

# **Entwicklung einer neue Messungsmethode für Schneefeuchtigkeit**

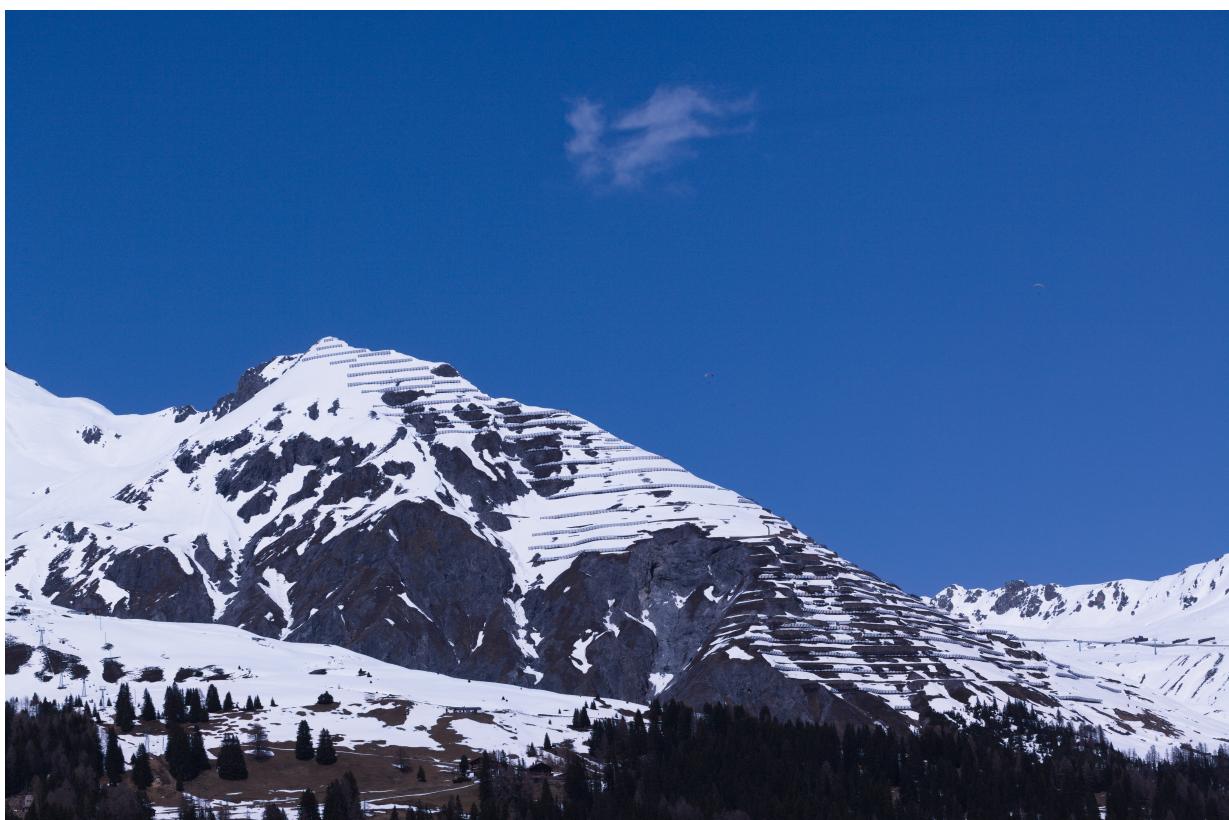
Bachelorarbeit  
Bachelor für Maschinentechnik | Innovation

Betreuung:  
Albert Loichinger

Unterstützung Team IPEK:  
Christian Locher

FS 2024  
Abgabedatum: 2024.

Autor: Peter Kuhn



# Abstract

problem

vorstudien

ergebniss von Funktionsmuster

## Beschreibung der Abkürzungen

Schneefeuchtigkeit Liquid Water Content, LWC IPEK Institut SLF BA

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Lawinen in der Schweiz . . . . .	1
1.2 Entstehung der Gleitlawine . . . . .	1
1.3 Endziel des Arbeit . . . . .	1
1.4 User Story . . . . .	1
1.5 Anforderungen . . . . .	1
1.6 Planung der Arbeit . . . . .	2
<b>2 Liquid Water Content</b>	<b>2</b>
2.1 Physicalische Prinzipien . . . . .	2
2.2 Kommerzielle Produkte . . . . .	2
2.3 Publizierte Methoden . . . . .	2
<b>3 Vorstudie</b>	<b>2</b>
3.1 3M 5559 Water Indikator Tape . . . . .	2
3.2 Voltcraft . . . . .	3
3.3 Laser Refraktion und Reflektion . . . . .	4
3.4 Vibration . . . . .	7
3.5 Diffusion von Flüssigkeit . . . . .	7
<b>4 Funktionsmuster</b>	<b>7</b>
4.1 Agiles Hardware Development . . . . .	7
4.2 Eigenschaften der Varianten . . . . .	8
4.3 Messablauf . . . . .	8
4.4 Bildverarbeitung . . . . .	8
4.5 Extrahieren von Informationen aus Bilddaten . . . . .	10
4.5.1 Anforderungsanalyse . . . . .	10
4.5.2 Konzeptueller DB Entwurf . . . . .	11
4.5.3 Logischer DB Entwurf . . . . .	11

4.5.4	Views für den Analysten . . . . .	11
4.5.5	Physischer Entwurf . . . . .	13
4.5.6	Python-Interaktion mit der Datenbank . . . . .	13
4.5.7	Nächste Schritte . . . . .	13
4.5.8	Code . . . . .	13
4.6	Widerstand gegen Umwelteinflüsse . . . . .	24
4.7	Mögliche Gründe der hohen Varianz . . . . .	25
4.8	Ergebnisse der Versuche . . . . .	26
4.9	Vergleich der Ergebnisse mit Denothmeter . . . . .	26
4.10	Verbesserungsmöglichkeiten des Funktionsmusters . . . . .	27
4.11	Vollautomatische Durchführung der Messung . . . . .	27
<b>5</b>	<b>Ausblick</b>	<b>29</b>
5.1	Presönliche Erfahrunng . . . . .	29
5.2	Fazit . . . . .	29
5.3	Ausblick . . . . .	29
5.4	Danksagung . . . . .	29
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>Erklärung zur Urheberschaft</b>	<b>33</b>
<b>8</b>	<b>Digitaler Anhang</b>	<b>36</b>

## 1 Einleitung

bachelorarbeit produktentwicklung grundlagenforschung seit 40 jahren forschungsgebiet, da für simulation wichtig. fail ist ein gutes ergebniss

### 1.1 Lawinen in der Schweiz

jedes Jahr 10 Tote. 8 schneebrettlawine. 2 Gleitlawinen.

mit Klimawandel ändert sich Gleitlawinen. nicht preventiv mit einer Detonation auslösbar. nicht zeitlich vorhersagbar.

### 1.2 Entstehung der Gleitlawine

feuchtigkeit sammelt sich zwischen den Eiskristallen an.

feuchtigkeit kommt durch schmelzenden schnee, primär Radiation und sekundär radiation.

Regen auf schnee

feuchtigkeit aus dem Boden. wasserführende schichten.

### 1.3 Endziel des Arbeit

verringerung des Schadens durch Gleitlawinen

### 1.4 User Story

Um die Aufgabe der produktentwicklung besser zu verstehen, wurden User storys geschrieben.

Bob sitzt an seinem Computer und sieht eine Warung aufleuchten. Er ruft sofort bei der Ratischen Bahn an und kann den Zug so stoppen bevor er von der Lawine erfasst wird.

Die Userstorys beschreiben komplett unterschiedliche Produkte. da ich nicht entscheiden kann oder will, welches die korrekte Anwendung ist, werde ich zuerst die Technologie erkunden und dann die anwendung in ein Produkt finden.

jede weiteren pflichenheft aktivitäten, wie zum Beispiel black box, Musskriterien, usw. machen keinen sinn jetzt schon definiert zu werden. da spannenden Entdecknugen während der arbeit damit eingeschränkt werden.

### 1.5 Anforderungen

Die Methode soll einen anzeigen haben, die feststellen kann wann eine Gleitlawine bevorsteht.

---

Die Methode soll unabhängig von der Dichte des Schness funktionieren.  
die methode soll den messbereich des LWC von 1 % bis 7 % abdecken.  
die methode soll für einen Hang in der Schweiz einsetzbar sein.

## 1.6 Planung der Arbeit

Die Arbeit wird in drei Teile aufgegliedert.

in einer Vorstudie werden unterschiedliche physikalische Prinzipien zur messung des LWC theoritisch und praktisch mit eineander verglichen.

bau den Funktionsmusters. hier wird ein vielversprechendes physikalisches prinzip ausgewählt und ein Funktionsmuster gebaut.

Validierung und Dokumentation der Ergebnisse. Doku schreiben.

## 2 Liquid Water Content

thoery

### 2.1 Physicalische Prinzipien

### 2.2 Kommerzielle Produkte

### 2.3 Publizierte Methoden

## 3 Vorstudie

Die Kriterien mit denen ausgewählt wurden waren die folgenden.

methode nicht schon von anderen studien gehandelt.

elegantheit des prinzipis

umsetzbarkeit im rahmen der BA

### 3.1 3M 5559 Water Indikator Tape

herkunft: Aus dem Elektronik bereich. zum beispiel in handys. wenn das tape rot geworden ist, ist wasser eingedrungen und der Hersteller kann eine garantieleistung ablehnen.

