

Technischer Bericht

**Beiträge zur Morphometrie  
und zum Alter  
der Bergulme beim Brandhof**

(nach einer Idee von Aurelia Meinhart)



von

Dr. Viktor Kaufmann  
Institut für Geodäsie  
Arbeitsgruppe Fernerkundung und Photogrammetrie  
Technische Universität Graz



Graz, September 2019

## 1. Aufgabenstellung

Im Zuge eines Ausstellungsprojekts<sup>1</sup> der Gruppe 77<sup>2</sup> im Steiermarkhof<sup>3</sup> (8. Nov. bis 19. Dez. 2019) sind für die teilnehmende Künstlerin Aurelia Meinhart<sup>4</sup> zur Vorbereitung ihres Beitrags ausgewählte geometrische Kenndaten einer Bergulme (*Ulmus glabra*) beim Brandhof<sup>5</sup> geodätisch zu bestimmen. Weiters soll eine Altersabschätzung des Baumes anhand der geodätischen Messungen und im Lichte vorhandener, sonstiger Quellen vorgenommen werden. Ein Ausgangspunkt der Arbeit von Aurelia Meinhart ist die Darstellung „Der Brandhof nach dem Umbau“, von Matthäus Loder<sup>6</sup> (1781 Wien – 1828 Vordernberg) um 1821/22 geschaffen. Loder war von 1816 bis zum seinem Tod Kammermaler von Erherzog Johann. Loder hat in vielen Zeichnungen und Aquarellen den Brandhof und seine Umgebung dargestellt. Weitere zeichnerische Darstellungen vom Brandhof stammen vom Kammermaler Thomas Ender<sup>7</sup> (1793 Wien – 1875 Wien), der nach dem Tod Loders in die Dienste von Erzherzog Johann getreten ist.

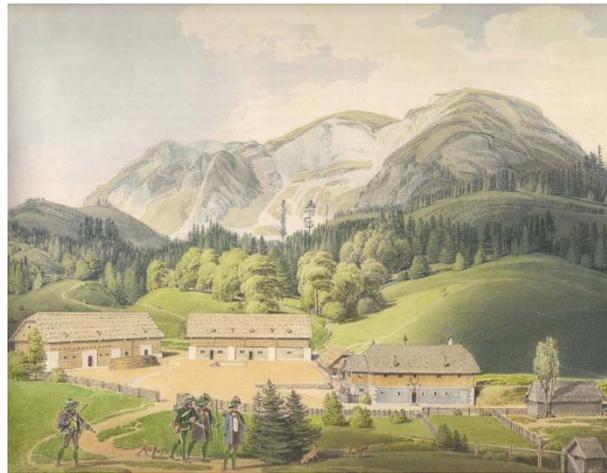


Abb.1: Matthäus Loder, *Der Brandhof mit den neuen Stallungen*, um 1821/22.  
Die Bergulme (?) ist in der rechten unteren Ecke der Darstellung zu sehen.

Vom dargestellten Sujet ist zumindest eine weitere Ausführung (Abb. 2) bekannt.

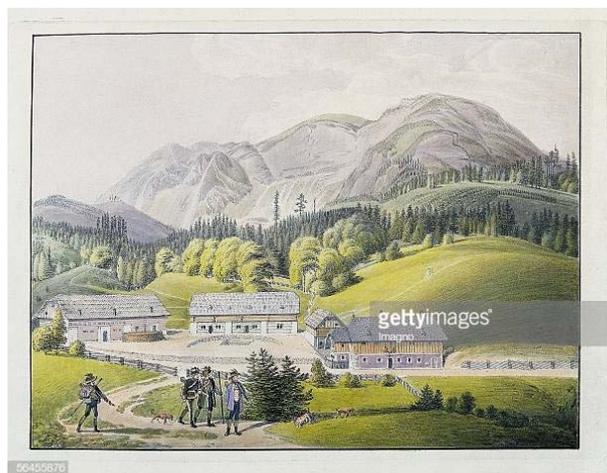


Abb. 2: Matthäus Loder, *Der Brandhof mit den neuen Stallungen*, um 1821/22.  
Vergleiche den modifizierten Bildinhalt in der rechten unteren Ecke.  
Die Bergulme ist nicht mehr Gegenstand der Darstellung. Quelle: Internet.

