

2018

WSL MONO PLOTTING TOOL

BENUTZER HANDBUCH

EIDGENÖSSISCHE FORSCHUNGSANSTALT FÜR WALD, SCHNEE UND LANDSCHAFT WSL

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	1
1 Einleitung	5
2 Datentypen	6
2.1 Koordinatensysteme	6
2.2 Georeferenzierte GIS-Karten	6
2.2.1 Pixel Karten (geotiff/jpg/...)	7
2.2.2 Orthophotos (geotiff/jpg/...)	7
2.3 Digitales Höhenmodell	7
2.3.1 DEM	7
2.3.2 DOM	7
2.3 Georeferenzierte MPT Dokumente	7
2.3.1 Map file (*.m_map)	7
2.3.2 Photo file (*.m_photo)	7
2.4 MPT Daten Dokumenten	7
2.4.1 MPT-spezifische Daten Dokumente (*.m_data)	7
2.4.2 ESRI Shapefile (*.shp)	8
3 Ordnerstruktur	9
3.1 Allgemeine Beschreibung	9
3.2 Empfohlene Pfad- und Untergliederungsstruktur	9
3.2.1 <MPT data workspace>	9
3.2.2 <project>	9
4. MPT Grundbenutzung	11
4.1 Das Hauptfenster	11
4.1.1 Hauptmenu und Toolbar	11
4.1.2 Statusbar	11
4.1.3 Projektfenster	12
4.1.4 Workarea	12
4.2 Die Grundeinstellungen	12
4.3 Georeferenzierte dokumente	12
4.3.1 Allgemeine Informationen	12
4.3.2 Karten/Bilder Menu und Symbolleiste	13
4.3.3 Synchronisierung des Cursors	14
4.4 Daten-Dokumente	14
4.4.1 Daten-Fenster	15

4.4.2	Daten-Menu und Symbolleiste	16
4.5	Management von daten	16
4.5.1	Management von Projekten	17
4.5.2	Management von Dokumenten	17
4.6	GIS Editor	19
4.6.1	Definition von Punkten	19
4.6.2	Definition von Polylines und Polygons	20
4.6.3	Höhendefinition	21
4.7	Datenaustausch	21
4.7.1	Pixelkoordinaten	21
4.7.2	Daten-Exportieren	23
4.7.3	Daten importieren	25
4.8	Shapefile: von Pixelkoordinaten zu Weltkoordinaten umwandeln	29
4.8.1	Umwandlung von Pixel- zu Weltkoordinaten	29
4.8.2	Umwandlung von Welt- zu Pixelkoordinaten	29
5.	Vorbereitung und Georeferenzierung von Dokumenten	30
5.1	Definition einer Karte	30
5.1.1	Kartenfile(s) einfügen	30
5.1.2	DEM-File(s) einfügen	31
5.2	Definition eines Bildes	31
5.2.1	Bild-File(s) einfügen	31
5.2.2	DEM-File(s) einfügen	31
5.2.3	Kamera(s) einfügen	32
6.	Kamera Kalibrierung	33
6.1	Fenster zur Kameradefinition	33
6.1.1	Kopieren der Initialisierungswerte	34
6.1.2	Feste/offene Parameter	34
6.1.3	Aktivieren/Deaktivieren von Kontrollpunkten	34
6.2	Kontrollpunkte	34
6.3	Kameraparameter	34
6.4	Initialisierungswerte	35
6.4.1	Kameraposition	35
6.4.2	Bildzentrum	35
6.4.3	Fokallänge	35
6.4.4	Arbeitsbereich (image work rect)	35
6.5	Definition der Kontrollpunkte	37

6.5.1	Auf dem Bodenniveau	37
6.5.2	Auf regelmässigen Oberflächen	38
6.5.3	Das Problem der Dachtraufe	38
6.6	Import/Export von Kontrollpunkten.....	38
6.7	Kamerakalibrierung	39
6.8	Evaluation der Kalibrierungsgenauigkeit.....	40
6.8.1	Pixel-Fehler	41
6.8.2	Winkel-Fehler	41
6.8.3	Radius-Fehler	41
6.8.4	Welt 2D- und 3D-Fehler.....	41
7.	Glossary	42
8.	Bibliography.....	43