Funktionsweise: das papier basierte klebeband wird nass. die rote Farbe auf der Unterseite des Klebebands blutet durch das weisse obere Papier. die Roten Teile zeigen dann permanent wasser an.

---

Auswahl von 5559: der Hersteller 3M hat mehrere Produkte zu Water Indikator. 5559 zeichnet sich durch die dünneren Dicke und somit durch die schneller Anzeigegeschwindigkeit aus.

5559i ist auf einem transparenten substrat, was fraktisch für die optische auswertung wäre. Die Produkte sind in europa nur teilweise erhältlich. 3M verkauft nur Rollen mit 160 m. Zum testen wurde eine kleine rolle von einem Elektronik-komponenten Vertreiber gekauft.

Bei der Recherche zu LWC wurde keine verwendung von Water indicator tapes bemerket. somit neuartig.

kostengünstig

zeitspanne pro messung weniger als 60 sek.

Dichte des Schnees muss seperat gemessen werden. 5559 zeigt nur das flüssige wasser in einer schicht an.

Testaufbau: 5559 auf etwas rund 200 g schweres kleben. neue Oberfläche von schnee mit Messer abschneiden/freilegen. 5559 auf schnee legen und 10, 30 60, 120 sek warten. foto von klebeband machen. mit python rote vs. weise fläche berechnen. oder nur optisch beurteilen.

### 3.2 Voltcraft

die gaphit sonden, zwischen denen die spanung aufgebaut und der widerstand gemessen wird sind im messkopf zu gut geschützt. daher kann keine Messung gemacht werden wenn die Probe in schnee gedrückt wird.

Mögliche lösung: Verlängerung der Graphit proben  
mit stahlplatten

Verbindung des Graphits mit der Platte: kleben oder konstant drückne oder verschrauben.

in gaphit spahnend zu arbeiten ist anspruchsvoll und dreckig. konstant drücken ist fehleranfällig Kleben: herstellen von leitfähigem Klebstoff:

test graphitpluver: 66 % gewichtsprozent Graphitpulver, 33 % Ergo 7410 Epoxy Klebstoff

test Aluminiumpulver: 66 % gewichtsprozent Aluminiumpulver, 33 % Ergo 7410 Epoxy Klebstoff

Ergebniss: nach 24 h, sodass der ergo 7410 aushärten konnte. Alle Klebestellen sind angeschliffen worden als oberflächenvorbereitung

Widerstand zwischen Punkt A B 2.6

widerstand ziwschen Punkt A C 0.2

Widerstand zwischen Punkt A D keine verbindung

Mechanische stabilität von Test Aluminiumpluver nicht so gut

Ist es möglich auf die stahlplatte zu verzichten und die Verlängerung mit der Graphit Epoxy mischung zu machen?

---

zwischen die beiden grafit stäbe ist eine PAAM Platte geklebt. alle offenen stellen des Epoxy/grafits ist mit reinem epoxy überzogen um kriechspannungen durch wasser zu verhindern.

Arbeitsschutzt, erklären

Schnee ist wasser das vom Boden verdampft, sich dann in der Atmospäre an einem Nukleus kondensiert oder resublimiert und dann auf den Boden zurück fällt.

Im Alltag weiss man, dass man mit den Harrfön nicht in die Dusche gehen darf, da Wasser elektrisch leitend ist. Diese Schlussfolgerung ist nicht sehr prezise, denn reines Wasser ist nicht leitend, sonder die Ione (Salze) die im 'normalen' Wasser gelöst sind. Auf sehr geringem Niveu ist auch reines Wasser leitend, da sich spontan  $1 \cdot 10^{-7} M$  Hydroniumionen ( $H_3O^+$ ) bilden und den pH Wert 7 bilden.

Die Hypotese ist, dass sowohl die Verunreinigungen durch die Nuklei und die Hydroniumionen genügend Leitfähigkeit bilden um einen Messwert im  $\mu S$  (Siemens = 1/) Bereich zum messen.

Im Feldversuch konnte keine Leitfähigkeit gemessen werden.

Eine Erweiterung dieser Messung ist, einen Stoff zum Schnee dazu zu geben, der gut leitfähig ist. Dann wird der Versuchsaufbau mehr in die Richtung ?? wo die Ausbreitung eines Stoffes im Schnee beobachtet wird. Hier wäre diese Beobachtung dann über die Leitfähigkeit und nicht wie in ?? optisch.

### 3.3 Laser Refraktion und Reflexion

**Funktionsweise** Mit einem Laser wird der Schnee sowohl durchleuchtet für die Refraktion als auch angeleuchtet für die Reflexion. Flüssiges Wasser bildet aufgrund seiner Oberflächenspannung konvexe Linsen auf den Prismen der Eiskristalle. Die Größe und damit die Brennweite ändern sich je nach dem, wie viel Volumen Wasser auf den Eiskristallen ist. Die Effekte der Linsen sollten in der Refraktion sichtbar werden.

In der Reflexion ändert sich mit änderndem LWC auch die Oberfläche, an der das Licht gespiegelt wird. Der TRL für Refraktion und Reflexion ist bei 2.

**Beispiele in anderen Sektoren** RRefraktion wird in der Kristallografie angewendet. Die Reflexion wird bei einem Auflichtmikroskop fast immer angewendet. Die Reflexion von Wasser an einer Glasscheibe wird genutzt, um bei Autos Niederschlag auf der Windschutzscheibe zu messen. In den drei Fällen ist das TRL 9.

**Literatur zu Reflexion** Die Publikation [<empty citation>] hat den LWC mit der Reflexion von IR-EM Wellen bestimmt.

**Benutzte Mittel für den Versuchsaufbau** Als Laserquelle wurde ein grüner Bosch Quingo Kreuzlaser genutzt. Um sowohl die Reflexion als auch die Refraktion gleichzeitig zu sehen, wurde die Schneeprobe auf einen Mikroskopier-Objektträger



Abbildung 1: Versuchsaufbau der Laser Reflexion und Refraktion

platziert. Die Ergebnisse des Lasers wurden jeweils auf weissem Druckpapier dargestellt. Die Refraktion wird auf dem Papier an der Unterseite der Holzplatte dargestellt. Mit dem Fairphone 3 wurde eine Videoaufnahme gemacht, wie sich die Ergebnisse des Lasers verändern. Mit einem Kosmetikspiegel wurde sowohl die Reflexion unten als auch die Refraktion oben gleichzeitig in einem Bild dargestellt. Um alle Teile in festen Relationen zu halten, wurde Stativmaterial genutzt.

In Bild 1 ist die Anordnung der Verschieden Teile auf den Stativmaterial zu sehen.

**Funktionsweise des Versuchsaufbaus** Der Schnee wird im trockenen Zustand bei -10 Grad Celsius aus dem Gefrierschrank auf den gekühlten Objektträger gelegt. Dann wird beobachtet, wie sich die Ergebnisse ändern, wenn der Schnee an der Raumtemperatur schmilzt. Dieser Schmelzvorgang dauerte rund 3 Minuten. Der Laser scheint durch den Objektträger und den Schnee hindurch, dann wird das Licht auf das Papier erneut in die Kamera reflektiert. Die Reflexion geschieht zum einen direkt am Objektträger, als auch danach im Schnee. Dieser Aufbau ist suboptimal, denn die konstante Reflexion des Objektträgers muss aus dem Laserergebnis herausgerechnet werden. Um Störlicht zu minimieren, wurde zuerst eine Einhausung geplant. Der durchgeführte Versuch hat dann aber einfach in einem abgedunkelten Raum stattgefunden.

**Messgrößen** Die Anhäufungen von Licht und die Intensität können begut-

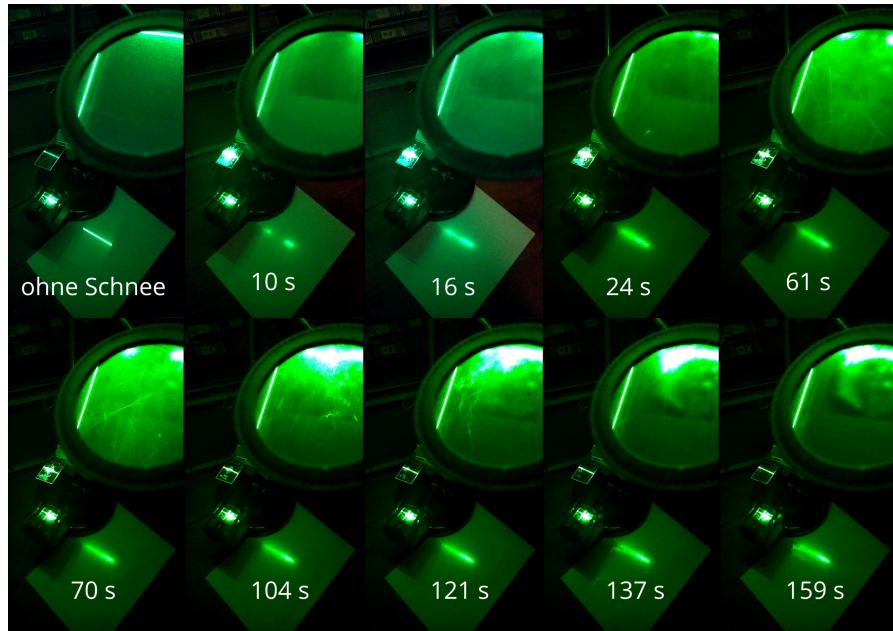


Abbildung 2: Messgrößen für die Reflexion und Refraktion, Veränderung über Zeit

achtet werden.