<sup>1</sup> [https://www.steiermarkhof.at/fileadmin/user\\_upload/Sonstiges/Bildungssaison\\_2019\\_20/Kunst\\_u.\\_Kultur\\_2019\\_20\\_www.pdf](https://www.steiermarkhof.at/fileadmin/user_upload/Sonstiges/Bildungssaison_2019_20/Kunst_u._Kultur_2019_20_www.pdf)

<sup>2</sup> <http://www.gruppe77.at/>

<sup>3</sup> <https://www.steiermarkhof.at/>

<sup>4</sup> <http://www.aureliameinhart.at/>

<sup>5</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Brandhof\\_\(Gemeinde\\_Mariazell\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Brandhof_(Gemeinde_Mariazell))

<sup>6</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Matthäus\\_Loder](https://de.wikipedia.org/wiki/Matthäus_Loder)

<sup>7</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Ender](https://de.wikipedia.org/wiki/Thomas_Ender)

## 2. Weitere Quellen



Abb. 3: Matthäus Loder, *Der Brandhof nach dem Umbau*, um 1824.  
In dieser Darstellung fehlt der Hinweis auf eine Bergulme (vgl. Abb. 1).

In einem weiteren Gemälde (Abb. 4) von Matthäus Loder fehlt ebenfalls die in Abb.1 dargestellte Bergulme. Ein Aquarell (Abb. 5) von Thomas Ender aus 1840 zeigt an der Stelle des jetzigen Standorts der Bergulme zumindest Laubbäume, die alters- und höhenmäßig zu der Bergulme passen könnten.

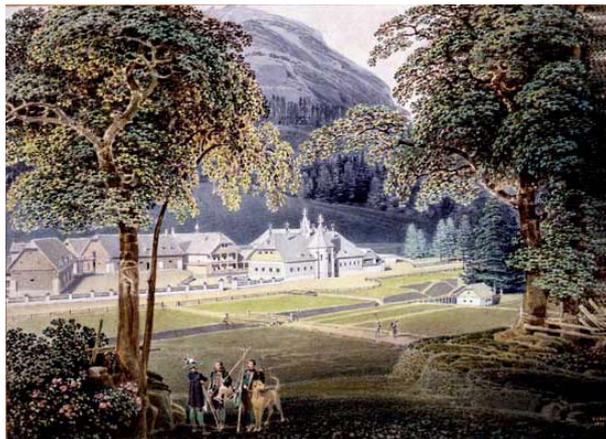


Abb. 4: Matthäus Loder, *Blick auf den Brandhof*, 1827.

In dieser Darstellung fehlt ebenfalls der Hinweis auf eine Bergulme (vgl. Abb. 1).  
Quelle: Neue Galerie Graz, Universalmuseum Joanneum bzw. Internet<sup>8</sup>.

Für die Interpretation der von Loder angefertigten Zeichnungen und Aquarelle ist wichtig festzuhalten, dass Loder stets die wichtigen, zentralen Elemente der jeweiligen Darstellung, wie z.B. Personen, Gebäude, Gärten, Zäune, etc., detailliert und mit äußerster Akribie wiedergegeben hat und für die Darstellung von Bäumen, Wald und Felsen oder Wasser ein breites Repertoire formelhafter Versatzstücke (in stets gleicher Manier) verwendet hat<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> [http://lithes.uni-graz.at/handbuch/loder\\_matthaeus\\_brandhof\\_bild.html](http://lithes.uni-graz.at/handbuch/loder_matthaeus_brandhof_bild.html)

<sup>9</sup> Maria Theresia von Wietersheim-Meran, *Matthäus Loder, Die Anwesen Erzherzog Johanns*, in Klaus Albert Schröder & Maria Luise Sternath (Hrsg.), *Von der Schönheit der Natur, Die Kammermaler Erzherzog Johanns*. Albertina, Wien, 27. Februar – 31. Mai 2015, S. 118-120, Hirmer Verlag.



Abb. 5: Thomas Ender, *Heimkehr von der Jagd zum Brandhof*, 1840.

Die Abbildungen 1, 3 und 5 sind dem Buch

Klaus Albert Schröder & Maria Luise Sternath (Hrsg.), *Von der Schönheit der Natur, Die Kammermaler Erzherzog Johanns*. Albertina, Wien, 27. Februar – 31. Mai 2015, Hirmer Verlag

entnommen.