TABELLEN

Tabelle 1 – Empfohlene MPT Datenstruktur	9
--	---

ABBILDUNGEN

Abbildung 1 - Beispiel aus GIS-Daten aus dem gleichen Gebiet: Pixel map (links), Orthophoto (Mitte) und DEM mit hillshade (rechts) (source swisstopo.ch).	6
Abbildung 2 - MPT Datenstruktur.	10
Abbildung 3 - MPT Hauptfenster bei der Programmeröffnung.	11
Abbildung 4 - MPT Hauptfenster mit zwei Schrägbildern und einer Karte im Arbeitsfenster (geo window).	13
Abbildung 5 - Schrägbild- und Karten- (Orthophoto) Fenster. Die Karte kann man so rotieren, bis sie der Orientierung des Bildes entspricht, welches den Vergleich zwischen Bild und Karte stark vereinfacht (Quellen: Swiss Air Force und Swisstopo).	13
Abbildung 6 - MPT Hauptfenster mit zwei historischen Schrägbildern und eine Karten und zwei von Benutzer definierten Elementen (Datei-Dokumenten).	15
Abbildung 7 - Datenfenster im MPT-Datenformat mit allen vier möglichen Objekttypen und ein Polygon Shape-Datenfenster mit nur einem Polygon.	15
Abbildung 8 - MPT Dokument öffnen.....	18
Abbildung 9 - GIS Editor: Definition eines Punktes.	19
Abbildung 10 - GIS Editor: Definition von Polylines und Polygons.	20
Abbildung 11 - GIS editor: height definition.....	21
Abbildung 12 - GIS-Pixelkoordinaten (ArcGIS, Q-GIS).	22
Abbildung 13 - Window-Pixelkoordinaten (Photoshop).	22
Abbildung 14 - Standard-PixelKoordinaten.	22
Abbildung 15 - Dialogfenster zur Auswahl der zu exportierenden Objekte.....	23
Abbildung 16 - Export-Dialogfenster.	23
Abbildung 17 - Datenexport: CSV-Einstellungen.....	24
Abbildung 18 - Export to Shapefile.....	24
Abbildung 19 - CSV Datenimport in Pixelkoordinaten.	25
Abbildung 20 - SHP Datenimport in Pixelkoordinaten.	26
Abbildung 21 - CSV Datenimport in Weltkoordinaten.	27
Abbildung 22 - SHP Datenimport in Weltkoordinaten.	28
Abbildung 23 - Shapefile: Umwandlung von Pixel- zu Weltkoordinaten.	29
Abbildung 24 - Shapefile: Umwandlung von Welt- zu Pixelkoordinaten.	29
Abbildung 25 - Definition von Kartendokumenten.	30
Abbildung 26 - Definition von Bilddokumenten.	31
Abbildung 27 - Dialogfenster zu einer neuen Kamera.....	32
Abbildung 28 - Kamera definition.....	33
Abbildung 29 - Definition der Kontrollpunkte.	37
Abbildung 30 - Kontrollpunkte in Abhängigkeit der Bodenunregelmässigkeit.	38
Abbildung 31 - Dachtraufe-Effekt auf dem Kontrollpunkt.	38
Abbildung 32 - Dialogfenster zum Importieren der Kontrollpunkte aus externen Files.	39
Abbildung 33 - Ergebnisse der Kamerakalibrierung.	40
Abbildung 34 - Visualisierung der Kalibrierungsergebnisse in den Geofenstern.	40
Abbildung 35 - Fehler bei der Kamerakalibrierung.	41

1 EINLEITUNG

Das Monoplotting Tool ermöglicht Landschafts-Schrägbilder (sowohl terrestrisch wie auch aus der Luft) zu georeferenzieren und sie als auswertbare Quellen für quantitative Auswertungen oder Messungen aufzubereiten. Dabei wird bei den MPT-georeferenzierten Schrägbildern mittels eines mathematischen Modells die Beziehung zwischen DEM und dem Bild so berechnet, dass jeder Bildpixel den entsprechenden Weltkoordinaten zugeteilt wird. Diese georeferenzierten Schrägbilder werden zu dreidimensionalen Landschaftskarten.

Im ersten Teil (bis Kapitel 4) dieses Benutzerhandbuchs werden die Benutzeroberfläche, die notwendigen geographischen Daten und die dazu nötigen Datenstrukturen vorgestellt.