**Versuchsergebnisse** Im Bild 2 ist die Reflexion und Refraktion des Objektträgers sichtbar. Diese konstanten Werte müssen von allen Ergebnissen subtrahiert werden.

**Aussagekraft der Ergebnisse über den LWC** Die Ergebnisse werden direkt von Wasser beeinflusst. Um den Gewichts-LWC zu erhalten, ist aber die Geometrie der Eiskristalle von extremer Bedeutung. Daher ist das Ergebnis nicht direkt mit den LWC überführbar. Mit der 3D-Geometrie der Kristalle wäre die Aussagekraft besser.

**Reflexion zum Versuchsaufbau** Da zwei Techniken gleichzeitig gemessen wurden, war der Versuchsaufbau nicht optimal für beide Messgrößen. Mit den Ergebnissen der Refraktion bin ich sehr zufrieden. Es ist eine klare Veränderung sichtbar.

**Verbesserungen des Versuchsaufbaus** Um bessere Reflexionsergebnisse zu bekommen, keinen Objektträger nutzen, sondern direkt auf Schnee leuchten. Für eine statische Messung einer Schneeprobe muss die Luft um den Schnee herum gekühlt sein. Ein Ansatz dafür wird im Vorversuch 3.5 umgesetzt. Mit dem Laser wird Energie in den Schnee eingebracht. Um das Schmelzen und damit Verfälschen des LWC zu minimieren, sollte ein möglichst schwacher Laser eingesetzt werden.

**Weiterverfolgung der physikalischen Methoden** Das Ergebnis der Refraktion zeigt, dass diese Methode umgesetzt werden könnte. Um vergleichbare

Werte zu bekommen, ist die Kristallgeometrie aber von Bedeutung. Die Messung der Geometrie übersteigt das Ausmaß der BA. Um eine Messung durchzuführen, muss eine Schneeprobe durchleuchtet werden. Um das zu erreichen, muss der Schnee physikalisch aus der Schneedecke extrahiert werden. Das ist aufwendig. Daher wird die Refraktion nicht weiterverfolgt. Das Ergebnis der Reflexion ist schwer zu beurteilen. In 2.3 ist die Reflexion von EM-Wellen bereits untersucht worden. Daher wird die Reflexion nicht weiter untersucht.

### 3.4 Vibration

avanode vibriert. wenn kurz vor gleitlawine wird der schnee zur flüssigkeit. der avanode sinkt auf grund der hohen dichte und verändert dabei die position.

vibraNode

Die Form wird von dem AvaNode übernommen. Um eine hohe formfreiheit und eine hohe dichte zu erreichen wird der VibraNode aus Ton gebaut. Der ungebrannte Ton wird durch Epoxy harz und Acryl Farbe vor Wasser geschützt.

der erste test hat nicht funktioniert. Ich stand auf dem schnee, neben dem Virbanode, ich habe rund die vierfache auflagefläche, aber das 60 fache gewicht. das heisst der schnee war ungeeignet und nicht kurz vor einer gleitschneelanwine. zumindest an der Oberfläche.

mit dem virbanode ist es sicher nicht mögliche den LWC fest zu stellen. auch nachdem der schnee mit wasser übergossen worden ist, ist der VurbaNode nicht eingesunken.

ist der LWC die einscheidende grösse für gleitschneelawinen?

### 3.5 Diffusion von Flüssigkeit

mit handy und stereoskop aufbau.

schnee gekühlt, durch Eisring und eisunterlage.

gekühlt ist fast noch besser als perfekt isoliert.

das obere abdeckglas wurde weggelassen, da optisch nicht klar genug.

polarisation von Lichtquelle, oder des reflektierten Lichts hat keinen erkennbaren effekt auf die speckels in der Videoaufnahme.

## 4 Funktionsmuster

### 4.1 Agiles Hardware Development

die planung der Arbeit wird mit einem agilen Kanban board gemacht. Ziel ist auch ein agiles hardware development. das heist es wird versucht möglichst schnell zu

---

einem Funktionsmuster zu kommen, und daraus für die nächste Iteration zu lernen.

Um schnell zu arbeiten wurde möglichst viel CAD (Cardboard aiden design) und möglichst wenig CAD (Computer adided design) benutzt. Für die funktionsmuster wurde in der rheinenfolge die materialen ausgesucht:

bestehendes Objekt benutzten und modifizieren Karton IR - laser cutter mit Sperrholz 3D Druck, in Fdm teile bestellen selber fertigen (manuell drehen, fräsen, töpfen usw.) extern fertigen lassen.

ein endprodukt wird extern gefertigt werden müssen um die wertigkeit des Produkts an den Benutzer zu vermitteln. Die Seriegrösse wird klein, da es wahrscheinlich kein Kosumerprodukt werden wird. sonder ein forschungsinstrument.

## 4.2 Eigenschaften der Varianten

## 4.3 Messablauf

um an möglichst viel schneetypen anwendbar zu sein, ist das andrücken kraftgesteuert. in der vorstudie ?? war die messung weggesteuert.

als einfaches kraft, war die gewichtskraft. um an mehr schnee von puder bis zu hartem zeug. ist 80 % des maximalen traglast des schnees die anpresskraft. mit ca. 50 g blechen kann das gewicht zusammengesetzt werden. das maximal gewicht ist der maximal gemessene wert in dem feldversuch ??

## 4.4 Bildverarbeitung

Funktionsweise der Bildverarbeitung

nachdem der bildausschnitt gewählt wurde, wird das bild wird in Grauwerte umgewandelt. mit der RGB Information kann Fehlerkorrektur gemacht werden.

dann wird jeder blob durch einen Kreis mit der gleichen fläche und dem gleichen schwerpunkt ersetzt. auf diesen kreisen kann dann Statistik gemacht werden. die hoppnug ist dass so unterschiedliche geometrieren des schnees abgebildet werden können. in ?? ist der Code der die übersetzung von schwarz weiss bildern zu die kreise in eine Datenbank speichern übernimmt.

die auswahl des bildausschnitts und übersetzung in schwarz weiss ist sematisch in 3 dargestellt.