### 3. Durchführung der geodätischen Messungen

Die Vermessung der Bergulme erfolgte am 29. August 2019 zwischen 10 und 13 Uhr. Die Durchführung oblag Viktor Kaufmann von der TU Graz unter Mithilfe von Hildegard Seka (Graz) und Aurelia Meinhart. Die Vermessungsarbeit wurde durch eine photographische (Nikon D90, Nikon Coolpix P340) bzw. terrestrisch-photogrammetrische Aufnahme (Nikon D300) ergänzt. Die Vermessung der Bergulme erfolgte von zwei unterschiedlichen Standpunkten (Abb. 6) aus. Aus den sich ergebenden Doppelmessungen konnten Kontrollen definiert werden. Die Einzelpunktmessungen erfolgten reflektorlos mit der Totalstation Leica TCRA 1201 (Abb. 7). Der motorisierte Theodolit misst gleichzeitig zu jedem Zielpunkt die Schrägstrecke, den Horizontal- und den Vertikalwinkel. Die Messungen erfolgten derart, dass Baumhöhe, Baumdurchmesser und Kronendurchmesser leicht abgeleitet werden konnten. Der Umfang des Baumstammes in Brusthöhe wurde mit einem Stahlmessband gemessen (Abb. 8). Für die optionale Erstellung eines phototexturierten 3D-Modells im bodennahen Stammbereichs wurde der ausgewählte Bereich in Rundum-Photographie mit einer hochauflösenden Digitalkamera Nikon D800 aufgenommen.

Die Außenarbeiten wurden zügig und ohne Probleme durchgeführt. Das Wetter war sonnig. Die Vermessungsarbeiten waren im Vorfeld schon durch Aurelia Meinhart mit der Familie Meran abgesprochen.



Abb. 6: Das Orthophoto (14.9.2017) zeigt die Lage der beiden Standpunkte 1 und 2 der geodätische Aufnahme. Die Lage der Bergulme ist durch ein weißes Kreuz markiert. Quelle: GIS Steiermark.



Abb. 7: Vermessung der Bergulme vom Standpunkt 2 aus mit Hilfe der Totalstation Leica TCRA 1201. Photo: 28.9.2019, Viktor Kaufmann/ Aurelia Meinhart



Abb. 7: Bestimmung des Stammumfangs der Bergulme mit einem Stahlmaßband durch Viktor Kaufmann (li.) und Aurelia Meinhart (re.).  
Photo: 29.8.2019, Viktor Kaufmann/ Hildegard Seka.

#### 4. Ergebnisse der geodätischen Messungen

##### 4.1. Baumhöhe

Aus der Doppelmessung ergibt sich eine **mittlere Baumhöhe** der Bergulme von **30.0 m**. Die Höhenangabe hat zufolge der Unschärfe der Objektdefinition und der geneigten Geländeoberfläche eine Unsicherheit von ca.  $\pm 0.3$  m. Eine unabhängige Kontrolle ergibt sich aus Vergleichsmessungen im Digitalen Atlas Steiermark (vgl. Abschnitt 5).

##### 4.2. Stammumfang in Brusthöhe

Der mit dem Stahlmaßband **gemessene Stammumfang** der Bergulme in Brusthöhe beträgt **6.70 m**.

##### 4.3. Stammdurchmesser in Brusthöhe

Der **repräsentative Stammdurchmesser** der Bergulme berechnet sich aus dem Mittel des aus dem Stammumfang berechneten Durchmessers und einer entsprechenden geodätischen Messung vom Standpunkt 2 mit **2.134 m**. Dies entspricht einem **Kreisradius** von **1.067 m**. Die Querschnittsfläche beträgt somit **3.58 m<sup>2</sup>**.

##### 4.4. Durchmesser der Einzelstämme

Die gegenständliche Bergulme setzt sich offensichtlich aus drei Einzelstämmen zusammen (vgl. Abb. 8). Durch Einschreiben von drei gleich großen Stämmen (Kreisen) in den repräsentativen, vorhin ermittelten kreisförmigen Stamm ergibt sich ein **mittlerer Einzelstammdurchmesser** von **0.990 m**. Dieser Wert wurde unabhängig durch Messungen der Einzelstämme in den photographischen Aufnahmen verifiziert (vgl. dazu die Altersbestimmung der Ulme in Abschnitt 6).