Im zweiten Teil (ab Kapitel 5) werden die verschiedenen Funktionen vom Monoplotting Tool (MPT) und deren Gebrauchsweise im Detail erklärt: Kapitel 5 stellt die Grundfunktionen und die Datenverwaltung ausgehend aus bereits georeferenzierten geographischen oder photographischen Dokumenten vor; im Kapitel 5 und 6 werden die nötigen Schritte zur Vorbereitung und Georeferenzierung von Dokumenten und zur Georeferenzierung (Kalibrierung) eines Bildes mit dem Kamera-Kalibrierungsprozess aufgeführt.

Am Schluss werden die wichtigsten Fachbegriffe in einem Glossar erklärt und die dazu gehörige Literatur aufgelistet.

Einige Begriffe und einige Darstellungen sind bis jetzt auf Englisch, derzeit die einzige verfügbare Sprache für die Verwendung der Software.

2 DATENTYPEN

Im Monoplotting Tool werden sowohl herkömmliche GIS-Daten wie auch MPT-spezifische Daten verwendet.

Zu den herkömmlichen GIS-Daten zählen sowohl Vektordaten als auch Rasterdaten. Bei Rasterdaten handelt es sich um Pixeldaten wie beispielsweise Pixelkarten, Orthophotos und Höhenmodelle wie DEM und DOM. Pixeldaten bestehen aus einzelnen Bildpixeln deren Größe über eine identische Kantenlänge definiert ist und die Information pro Pixel gespeichert ist. Vektordaten werden durch mathematische Strukturen dargestellt und eignen sich hauptsächlich für die Darstellung räumlich diskreter Objekte wie bspw. administrative Grenzen, Biotoptypen und Flurgrenzen.

MPT-spezifische Unterlagen können in georeferenzierten Dokumenten (*m_map* e *m_photo*) und Daten-Dokumenten (*m_data* e *shp*) unterschieden werden. Dabei spielen die Terrestrischen oder Luft-Schrägbilder eine zentrale Rolle: Sie sind die Spezialität und auch der Mehrwert des MPTs gegenüber existierenden GIS-Paketen.

Im MPT werden die kalibrierten Schrägbilder wie auch die herkömmlichen GIS-Rasterdaten synchronisiert und mit dem DEM so verbunden, dass auf beiden Dokumenten die dreidimensionalen Koordinaten, in Übereinstimmung mit der augenblicklichen Mouse-Position, gleichzeitig sichtbar werden.

2.1 KOORDINATENSYSTEME

Das Koordinatensystem muss für jede in einem MPT-Projekt verwendete georeferenzierte Karte oder DEM identisch sein, und muss ein projiziertes orthogonales Koordinatensystem sein.

2.2 GEOREFERENZIERTE GIS-KARTEN

Unter georeferenzierten Karten wird eine (Bild-)Datei verstanden, welche mit einem räumlichen Referenzmodell verknüpft ist. Dieses Referenzmodell beinhaltet Informationen zum Bezugskoordinatensystem wie X- und Y-Koordinaten. Im Monoplotting Tool dienen solche *georeferenced GIS Maps* dazu, die Schrägbilder zu georeferenzieren.

Es wird dabei empfohlen, soweit möglich, Map-Pyramiden zu generieren. Das MPT kann solche Pyramiden verwalten, aber nicht selber generieren.