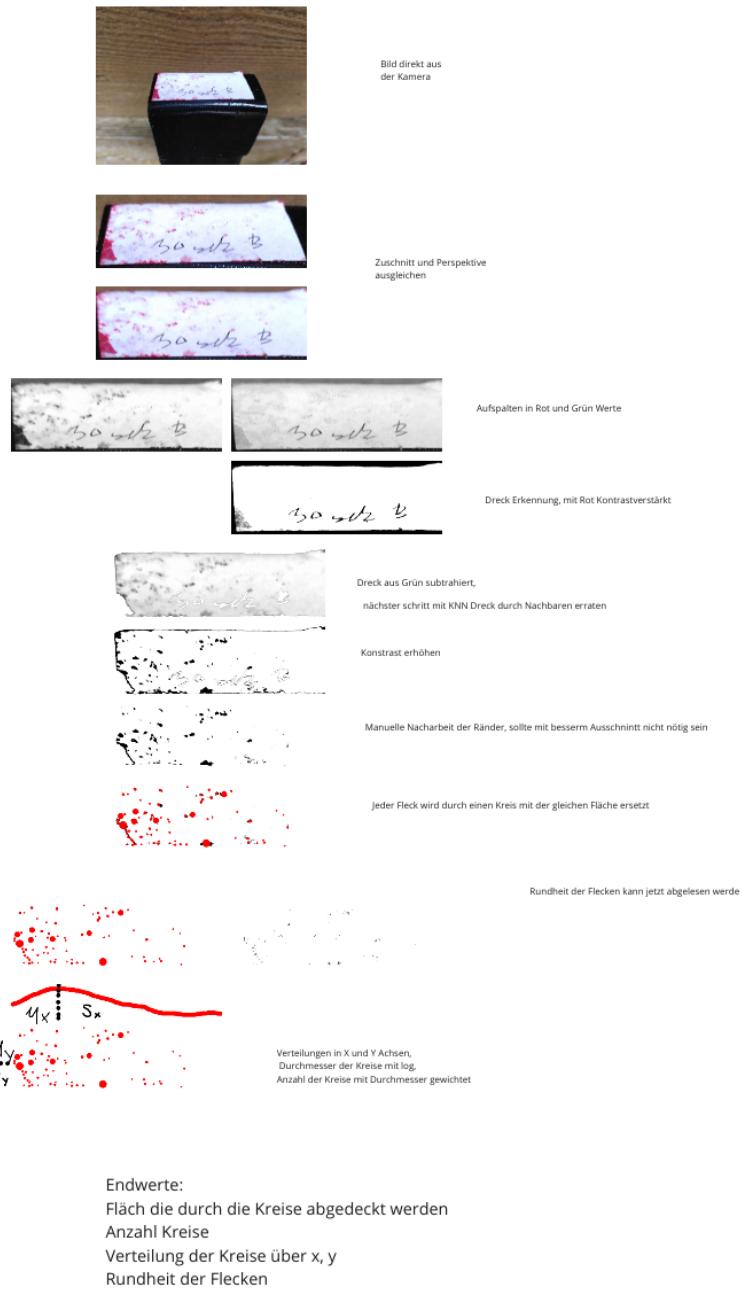


Abbildung 3: Bildverarbeitungskonzept

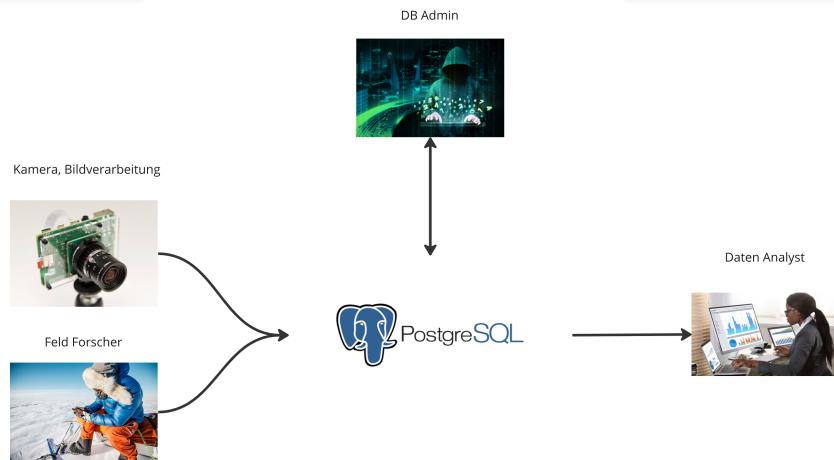


Abbildung 4: Benutzer der Datenbank

## 4.5 Extrahieren von Informationen aus Bilddaten

Um aus den Bilddaten, die während Feldversuchen gesammelt werden, sinnvolle Erkenntnisse zu gewinnen, ist es entscheidend, die Daten effektiv zu strukturieren. Dazu wird eine Datenbank angelegt. Dies erleichtert die effiziente Speicherung und ermöglicht leistungsstarke Datenabfragefunktionen, wie z. B. das pattern matching, die für eine umfassende Analyse wichtig sind.

Die im Feld gesammelten Daten werden zunächst in der Datenbank gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt analysiert.

Im Folgenden werden die Schritte zur Auslegung der Datenbank dargestellt. Der Code ist in Section 4.5.8 zu finden.

Die Methode wie die Datenbank hier ausgelegt wird, folgt der Vorlesung Datenbanksysteme 1. [<empty citation>]

### 4.5.1 Anforderungsanalyse

Die Anforderungen ergeben sich aus der Funktionsweise des Messaufbaus.

Die Datenbank in dieser Bachelorarbeit wird relativ klein sein, da die Feldversuche zeitintensiv sind. Es wird vermutet, dass maximal 1000 Messungen mit jeweils 3 Taps und je 100 Kreisen durchgeführt werden.

Die Datenbank ist grösser angelegt, als sie für die Vorversuche in der Bachelorarbeit benötigt wird.

Es gibt vier Benutzer die mit der Datenbank interagieren. In der Grafik 4 ist die schematische Darstellung.

- 
1. Die Kamera, die die Bilder der Taps macht und auswertet, muss die Auswertungen in die Datenbank schreiben.
  2. Der Versuchsdurchführende gibt zusätzliche Informationen über den Versuch an, die er ebenfalls in die Datenbank schreiben muss.
  3. Der Analyst wird die Daten abfragen und hoffentlich Informationen daraus gewinnen.
  4. Der Datenbankadministrator wird im Normalbetrieb nicht benötigt, sollte jedoch berücksichtigt werden.

Die Anforderungen an die Datenbank und ihre Benutzer werden entsprechend den Anforderungen des Messaufbaus und den Bedürfnissen der Benutzer festgelegt.

1

#### 4.5.2 Konzeptueller DB Entwurf

Mit der Unified Modeling Language (UML) wird in 5 die Struktur der Datenbank dargestellt. Diese Darstellung ist noch lösungsunabhängig.

#### 4.5.3 Logischer DB Entwurf

Um die Datenbank zu implementieren, wurde PostgreSQL gewählt. Es ist ein Free und Open-Source-System, das neue Features wie zum Beispiel JSON-Datentypen unterstützt.

Der folgende SQL-Code initialisiert die Datenbank: 2

#### 4.5.4 Views für den Analysten

Das Endziel besteht darin, eine Regression aus den Messungen und Taps zu erstellen, um den 'LWC Denoth' zu bestimmen. Für diese Aufgabe sind höchstwahrscheinlich nur bestimmte Angaben aus der Datenbank erforderlich.

Hier werden zwei Views erstellt: Der erste ist ein minimalistischer Ansatz, mit dem direkt weitergearbeitet werden kann. Der zweite View dient dazu, genauer zu verstehen, was in dem ersten View dargestellt ist.

Da die Ansichten für den read only Analysten bestimmt sind, muss keine aktualisierbarer View erstellt werden.

3

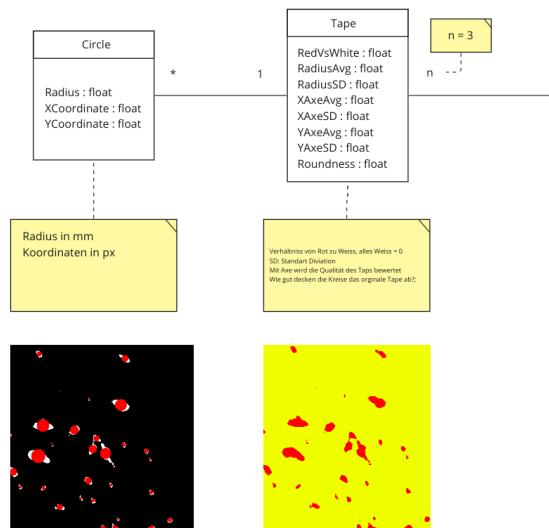
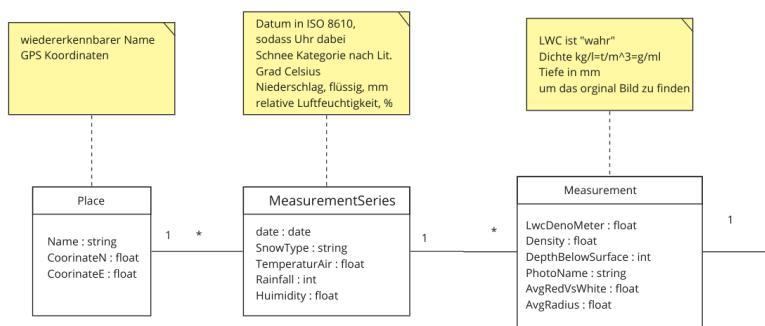


Abbildung 5: UML-Diagramm des konzeptuellen DB-Entwurfs

#### 4.5.5 Physischer Entwurf

Für die Beispieldaten wurden Daten aus der Vorstudie ?? für eine Messung verwendet.

Die Datenbank wird anfangs viele NULL-Werte enthalten, da beispielsweise die Wetterdaten nicht von einer API gefüllt werden.

Die Transaktionen sind in dieser Anwendung unproblematisch, da der Benutzer, der die Inserts durchführt (Raspberry, Feldforscher), zu einem früheren Zeitpunkt arbeitet als der Analyst.

Falls die Datenbank von meinem Laptop auf einen Server ausgelagert wird, werden die folgenden Tools zur Sicherheitsprüfung verwendet: [www.owasp.org](http://www.owasp.org) und <http://sqlmap.org/>.

#### 4.5.6 Python-Interaktion mit der Datenbank

Für die Interaktion mit der Datenbank werden verschiedene Python-Skripte verwendet, die je nach Benutzer unterschiedliche Aufgaben erfüllen.

Das folgende Python-Skript ist dazu da Bilder von Taps zu analysieren und die daraus gewonnenen Daten in die Datenbank einzufügen. 5

Das nächste Python-Skript wird interaktiv vom Versuchsleiter verwendet. Zur Zeit ruft das Skript auch noch die Bildanalyse auf. 6

#### 4.5.7 Nächste Schritte

Die Python-Programme sollten weiterentwickelt werden, um sämtliche verfügbaren Daten in der Datenbank zu nutzen und um die Funktionalität zu verbessern.

Aktuell läuft die Datenbank mit dem Benutzer Postgres auf einem Laptop. Eine Auslagerung auf einen Server ist derzeit keine Priorität, da dies mit Sicherheitsrisiken verbunden ist. Das Hauptziel dieser Produktentwicklungs Bachelorarbeit besteht darin, das Verhalten des Taps zu verstehen. Sobald dieses Ziel erreicht ist, können weitere Schritte zur Optimierung und Sicherung der Datenbankinfrastruktur unternommen werden.

Sobald die Feldversuche durchgeführt worden sind, wird sich die DB an die tatsächliche Nutzung noch anpassen.

