Rothenfluh
- Keines von beidem

3. Haben Sie schon einmal Visualisierungen gesehen, die durch Pointclouds (Punktwolken) dargestellt sind? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Nein
- Ja

### Fragen zu den Visualisierungen

4. Am hilfreichsten fand ich die Visualisierungen um... \*

---

---

---

---

---

5. Am meisten hat mich an den Visualisierungen gestört... \*

---

---

---

---

---

6. Die Visualisierungen waren nützlich für mich, um die verschiedenen Szenarien zu diskutieren \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

7. Die Szenarieninhalte wurden durch die Visualisierungen angemessen kommuniziert \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

8. Die Visualisierungen haben mir geholfen eine Vorstellung davon zu erhalten, wie sich die Landschaft von Rothenfluh in verschiedenen Szenarien entwickeln könnte \*

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

9. Ich konnte die Landschaft von Rothenfluh in den Visualisierungen wiedererkennen \*

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

10. Ich konnte mich gut in den Visualisierungen zurechtfinden \*

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

11. Die Visualisierungen stellen mögliche Entwicklungsrichtungen von Landschaftsveränderungen realistisch dar \*

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

12. Die Inhalte der Visualisierungen waren glaubwürdig gestaltet \*

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

13. Welche in den Visualisierungen veränderten Elemente sind Ihnen am meisten aufgefallen? \*

---

---

---

---

---

14. Die Visualisierungen haben mir geholfen meine Argumente zu formulieren \*

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

15. Die Visualisierungen haben mir geholfen andere Argumente besser zu verstehen \*

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

16. Die Visualisierungen haben mir geholfen Kritik an den Szenarien zu formulieren \*

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

17. Die in den Visualisierungen dargestellten Landschaftsveränderungen sollten deutlicher hervorgehoben werden \*

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

18. Die in den Visualisierungen dargestellten Landschaftsveränderungen sollten weniger deutlich hervorgehoben werden \*

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

19. Die Visualisierungen könnten verbessert werden indem...

---

---

---

---

---



## Fragebogen - Workshop 03.02.2021

Im heutigen Workshop haben sie 3D-Visualisierungen von möglichen Entwicklungsrichtungen des Landschaftsbildes von Rothenfluh gesehen. Wir interessieren uns für ihre Meinung zu den Visualisierungen und bitten sie deshalb die untenstehenden Fragen zu beantworten.

\* **Erforderlich**

### Persönlicher Teil

1. Ich bin Teil der.. \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Szenario - Gruppe  
 Zukunftsbild - Gruppe

2. Wohnen oder arbeiten Sie in Rothenfluh? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

- Ich wohne in Rothenfluh  
 Ich arbeite in Rothenfluh  
 Keines von beidem

3. Haben Sie vor diesem Workshop schon einmal Visualisierungen gesehen, die durch Pointclouds (Punktwolken) dargestellt sind? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

- Nein  
 Ja

4. Haben Sie sich die Visualisierungen vor dem Workshop bereits auf Youtube angesehen? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

Nein

Ja

5. Bei welche Tätigkeiten beschäftigen Sie sich mit der Landschaft? \*

*Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.*

Landwirtschaft

Planung

Freizeitaktivitäten

Sonstiges:  \_\_\_\_\_

6. Wie wichtig ist Ihnen das Landschaftsbild von Rothenfluh? \*

*Markieren Sie nur ein Oval.*

1      2      3      4

Gar nicht wichtig     Sehr wichtig

#### Fragen zu den Visualisierungen

7. Am hilfreichsten fand ich die Visualisierungen um...

---

---

---

---

---

8. Am meisten hat mich an den Visualisierungen gestört...

---

---

---

---

---

9. Die Visualisierungen waren nützlich für mich, um die verschiedenen Szenarien zu diskutieren

*Markieren Sie nur ein Oval.*

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

10. Die Visualisierungen haben mir geholfen meine Argumente zu formulieren

*Markieren Sie nur ein Oval.*

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

11. Die Visualisierungen haben mir geholfen andere Argumente besser zu verstehen

*Markieren Sie nur ein Oval.*

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

12. Die Visualisierungen haben mir geholfen Kritik an den Szenarien zu formulieren

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

13. Die Szenarieninhalte wurden durch die Visualisierungen angemessen kommuniziert

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

14. Die Visualisierungen haben mir geholfen eine Vorstellung davon zu erhalten, wie sich die Landschaft von Rothenfluh in verschiedenen Szenarien entwickeln könnte