Abb. 8: Die Bergulme setzt sich aus drei Einzelstämmen zusammen.  
Photo: 29.8.2019, Viktor Kaufmann.

#### 4.5. Kronendurchmesser

Für die Bestimmung des Durchmessers wurden drei geodätische Messungen ausgeführt. Der ermittelte **Kronendurchmesser**, welcher einen **Maximalwert** darstellt, beträgt ca. **16.8 m**. Die Auswertung des Orthophotos im GIS-Steiermark ergibt einen kleineren Durchmesser von **15.1 m**, der sich jedoch besser als repräsentativer **Mittelwert** eignet (vgl. Abschnitt 5.2). Aus dem letztgenannten Wert errechnet sich eine **vom Kronendach überschränkte Fläche** von ca. **179 m<sup>2</sup>**.

#### 4.6. Körpergröße von Aurelia Meinhart

Im Zuge der Vermessung der Bergulme wurde auch Aurelia Meinhart aus der Ferne (Standpunkt 2) berührungslos mit der Totalstation vermessen. Die Auswertung ergab eine ungefähre **Körpergröße** von **1.511 m**. Um die exakte Körpergröße ermitteln zu können, wäre die Höhe des Grases im Standpunkt der aufgenommenen Person zu berücksichtigen (vgl. Abb. 8). Ein exakter Wert wäre sicherlich auch durch eine entsprechende Messvorrichtung, welche i.A. in Arztpraxen oder Apotheken zu finden ist, besser und genauer zu ermitteln.

### 5. Ergebnisse der Vergleichsauswertungen im Digitalen Atlas Steiermark (GIS-Steiermark)

Das Land Steiermark stellt für diverse Aufgaben der öffentlichen Verwaltung und auch für Dritte hochgenaue Geodaten zur Verfügung<sup>10</sup>.

#### 5.1. Baumhöhe

Am 18.8.2011 wurde im Studiengebiet eine ALS<sup>11</sup>-Befliegung durchgeführt, wobei ca. 2 Punkte/m<sup>2</sup> aufgenommen wurden. Die Auswertung lieferte ein DOM (digitale Oberflächenmodell) und ein digitales Geländemodell (DGM). Die Differenz der beiden Modelle definiert das normalisierte digitale Oberflächenmodell (nDOM). Die Baumhöhe konnte somit einfach durch Anklicken der Baummitte interaktiv bestimmt werden (Abb. 9). Die **ermittelte Baumhöhe** beträgt **30.3 m**. Die Höhengenaugigkeit der ALS-Daten beträgt  $\pm 0.15$  m. Die Lagegenauigkeit ist schlechter und beträgt  $\pm 0.40$  m. Die über diese Methode bestimmte Baumhöhe ist somit im Rahmen der Mess- und Definitionsgenauigkeit mit jener der geodätischen Messung vergleichbar. Die **ermittelte Geländehöhe** am Ulmenstandort beträgt **1082.5 m ü.A.**

<sup>10</sup> Digitaler Atlas der Steiermark, <http://www.landesentwicklung.steiermark.at/cms/ziel/141979637/DE/>

<sup>11</sup> Airborne Laser Scanning



Abb. 9: Interaktive Bestimmung der Baumhöhe im GIS-Steiermark.  
Das digitale Oberflächenmodell (DOM, 18.8.2011) zeigt sich als Reliefschummerung.

## 5.2. Kronendurchmesser

Der mittlere Kronendurchmesser kann aus dem Orthophoto durch Mehrfachmessung im GIS-Steiermark unschwer ermittelt werden (Abb. 9 und 10). Der **mittlere Kronendurchmesser** beträgt **15.1 m**.



Abb. 9: Ausschnitt aus dem CIR-Orthophoto (14.9.2017).  
Im Falschfarbeninfrarot-Bild erscheint vitale Vegetation in rötlichen Tönen.  
Quelle: GIS-Steiermark.



Abb. 10: Ausschnitt aus dem RGB-Orthophoto (14.9.2017).  
Die Kronenausdehnung der Bergulme ist schematisch  
durch einen Kreis bzw. eine Kreisfläche angedeutet.  
Quelle: GIS-Steiermark.