#### 4.5.8 Code

Listing 1: SQL-Code für die Benutzerinitialisierung

```
-- Prevent default role PUBLIC from creating tables:  
REVOKE CREATE ON SCHEMA public FROM PUBLIC;
```

```

CREATE USER RaspberryKamera WITH PASSWORD 'abscaaksd.tt33' NOINHERIT;
-- Grant insert and update permissions on specific tables
GRANT INSERT ON TABLE Kreis TO RaspberryKamera;
GRANT INSERT ON TABLE Messung TO RaspberryKamera;
GRANT INSERT, SELECT ON TABLE Tape TO RaspberryKamera;

CREATE USER Feldversuch WITH PASSWORD 'bsacauxiaxbc222/' NOINHERIT;
-- Grant insert permissions on specific tables
GRANT INSERT, SELECT ON TABLE Messung TO Feldversuch;
GRANT INSERT ON TABLE Messreihe TO Feldversuch;
GRANT INSERT ON TABLE Messort TO Feldversuch;

CREATE USER Analyst WITH PASSWORD 'rabgkkaadggg221!' NOINHERIT;
GRANT SELECT ON ALL TABLES IN SCHEMA public TO Analyst;

CREATE USER admin WITH PASSWORD 'sgintyijyj77(';
GRANT ALL PRIVILEGES ON ALL TABLES IN SCHEMA public TO admin WITH GRANT OPTION;
GRANT ALL PRIVILEGES ON ALL SEQUENCES IN SCHEMA public TO admin WITH GRANT OPTION
GRANT ALL PRIVILEGES ON SCHEMA public TO admin WITH GRANT OPTION;

```

Die pseudozufällige Passwörter sind nicht optimal, besser wäre *SELECTgen,randomuid()*;

Listing 2: SQL-Code für die DBinitialisierung

```

CREATE DATABASE TapeMessungenBAKuhn;

CREATE TABLE Place (
    id SERIAL PRIMARY KEY,
    Name VARCHAR(255) NOT NULL,
    CoordinateN FLOAT,
    CoordinateE FLOAT
);

CREATE TABLE MeasurmentSeries (
    id SERIAL PRIMARY KEY,
    date TIMESTAMP WITH TIME ZONE NOT NULL,
    SnowType VARCHAR(255),
    TemperaturAir FLOAT,
    Rainfall INT,
    Humidity FLOAT,
    -- Foreign Key reference to Messort
    Place_id INT REFERENCES Place(id)
);

CREATE TABLE Measumrment (
    id SERIAL PRIMARY KEY,
    LwcDenothMeter FLOAT,
    Density FLOAT,
    DepthBelowSurface INT NOT NULL,

```

```

PhotoName VARCHAR(255) NOT NULL ,
AvgRedVsWhite FLOAT ,
AvgRadius FLOAT ,
-- Foreign Key reference to MessReihe
MeasurmentSeries_id INT REFERENCES MeasurmentSeries(id)
);

CREATE TABLE Tape (
    id SERIAL PRIMARY KEY,
    RedVsWhite FLOAT NOT NULL ,
    RadiusAvg FLOAT NOT NULL ,
    RadiusSD FLOAT NOT NULL ,
    XAxeAvg FLOAT NOT NULL ,
    XAxeSD FLOAT NOT NULL ,
    YAxesAvg FLOAT NOT NULL ,
    YAxeSD FLOAT NOT NULL ,
    Roundness FLOAT NOT NULL ,
    -- Foreign Key reference to Messung
    Measurment_id INT REFERENCES Measurment(id)
);

CREATE TABLE Circle (
    id SERIAL PRIMARY KEY,
    Radius FLOAT NOT NULL ,
    XCoordinatne INT NOT NULL ,
    YCoordinatne INT NOT NULL ,
    -- Foreign Key reference to Tape
    tape_id INT REFERENCES Tape(id)
);

```

Listing 3: SQL-Code für die Views

```

CREATE VIEW Minimal_Messung_Tape_View AS
SELECT m.LwcDenothMeter , t.RedVsWhite , t.AvgRadius
FROM Measurment m
JOIN Tape t ON m.id = t.Measurment_id;

CREATE VIEW Full_Measurement_View AS
SELECT mo.id AS place_id , mo.Name , mo.CoordinateN , mo.CoordinateE ,
mr.id AS MeasurmentSeries_id , mr.Date , mr.SnowType , mr.Temperatur , mr.Rain
m.id AS messung_id , m.lwcDenothMeter , m.dichte , m.tiefeUnterSchnee , m.bild
t.id AS tape_id , t.RedVsWhite , t.radiusAvg , t.RadiusSD , t.XAxeAvg , t.XAxeS
FROM Place mo
JOIN MeasurmentSeries mr ON mo.id = mr.Place_id
JOIN Measurment m ON mr.id = m.MeasurmentSeries_id
JOIN Tape t ON m.id = t.Measurment_id;

```

Listing 4: SQL-Code für Beispiel Daten

```
INSERT INTO Place (Name, CoordinateN, CoordinateE)
VALUES ('Rothenthrm', 47.1, 8.683333);
```

```
INSERT INTO MeasurmentSeries (Datum, SnowType, Temperatur, Rainfall, Humidity, pl)
VALUES ('2024-03-10T15:02:08', 'schneuberegte', 6, 2, 100, 1);
```

Listing 5: Bilderkennung und verarbeitung

```
#!/usr/bin/python
```

```
import psycopg2
from config import config
import cv2
import numpy as np
import pandas as pd

def do_image(image_name, Measurment_id):    # Accept tape_id as a parameter
    """
    Process an image to detect circles, calculate statistics, and insert data.

    Args:
        image_name (str): The filename of the image to process.
        messung_id (int): The ID of the Messung associated with the circles.

    Returns:
        float: The mean radius of the detected circles.
    """
    df = process_image(image_name)
    mean_radius = perform_statistics(df, Measurment_id)

    tape_id = get_last_tape_id()
    for index, row in df.iterrows():
        insert_data_kreis(row['Radius'], row['X-coordinate'], row['Y-coordinate'],
# Pass tape_id to insert_data
# print(df)
    return mean_radius

# Function to perform statistics on a DataFrame
def perform_statistics(df, Measurment_id):
    """
    Calculate statistics on a DataFrame containing circle data and insert them.

    Args:
        df (pandas.DataFrame): DataFrame containing circle data.
    """

```

---

```

messung_id (int): The ID of the Messung associated with the circle

>Returns:
    float: The mean radius of the detected circles.
"""

# Calculate mean and standard deviation
mean_radius = df['Radius'].mean()
mean_x_coordinate = df['X-coordinate'].mean()
mean_y_coordinate = df['Y-coordinate'].mean()
std_radius = df['Radius'].std()
std_x_coordinate = df['X-coordinate'].std()
std_y_coordinate = df['Y-coordinate'].std()

# Insert statistics into the database
insert_data_tape(mean_radius, mean_x_coordinate, mean_y_coordinate, std)

return mean_radius

def insert_data_tape(mean_radius, mean_x_coordinate, mean_y_coordinate, std
"""
Insert statistics into the database.

Args:
    mean_radius (float): Mean radius of detected circles.
    mean_x_coordinate (float): Mean x-coordinate of detected circles.
    mean_y_coordinate (float): Mean y-coordinate of detected circles.
    std_radius (float): Standard deviation of radius of detected circles.
    std_x_coordinate (float): Standard deviation of x-coordinate of detected circles.
    std_y_coordinate (float): Standard deviation of y-coordinate of detected circles.
    messung_id (int): The ID of the Messung associated with the statistics.

>Returns:
    None
"""

sql = """INSERT INTO tape (radiusavg, xaxeavg, yaxesavg, radiussd, xaxessd)
          VALUES (%s, %s, %s, %s, %s);"""
conn = None
try:
    # Read database configuration
    params = config()
    # Connect to the PostgreSQL database

```

```

conn = psycopg2.connect(**params)
# Create a new cursor
cur = conn.cursor()
# Execute the INSERT statement
cur.execute(sql, (mean_radius, mean_x_coordinate, mean_y_coordinate))
# Commit the changes to the database
conn.commit()
print("Statistics inserted into the database.")
# Close communication with the database
cur.close()
except (Exception, psycopg2.DatabaseError) as error:
    print(error)
finally:
    if conn is not None:
        conn.close()

# Function to retrieve the last inserted tape_id
def get_last_tape_id():
    """
    Retrieve the ID of the last inserted tape from the database.

    Returns:
        int: The ID of the last inserted tape.
    """
    # Read database configuration
    params = config()
    # Connect to the PostgreSQL database
    conn = psycopg2.connect(**params)
    # Create a new cursor
    cur = conn.cursor()

    cur.execute("SELECT id FROM tape")
    last_tape_id = cur.fetchone()
    if last_tape_id:
        return last_tape_id[0]
    else:
        return 1

def show_image_progsess(df, image, contours, radii_list, x_coords_list, y_c
    """
    Display the processed image with circles and contours.