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

15. Ich konnte die Landschaft von Rothenfluh in den Visualisierungen wiedererkennen

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

16. Ich konnte mich in den Visualisierungen gut orientieren

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

17. Die Visualisierungen stellen mögliche Entwicklungsrichtungen von Landschaftsveränderungen realistisch dar

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

18. Die Visualisierungen zeigen auf, welche Landschaftselemente sich bei den Szenarien verändern

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

19. Welche in den Visualisierungen veränderten Elemente sind Ihnen am meisten aufgefallen?

---

---

---

---

---

20. Die Geschwindigkeit der Videos fand ich

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	5	
Zu langsam	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Zu schnell

21. Die Ästhetik der Szenarien hat mir gut gefallen

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

22. Die in den Visualisierungen dargestellten Landschaftsveränderungen sollten deutlicher hervorgehoben werden

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu

23. Die in den Visualisierungen dargestellten Landschaftsveränderungen sollten weniger deutlich hervorgehoben werden

Markieren Sie nur ein Oval.

	1	2	3	4	
Trifft überhaupt nicht zu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Trifft voll zu



24. Die Visualisierungen könnten verbessert werden indem...

---

---

---

---

---

---

Dieser Inhalt wurde nicht von Google erstellt und wird von Google auch nicht unterstützt.