## 6. Abschätzung des Alters der Bergulme

### 6.1. Schätzung aus dem Durchmesser der Einzelstämme

Das Wuchsalter von Bäumen kann aus Durchmesser/Umfang des Stammes und bei Kenntnis der Baumart mit Hilfe einer Formel, welche durch Regressionsanalyse gewonnen wurde, relativ gut bestimmt werden<sup>12</sup>. Aus drei unabhängigen Einzelmessungen in den Digitalbildern (1 Messung vom Standpunkt 1, 2 Messungen vom Standpunkt 2) ergibt sich ein **geschätztes Baumalter** von **201 Jahren**.

### 6.2. Schätzung aus dem Stammumfang

Aus dem ermittelten mittleren Einzelstammdurchmesser von 0.990 m ergäbe sich ein Baumalter von 193 Jahren.

### 6.3. Schätzung basierend auf der Zeichnung von Matthäus Loder

Die Zeichnung von Matthäus Loder ist mit 1821/22 datiert (vgl. Abb. 1). Das heißt, dass die gegenständliche Bergulme zum jetzigen Zeitpunkt (2019) 198 Jahre zuzüglich des 1821 bestandenen Wuchsalters alt sein müsste. Bei einem geschätzten Stammdurchmesser im Jahre 1821 von 25 cm ergibt sich ein **Baumalter** von **247 Jahren**. Eine Änderung im Stammdurchmesser von 5 cm ist mit 10 Wuchsjahren umrechenbar.

Für die Abschätzung des Baumalters aus dem Stammdurchmesser ( $\varnothing > 20$  cm) ist mit einer Unsicherheit von  $\pm 10\%$  zu rechnen. Bei Bäumen unter 20 cm Stammdurchmesser ist der Baum eher jünger als der berechnete Wert.

<sup>12</sup> <https://www.baumportal.de/baum-alter-bestimmen>

## 7. Erstellung eines phototexturierten Baumstammmodells

Für die anschauliche Visualisierung der Oberflächenstruktur (Rinde) des bodennahen Stammbereichs der Bergulme in Form einer Computeranimation ist eine terrestrisch-photogrammetrische Auswertung der vorhandenen Rundum-Photos (vgl. Abb. 11) mit der kommerziellen Software Agisoft Metashape<sup>13</sup> geplant. Die eingesetzte Software produziert eine dichte Punktwolke unter Verwendung der Structure-from-Motion (SfM) Technologie. Aus der erstellten Punktwolke wird ein 3D-Maschennetz, bestehend aus einzelnen Dreiecksflächen, abgeleitet. Das so erhaltene digitale Oberflächenmodell (DOM) kann abschließend photo-texturiert werden. Ein virtueller Rundgang wird die Morphologie bzw. Ästhetik des Baumstamms interaktiv am Bildschirm bzw. in Form von Computeranimationen erschließen lassen. Die Ergebnisse der Baumstammmodellierung werden zu einem späteren Zeitpunkt nachgereicht.



Abb. 11: Einzelbild aus der Serie der Rundum-Photos, welche mit einer Digitalkamera Nikon D800 aufgenommen wurden. Photo: 29.8.2019, Viktor Kaufmann.

## 8. Projektdokumentation

Das Gesamtprojekt „Brandhof\_Ulme\_2019“ (3.63 GB) wird vollständig mit allen digitalen Daten wahlweise auf einem Datenserver der TU Graz bzw. auf DVD zur Verfügung gestellt. Bei Veröffentlichungen bzw. in Publikationen ist ein geeigneter Quellenvermerk (Institut für Geodäsie, TU Graz bzw. Viktor Kaufmann, TU Graz) anzubringen.

Alle Bilddaten der Digitalkameras Nikon D300 bzw. D90 sind im Rohformat (NEF) und in den Formaten TIF (verlustfrei, 8 bit) bzw. JPG (2 verschiedene Qualitätsstufen: 100% und 60%) abgespeichert.

Der Technische Bericht steht als Word-Dokument (DOCX) bzw. im PDF-Format zur Verfügung.

Alle Auswertergebnisse können über die vorhandenen digitalen Messdaten und die eingescannten Rechenprotokolle nachvollzogen werden.

Alle analogen und digitalen Unterlagen zum Projekt sind in einer Projektmappe (Kleinprojekte, Nr. 34) welche am Institut für Geodäsie der TU Graz verwahrt ist, abgelegt.

Graz, am 19. September 2019  
Berichtersteller: Viktor Kaufmann

---

<sup>13</sup> <https://www.agisoft.com/>