```

---

```

Args:
    df (pandas.DataFrame): DataFrame containing circle data.
    image (numpy.ndarray): Original image.
    contours (list): List of contours detected in the image.
    radii_list (list): List of radii of detected circles.
    x_coords_list (list): List of x-coordinates of detected circles.
    y_coords_list (list): List of y-coordinates of detected circles.

Returns:
    None
"""

# Display DataFrame
print(df)

# Display the original image
cv2.imshow('Original Image', cv2.imread(image_name))

# Display the image with contours
image_with_contours = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_GRAY2BGR)
for contour in contours:
    cv2.drawContours(image_with_contours, [contour], 0, (0, 255, 0), 2)
cv2.imshow('Image with Contours', image_with_contours)

# Display the image with contours and circles
# Create a copy of the original image for drawing circles
image_with_circles = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_GRAY2BGR)

for x, y, r in zip(x_coords_list, y_coords_list, radii_list):
    cv2.circle(image_with_circles, (x, y), r, (0, 0, 255), cv2.FILLED)
cv2.imshow('Image with Circles', image_with_circles)

cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()

def insert_data_kreis(radius, x_coordinate, y_coordinate, tape_id):
"""
Insert circle data into the database.

Args:
    radius (int): Radius of the circle.
    x_coordinate (int): X-coordinate of the circle.
    y_coordinate (int): Y-coordinate of the circle.

```

---

```

tape_id (int): The ID of the tape associated with the circle.

>Returns:
    None
"""

sql = """INSERT INTO Circle (radius, xcooridnate, ycooridnate, tape_id)
conn = None
try:
    # Read database configuration
    params = config()
    # Connect to the PostgreSQL database
    conn = psycopg2.connect(**params)
    # Create a new cursor
    cur = conn.cursor()
    # Convert NumPy integers to Python integers
    radius = int(radius)
    x_coord = int(x_coordinate)
    y_coord = int(y_coordinate)
    # Execute the INSERT statement
    cur.execute(sql, (radius, x_coord, y_coord, tape_id))
    # Commit the changes to the database
    conn.commit()
    # Close communication with the database
    cur.close()
except (Exception, psycopg2.DatabaseError) as error:
    print(error)
finally:
    if conn is not None:
        conn.close()

def process_image(image_name):
    """
    Process an image to detect circles and return a DataFrame containing ci
    """

Args:
    image_name (str): The filename of the image to process.

>Returns:
    pandas.DataFrame: DataFrame containing circle data.
"""

# Load the image
image = cv2.imread(image_name, cv2.IMREAD_GRAYSCALE)

```

```

# Invert the image (since blobs are black on a white background)
image = cv2.bitwise_not(image)

# Find contours
contours, _ = cv2.findContours(image, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

# Lists to store radius, x-coordinate, and y-coordinate
radii_list = []
x_coords_list = []
y_coords_list = []

# Iterate through each contour
for contour in contours:
    # Calculate the center of gravity (centroid) and area of the contour
    M = cv2.moments(contour)
    if M["m00"] != 0:
        cx = int(M["m10"] / M["m00"])
        cy = int(M["m01"] / M["m00"])
        area = cv2.contourArea(contour)

        # Calculate the radius of the circle using the area
        radius = int(np.sqrt(area / np.pi))

        # Append radius, x-coordinate, and y-coordinate to respective lists
        radii_list.append(radius)
        x_coords_list.append(cx)
        y_coords_list.append(cy)

# Create DataFrame
data = {'Radius': radii_list, 'X-coordinate': x_coords_list, 'Y-coordinate': y_coords_list}
df = pd.DataFrame(data)

if __name__ == '__main__':
    show_image_progrss(df, image, contours, radii_list, x_coords_list, y_coords_list)

return df

if __name__ == '__main__':
    image_name = 'bild1.png'

```

---

```
do_image(image_name)
```

Listing 6: Bilderkennung und verarbeitung

```
#!/usr/bin/python

import psycopg2
from config import config
import cv2
import numpy as np
import pandas as pd
from imageToCircle3 import do_image
# Function to retrieve the last inserted tape_id
def get_last_Measurement_id(cur):

    """
    Retrieve the last inserted Measurement_id from the database.

    Args:
        cur (psycopg2.cursor): Cursor object for database interaction.

    Returns:
        int: The last inserted Measurement_id incremented by 1.
    """
    cur.execute("SELECT id FROM Measurement")
    last_Measurement_id = cur.fetchone()
    if last_Measurement_id:
        return last_Measurement_id[0] + 1
    else:
        return 1
def insert_data(MeasurementSeries_id):
    """
    Insert a new messung entry into the database.

    Args:
        MeasurementSeires_id (int): The ID of the MeasurementSeries associated
    """
    None
    """
    sql = """INSERT INTO Measurement (MeasurementSeries_id)
              VALUES (%s);"""
    conn = None
    try:
```

```

# Read database configuration
params = config()
# Connect to the PostgreSQL database
conn = psycopg2.connect(**params)
# Create a new cursor
cur = conn.cursor()
# Execute the INSERT statement
cur.execute(sql, (MeasurmentSeries_id))
# Commit the changes to the database
conn.commit()
print("Messung inserted into the database .")
# Close communication with the database
cur.close()
except (Exception, psycopg2.DatabaseError) as error:
    print(error)
finally:
    if conn is not None:
        conn.close()

# Main function
def main():
    """
    Main function to execute the program.

    Prompts the user for a messungReihe ID input, processes a list of image
    """
    # Prompt user for messung_id input
    messung_id = input("Enter MeasurmentSeries ID: ")

    # List of image names
    image_names = ['bild1.png', 'bild2.png', 'bild3.png']

try:
    # Read database configuration
    params = config()
    # Connect to the PostgreSQL database
    conn = psycopg2.connect(**params)
    # Create a new cursor
    cur = conn.cursor()

    # Retrieve the last inserted tape_id
    messung_id = get_last_Measurment_id(cur)

```

```

print("Next Measurement_id:", Measurement_id)

avg_mean_radius = 0
# Process each image
for idx, image_name in enumerate(image_names):
    # Process the image
    avg_mean_radius += do_image(image_name, messung_id)
avg_mean_radius = avg_mean_radius / 3

# Commit the transaction
conn.commit()

except (Exception, psycopg2.DatabaseError) as error:
    print(error)
finally:
    # Close cursor and connection
    if cur is not None:
        cur.close()
    if conn is not None:
        conn.close()

# Entry point of the program
if __name__ == "__main__":
    main()

```

## 4.6 Widerstand gegen Umwelteinflüsse

bei einer vorbehandlung mit einem Lösungsmittel, getestet wurde Isopropanol, Nitro verdünner und Aceton, verfärbt sich das tape temporär. nachdem das Lösungsmittel abgedampf ist, ist eine veränderung am Tape mehr sichtbar. wenn das tape nun mit wasser aktiviert wird, kann beobachtet werden wie die vorbehandelten bereiche die feuchtigkeit stärker anzeigen.

Die Kältemittel aus ?? haben ebenfalls das tape temporär verfärbt, hier wurde keine wasseranzeige veränderung beobachtet.

bei wärmeeinwirkung einer heisluftpistole, hat sich zum einen der Klebstoff gelöst und das weisse papier des tapes wurde braun. die bereiche des tapes die noch weiss waren, haben bei wasser noch immer gut reagiert. der braune teil hat kein wasser mehr anzeigen können.

## 4.7 Mögliche Gründe der hohen Varianz

in der messung in davos ??

In dem Bild ?? wurde Schnee in einem  $0.2 \text{ m}^2$  Fläche gemessen. Ziel war es die Varianz von vergleich mit ishiwaw ?? wurde das Problem der hohen Varianz genauer analysiert.  
die wichtigsten Probleme sind

- das Tap ist anisotrop, durch die Herstellung. das ist besonders auffällig an den Rändern. die Lösung wurde in 3 schon intuitiv benutzt. Der Rand (etwa 2 mm) soll nicht beachtet werden. der bildausschnitt wird in Zukunft so gewählt, dass der Rand nicht im Bild ist.
- das tap hat einen schlechten Kontakt zum Wasser auf dem Schnee. um diese Hypothese zu überprüfen wurde der Winkel eines Wassertropfens auf dem tape gemessen. mit einem Winkel von 90 Grad ist das tap genau zwischen hydrophob und hydrophil.
- die Beleuchtung war nicht homogen. deswegen werden zeit LEDs mit Difusoren in dem nächsten ?? Funktionsmuster verbaut.
- die tape holder standen nicht genau senkrecht. deswegen wurde die Führung mit den Magnetbögen und Stativmaterial gebaut.
- die Eindrückenergie war inkonsistent. deswegen wurden die Häufigkeit der Versuche ohne extra Energie durchgeführt. bei dem Durchgang mit Energie wurde das Stativmaterial benutzt um eine gleiche Potentielle Energie sicher zu stellen.
- der tapeholder und nicht das tape hatten Kontakt zum Schnee. deswegen wurde der neue tapeholder umkonstruiert sodass 40 mm nur der XPS Schaumstoff mit dem tape in den Schnee eindringen kann.
- der XPS Schaumstoff ist nicht flach. deswegen wurde eine Schneidelehre gebaut um den XPS senkrecht zu schneiden. weitere Möglichkeiten wären eine Glassplatte (Mikroskop Objektivträger) zwischen den XPS und das Tape zu machen. Oder ein plastisch verformbarer Träger für das tape zu entwickeln.
- die Temperatur des tapes war vor dem Schneekontakt die Umgebungstemperatur (viel). deswegen wurde jedes tape runtergekühlt und mit der Wärmebildkamera überprüft.
- die Gewichtete der tape holders war um rund 10 % unterschiedlich, denn es wurden verschiedene Versionen benutzt. die neue hat nur eine Einziehversion an tape holders.