Google

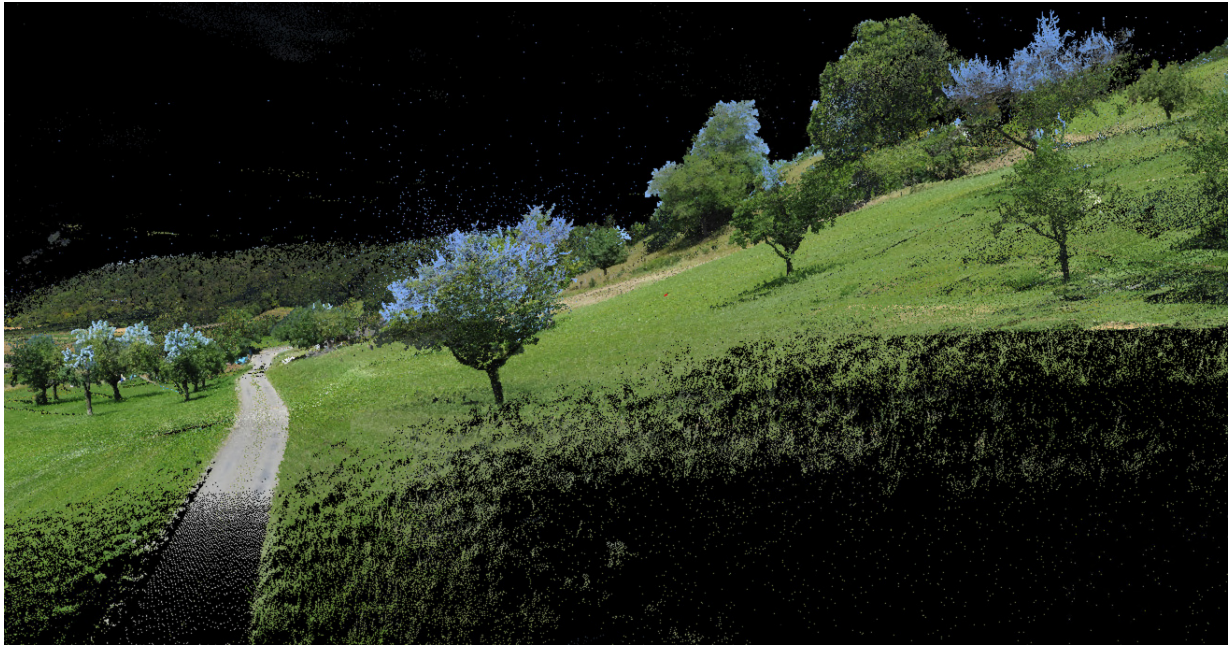


ABB. A.10: Blaufehler in den TLS Daten - Visualisiert in RiSCAN PRO



ABB. A.11: Airpoints in den TLS Daten - Visualisiert in RiSCAN PRO



ABB. A.12: Punktwolke vor der Segmentierung

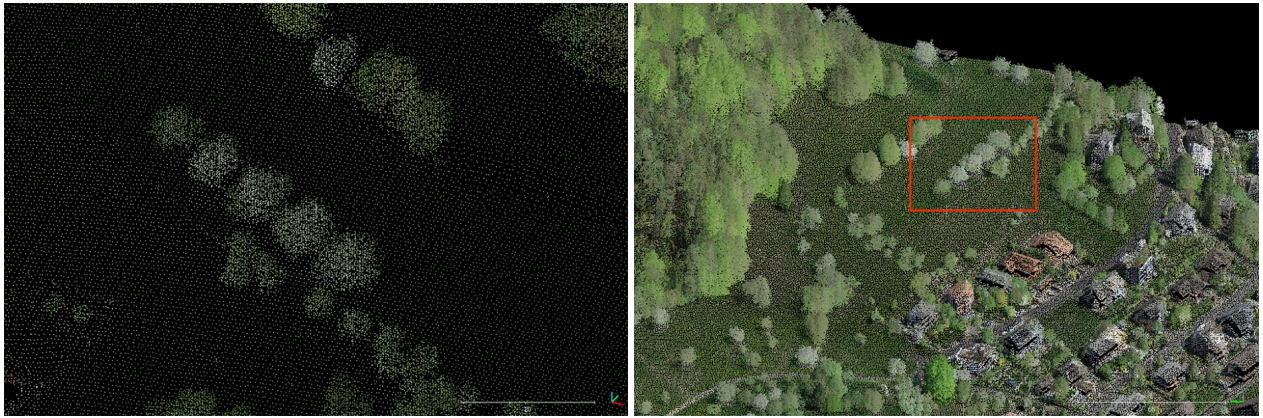
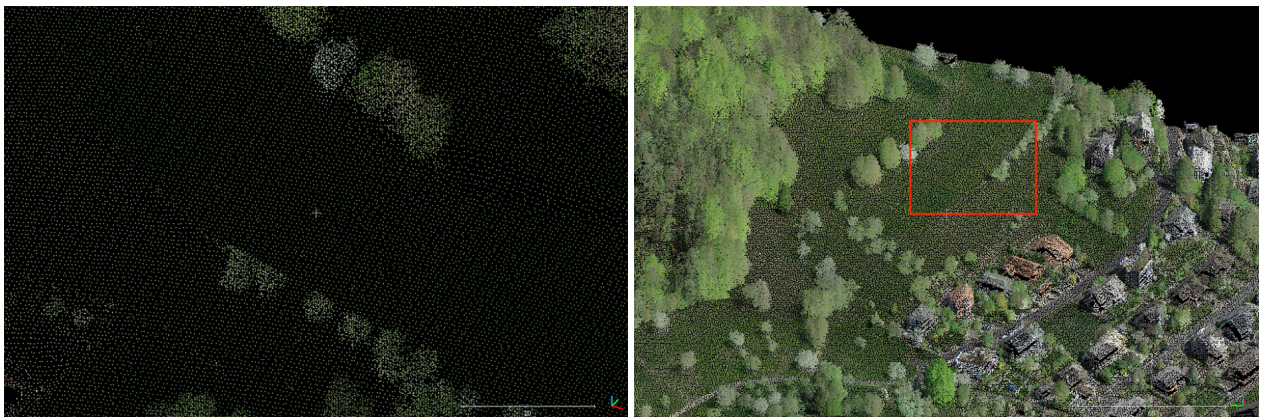