- 
- der schnee ist inhomogen. die messung war unter einem baum, von dem schnee und eis runter gefallet war. das hat dazu geführt, dass im schnee centimeter grosse einregionen waren.
  - der schnee ist inhomogen in schichten. im den nächsten messunng wurde ein weniger geschichteter schnee gewählt.
  - der schnee ist inhomogen mit wasser störmen. die messung in davos war in der nähe eines Baches. die nächste messung wurde ein homogener schnee gewählt.
  - die ebende auf der das tape geklebt ist, ist nicht eben, sondern beim transpornt eingedrückt worden. um das problem zu reduzieren wurden Pelican Boxen für den Transport benutzt.

weiter mögliche gründe und die sturktiurung der Gründe können im Ishikawa Diadram gesehen werden. ??

## 4.8 Ergebnisse der Versuche

erster feldversuch Ziel: testen des ablaufs der tap, mit drei verschiedenen LWC um den LWC zu beeinflussen, zum einem Wasser über den schnee ausschütten, dann messen.

zum anderen mit Kältespray den schnee einfrieren, dann soll der LWC sehr tief sein. Wärmebildaufnahme der gekühlten Schneestell.

der schnee hat sich nur sehr langsam wieder aufgewärmt, da schnee sehr gut isoliert.

durchgeführt am 2024-04-11 in davos, einige meter hoch auf der schatten tal seite. Messstandort in Davos, unter dem regenschrim ist das Tape gelagert

Ein bild von 'normalem' schnee

schlussfolgerungen: schneedreieck funktioniert bei inhomogenem schnee mit eis nicht. handlich aufwendig, belichtung einseitig, gewichte kommen auf der schablone sich in den weg,

zweiter Feldversuch Ziel: neues design. variabler (höherer) anpressdruck, vergleich mit denothmeter

Ich bin sehr zu frieden mit diesen ergebnissen. die technologie des 5999 water indicator taps haben einen TRL von 9 um Qualitätssicherung zu machen. Um den LWC von Schnee zu messen befand sich das 5999 am anfang dieser Arbeit bei TRL 1, mit diesen versuchen hat das 5999 den TRL 5 erreicht.

## 4.9 Vergleich der Ergebnisse mit Denothmeter

Das Ziel ist es die Statistik Daten aus ?? zu benutztten um ein statischtisches Regressions maschien learn modell auf zu bauen. der Input sind dann parameter wie zum beistiel das RedVsWhite oder der RadiusAvg. der output ist der LWCTape. um das modell zu trainiern wird der LWCDenoth benutzt.

dass heisst im besten fall kann das Tape die gleichen Werte wie das Denothmeter produzieren. aber mit dieser technik ist es nicht möglich eine qualitativ bessere über schnee und Gleitschneelawinen zu machen als das denothmeter.

Um ein modell zu trainiern das den Denothmeter gut abbildet, muss das modell mit möglichst vielen schneetypen und entsprechenden LWCDenoth trainiert werden.

mein bauchgefühl sagt, dass für ein robustes modell 100 LWCDenoth gut wären. Das gute an ML ist, dass die genauigkeit der modelle weitgehen linear mit der anzahl traingsdaten steigt.

grafik aus der Vorlesung Deep Learning, Hannes Badertsch

In den frühen phasen diesr BA wird nur das Konzept eingeführt und dan das eigene biologische neuronale Netztwerk im Hirn benutzt um die Bilder/Statisik mit den LWCDenoth zu korrelieren.

das ist die Userstory von XX aus ??

um eine aussage über gleitschneelawinen zu machen die besser ist als die des Denothmeters, müssen die entsprechenden Daten gesammelt werden. dass heisst es braucht eine messkampanie die kritische Hänge überwacht und dann kann das klasifikations modell trainiert werden, dass eine Serie von Tape Roh daten betrachtet und als output hat: Jetzt wird eine Gleitschneelawine statfinden.

das ist die Userstory von x aus ??

## 4.10 Verbesserungsmöglichkeiten des Funktionsmusters

some stuff

## 4.11 Vollautomatische Durchführung der Messung

um die grossen datenmengen die für ein robustes ML aus ?? benötigt werden liefern zu könne, muss die Messung die teure menschliche Arbeitszeit drastisch reduzieren. Die Vorstudien in ?? waren rund 9 h Arbeitszeit und haben rund 50 LWCTape und 6 LWCDenoth geliefert.

Ein grosser vortei des Taps ist die feine ortiliche auflösung von 20x20 mm. Um diese feine auflösung zu nutzte ist es spannend durch die Höhe der schneedecke die messungen durch zu führen.

---

in den kleinen vorvesuchen und den funktionsmuster ist die idee, dass ein Feldvorscher einen schneegraben gräbt und so zugang an die unterschiedlichen schichten das schnees hat.

das graben eines schneegraben ist aufwendig und sollte daher vermieden werden.

eine mögilchketi sit das der feldvorscher mit einer bohrvmaschiene ein roch in den schnee macht. dann kann der feldvorscher das messsystem in das loch herablassen, das kontinuierlich eine messung durchführt, während es herab gelassen wird.

es ist auch mögilch, dass das Messsystem über den sommer an stategisch gewählten orten aufgebaut wird und es dann eingeschneit wird. hier ist die schwierigkeit an genügent 'ungetestetn' guten schnee dran zu kommen um eine feine zeitliche auflösung zu ermöglichen.

mit einem vorstudie kann überprüft werden wie sich schnee verhält, wenn der schnee ein zweites mal getestet wird, nud wie lange es braucht, bis sich der schnee vom test erholt hat. wenn mit wenig anpressdruck gearbeitet wird kann ich mir vorstellen, dass sich der schnee schnell erholt. das würde diesem Konzept massiv vereinfachen.

ein weiters Konzept ist, dass von einem helikopter aus das messsystem abgeworfen wird. durch die kinetische energie schlägt das messsystem dann durch die schneedecke. in einer zweiten phase wird dann das tap an den schnee angepresst und die daten drothlos an in die Datenbank aus ?? eingespeist.

Um den anpressdruck seitlich ausüben zu können funktioniert die schwerkraft nicht mehr. Elastomere sind bei tiefen temperaturen schwer einzuschätzen. ein elektormotor ist möglich, aber etwas mühsam mit der batterie. eine blatfeder, oder kompressionsfeder sind vielversprechende varianten.

---

## 5 Ausblick

lovly

### 5.1 Presönliche Erfahrunng

ich hatte freide mich in das mir unbekannte thema des schnees ein zu arbeiten. die arbeit hat mir einen kleinen Einblick in den schnee gegeben, das thema des schnees wird für die schweiz in den kommenden Jahren mit den klimawanden an bedeutung gewinnen.

die agile hardware developmet methode liegt mir und es hat freude bereitet 5 Iterationen des produktes in der hand zu haben und zu testen.

### 5.2 Fazit

go away

### 5.3 Ausblick

methode weiter verfolgen, good stuff

### 5.4 Danksagung

danke an christine kuhn an den Werkstattverein Coredump, und werkzeughaus, danke an das IPEK, mit Herr Loichinger und Herr Locher. danke an Mitstudenten Oliver, Florian, Julian und Joel, für ein offenes Ohr.

## 6 Literaturverzeichnis

[22] [23] [24] [25] [26] [27] [29] [31] [30] [32] [33] [34] [28] [35] [36] [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21]

# Literatur

## Literatur

- [1] Citavi. URL: <https://www.snowathome.com/product/sg6-xstream-snowmaker/> (besucht am 11.04.2024).
- [2] Citavi. URL: <https://www.instructables.com/Home-Snowmaker-Snowgun-internal-mix/> (besucht am 11.04.2024).
- [3] Citavi. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Joule%20%93Thomson\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Joule%20%93Thomson_effect) (besucht am 11.04.2024).
- [4] Citavi. URL: <https://miro.com/app/board/uXjVNqJWvys=/?moveToWidget=3458764579769300787&cot=14> (besucht am 11.04.2024).
- [5] Citavi. URL: <https://www.popularmechanics.com/adventure/outdoors/a26016338/how-to-make-fake-snow/> (besucht am 11.04.2024).
- [6] Citavi. URL: [https://above.nasa.gov/files/snowex\\_2020/Webb\\_Day2\\_Poster\\_885.pdf](https://above.nasa.gov/files/snowex_2020/Webb_Day2_Poster_885.pdf) (besucht am 11.04.2024).
- [7] Citavi. URL: [https://snow.nasa.gov/sites/default/files/Zhang\\_080917\\_15\\_Snow%20Density%20Comparison.pdf](https://snow.nasa.gov/sites/default/files/Zhang_080917_15_Snow%20Density%20Comparison.pdf) (besucht am 11.04.2024).
- [8] Citavi. URL: [https://www.eoas.ubc.ca/courses/atsc113/snow/met\\_concepts/07-met\\_concepts/07b-newly-fallen-snow-density/](https://www.eoas.ubc.ca/courses/atsc113/snow/met_concepts/07-met_concepts/07b-newly-fallen-snow-density/) (besucht am 11.04.2024).
- [9] Citavi. URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/seppy01941/64/4/64\\_4\\_443/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/seppy01941/64/4/64_4_443/_pdf) (besucht am 11.04.2024).
- [10] Citavi. URL: <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/1391-snow-and-ice-density> (besucht am 11.04.2024).
- [11] Citavi. URL: <https://www.proquest.com/docview/2515698986?20Theses&fromopenview=true&pq-origsite=gscholar&sourcetype=Dissertations%20&parentSessionId=IvIK4xLnFrXKhXxv6CazyhndGZWGa0i7vbpgpqZE3MI%3D> (besucht am 11.04.2024).
- [12] Citavi. URL: [https://above.nasa.gov/files/snowex\\_2020/Webb\\_Day2\\_Poster\\_885.pdf](https://above.nasa.gov/files/snowex_2020/Webb_Day2_Poster_885.pdf) (besucht am 11.04.2024).