ABB. A.13: Punktwolke nach der Segmentierung



ABB. A.14: Punktwolke nach der Farbkorrektur





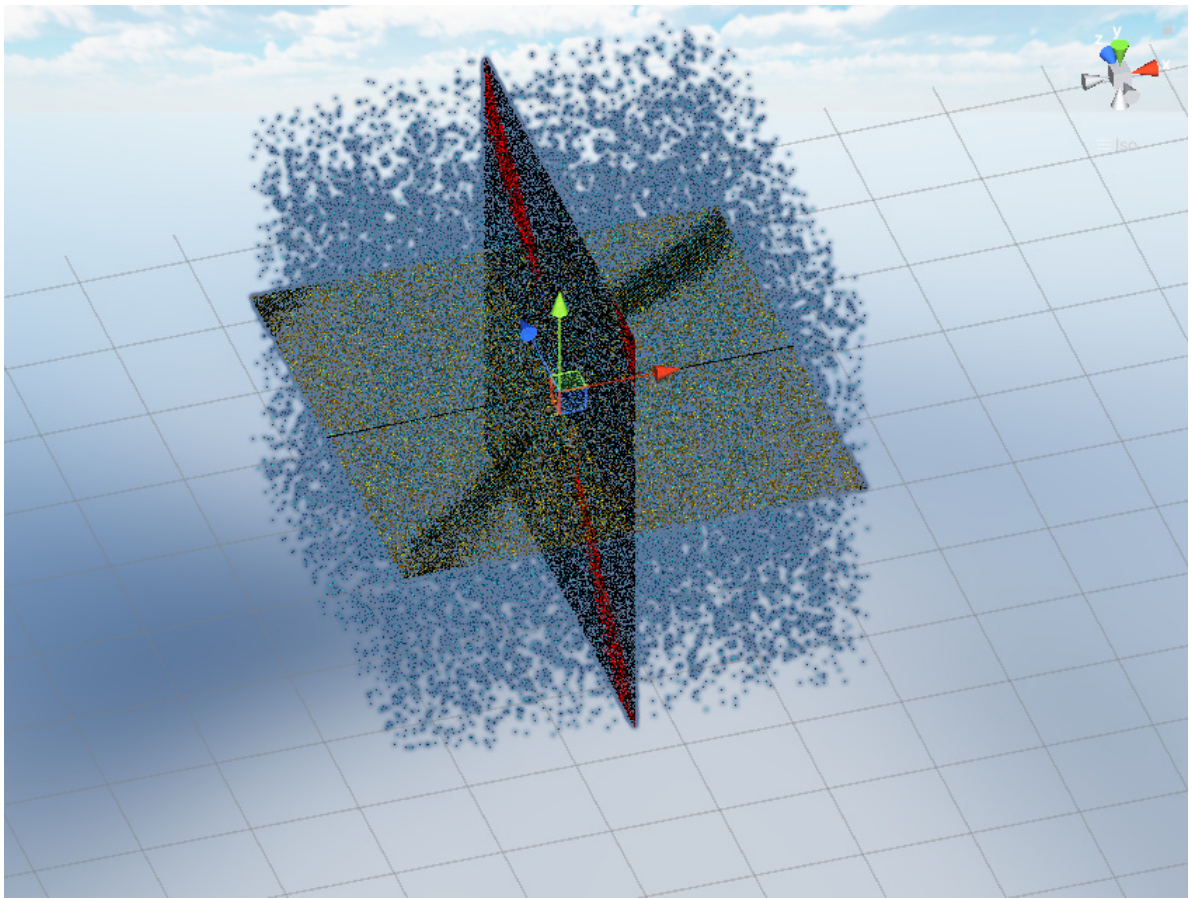


ABB. A.15: Fehler beim Import von TLS-Daten in Unity

## Persönliche Erklärung

Persönliche Erklärung: Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ort, Datum

Basel, 30. Juni, 2021

Unterschrift

Manuel Jäggi

---