- 
- [13] Citavi. URL: <https://www.mt.com/shop/us/en/product/30474902/density-meter-excellence-d6> (besucht am 11.04.2024).
  - [14] Citavi. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25161535> (besucht am 11.04.2024).
  - [15] Citavi. URL: <https://www.micro-dehumidifier.com/products/product-range-overview/> (besucht am 11.04.2024).
  - [16] Citavi. URL: <https://www.kennedylabs.tech/download/KLG-GOP0-8> (besucht am 11.04.2024).
  - [17] Citavi. URL: <https://a2photonicssensors.com/wise-sensor-liquid-water-content-snow/> (besucht am 11.04.2024).
  - [18] Citavi. URL: <https://www.ilmsens.com/short-range-radar/> (besucht am 11.04.2024).
  - [19] Citavi. URL: <https://www.mouser.ch/new/sensirion/sensirion-sht4xa-sensors/> (besucht am 11.04.2024).
  - [20] Citavi. URL: <https://www.ilmsens.com/impedance-spectroscopy/> (besucht am 11.04.2024).
  - [21] Citavi. URL: <https://www.slf.ch/en/> (besucht am 11.04.2024).
  - [22] Ahmed Abdelaal u. a. “A flexible surface-mountable sensor for ice detection and non-destructive measurement of liquid water content in snow”. In: *Cold Regions Science and Technology* 195 (2022), S. 103469. ISSN: 0165232X. DOI: \url{10.1016/j.coldregions.2021.103469}.
  - [23] Satoru Adachi u. a. “Application of a Magnetic Resonance Imaging Method for Nondestructive, Three-Dimensional, High-Resolution Measurement of the Water Content of Wet Snow Samples”. In: *Frontiers in Earth Science* 8 (2020). DOI: \url{10.3389/feart.2020.00179}.
  - [24] Sayed Ul Alam Shibly u. a. “Experimental Estimation of Membrane Tension Induced by Osmotic Pressure”. In: *Biophysical journal* 112.6 (2017), S. 1290. DOI: \url{10.1016/j.bpj.2017.03.001}.
  - [25] Randall Bonnell u. a. “Spatiotemporal Variations in Liquid Water Content in a Seasonal Snowpack: Implications for Radar Remote Sensing”. In: *Remote Sensing* 13.21 (2021), S. 4223. DOI: \url{10.3390/rs13214223}.
  - [26] Christopher Donahue, S. McKenzie Skiles und Kevin Hammonds. “Mapping liquid water content in snow at the millimeter scale: an intercomparison of mixed-phase optical property models using hyperspectral imaging and in situ measurements”. In: *The Cryosphere* 16.1 (2022), S. 43–59. DOI: \url{10.5194/tc-16-43-2022}.

- 
- [27] D. Fasani, F. Cernuschi und L.P.M. Colombo. "Calorimetric determination of wet snow liquid water content: The effect of test conditions on the calorimeter constant and its impact on the measurement uncertainty". In: *Cold Regions Science and Technology* 214 (2023), S. 103959. ISSN: 0165232X. DOI: \url{10.1016/j.coldregions.2023.103959}.
  - [28] Jiansheng Hao u. a. "Performance of snow density measurement systems in snow stratigraphies". In: *Hydrology Research* 52.4 (2021), S. 834–846. ISSN: 0029-1277. DOI: \url{10.2166/nh.2021.133}.
  - [29] N. J. Kinar und J. W. Pomeroy. "Determining snow water equivalent by acoustic sounding". In: *Hydrological Processes* 21.19 (2007), S. 2623–2640. ISSN: 0885-6087. DOI: \url{10.1002/hyp.6793}.
  - [30] Franziska Koch u. a. "Measuring Snow Liquid Water Content with Low-Cost GPS Receivers". In: *Sensors (Basel, Switzerland)* 14.11 (2014), S. 20975–20999. DOI: \url{10.3390/s141120975}.
  - [31] Franziska Koch u. a. "Retrieval of Snow Water Equivalent, Liquid Water Content, and Snow Height of Dry and Wet Snow by Combining GPS Signal Attenuation and Time Delay". In: *Water Resources Research* 55.5 (2019), S. 4465–4487. ISSN: 0043-1397. DOI: \url{10.1029/2018WR024431}.
  - [32] Michael Lombardo u. a. "A method for imaging water transport in soil–snow systems with neutron radiography". In: *Annals of Glaciology* (2023), S. 1–10. ISSN: 0260-3055. DOI: \url{10.1017/aog.2023.65}.
  - [33] Alex Mavrovic u. a. "Snow liquid water content measurement using an open-ended coaxial probe (OECP)". In: *Cold Regions Science and Technology* 171 (2020), S. 102958. ISSN: 0165232X. DOI: \url{10.1016/j.coldregions.2019.102958}.
  - [34] Anna Nowogrodzki. "The world's strongest MRI machines are pushing human imaging to new limits". In: *Nature* 563.7729 (2018), S. 24–26. DOI: \url{10.1038/d41586-018-07182-7}.
  - [35] Carlos L. Pérez Díaz u. a. "Proof of Concept: Development of Snow Liquid Water Content Profiler Using CS650 Reflectometers at Caribou, ME, USA". In: *Sensors (Basel, Switzerland)* 17.3 (2017). DOI: \url{10.3390/s17030647}.
  - [36] Satoru Yamaguchi, Satoru Adachi und Sojiro Sunako. "A novel method to visualize liquid distribution in snow: superimposition of MRI and X-ray CT images". In: *Annals of Glaciology* (2023), S. 1–11. ISSN: 0260-3055. DOI: \url{10.1017/aog.2023.77}.

---

## 7 Erklärung zur Urheberschaft

---

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne Hilfe Dritter angefertigt habe. Ich habe nur die Hilfsmittel benutzt, die ich angegeben habe. Gedanken, die ich aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommen habe, sind kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

**KI-Einsatz ohne Kennzeichnungspflicht**

Ich bin mir bewusst, dass die Nutzung maschinell generierter Texte keine Garantie für die Qualität von Inhalten und Text gewährleistet. Ich versichere daher, dass ich mich textgenerierender KI-Tools lediglich als Hilfsmittel bedient habe und in der vorliegenden Arbeit mein gestalterischer Einfluss überwiegt. Ich verantworte die Übernahme jeglicher von mir verwendeter maschinell generierter Textpassagen vollumfänglich selbst. Ich versichere, dass ich keine KI-Schreibwerkzeuge verwendet habe, deren Nutzung der Prüfer / die Prüferin explizit schriftlich ausgeschlossen hat.

Ort/Datum: Rapperswil, 2024

Unterschrift:

Peter Kuhn

---

## Abbildungsverzeichnis

1	Versuchsaufbau der Laser Reflexion und Refraktion . . . . .	5
2	Messgrößen für die Reflexion und Refraktion, Veränderung über Zeit	6
3	Bildverarbeitungskonzept . . . . .	9
4	Benutzer der Datenbank . . . . .	10
5	UML-Diagramm des konzeptuellen DB-Entwurfs . . . . .	12

## Tabellenverzeichnis

---

## 8 Digitaler Anhang

### Lebenslauf

## Personalien

Peter Kuhn  
Webergasse 16  
8640 Rapperswil  
078 707 12 46 (Mobil)  
043 268 55 87 (Festnetz)  
peter.jo.kuhn@gmail.com



## Bildung

1998.06.17 geboren  
2005 - 2011 Primarschule  
2011 - 2013 Langzeit Gymnasium Kantonsschule Zürcher Oberland  
2013 - 2017 Kurzzeit Gymnasium Math. Naturwiss. Gym. Rämibühl  
2017 - 2018 Zivildienst  
2018 - 2020 Mathematik Studium ETH Zürich  
2021 - jetzt Maschinenbau und Innovation Studium an der OST  
Maturarbeit

## Sprachen

- Deutsch (Muttersprache)
- Englisch (sehr gut schriftlich und mündlich)
- Italienisch (gut mündlich)

## Programmiersprachen

C++, Java, Python,  
JavaScript, Bash, Matlab, html/css, Mysql, Excel

## Fähigkeiten

Führerausweis Kat. B  
Aktives Mitglied von Velove,  
einer von Studenten geleiteten Velo Werkstatt

## Sport

Mountainbike  
Rennvelo  
Schwimmen