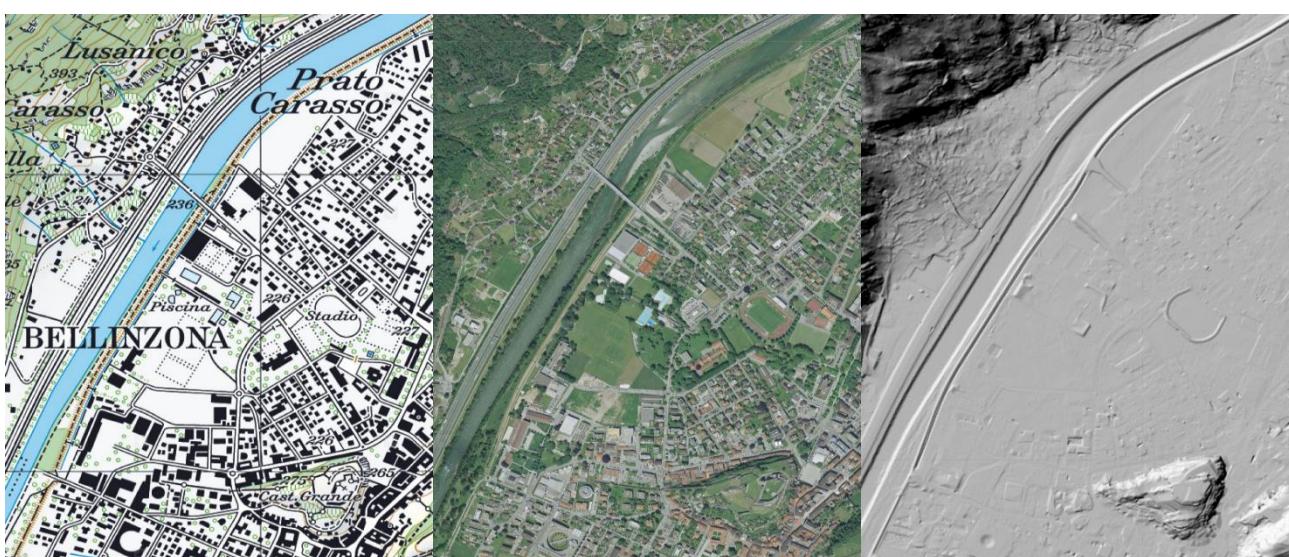


Abbildung 1 - Beispiel aus GIS-Daten aus dem gleichen Gebiet: Pixel map (links), Orthophoto (Mitte) und DEM mit hillshade (rechts) (source swisstopo.ch).

2.2.1 Pixel Karten (geotiff/jpg/...)

Bei Pixelkarten (*Pixel maps*) handelt es sich um digitale georeferenzierte Landeskarten in Pixelformat. Jeder Pixel enthält sowohl eine Bildinformation (bspw. Oberflächenbedeckung) als auch eine räumliche Zuordnung (X-/Y-Koordinate).

2.2.2 Orthophotos (geotiff/jpg/...)

Unter einem *Orthophoto* wird eine digitale georeferenzierte Luftbildaufnahme verstanden. Das Orthophoto ist in der Regel genauer und leichter benutzbar als Pixelkarten und ist darum zu bevorzugen.

2.3 DIGITALES HÖHENMODEL

Bei digitalen Höhenmodellen (*digital elevation models*) handelt es sich um georeferenzierte Dateien, welche zusätzlich eine Z-Koordinate für die dritte Dimension - die Höhe - aufweisen. Sie besitzen somit sowohl Längengrad, Breitengrad wie auch Höheninformation. Grundsätzlich wird zwischen einem digitalen Geländemodell (DEM) und einem digitalen Oberflächenmodell (DOM) unterschieden.

2.3.1 DEM

Das DEM (Digitales Höhenmodell) beschreibt die Geländeoberfläche / Wasseroberfläche ohne darauf befindliche Vegetation oder anthropogene Bebauungen zu berücksichtigen. Das DEM wird in der Regel für Darstellungen wie bspw. die Steilheit des Geländes benutzt. Im MPT wird über das DEM jedem Pixel/Punkt die Höhe zugewiesen.

2.3.2 DOM

Das DOM (Digitale Oberflächenmodell) beschreibt ebenfalls die Geländeoberfläche / Wasseroberfläche. Im Gegenteil zum DEM werden aber im DOM die anthropogenen Bauten und Vegetationsoberflächen erfasst. Die Verwendung des DOM ist insbesondere für die Darstellung von Arealen notwendig, in welchen anthropogenen Bebauungen dominieren.

2.3 GEOREFERENZIERTE MPT DOKUMENTE

Georeferenzierte MPT Dokumente (*m_map* e *m_photo*, siehe Kap.4.3) sind Raster-Daten, die es erlauben, die dreidimensionalen Koordinaten der Mouse-Position wiederzugeben.

2.3.1 Map file (*.m_map)

Das Format *m_map* setzt sich aus bereits georeferenzierten Dateien (Pixelkarten und/oder Orthophotos) mit Ebenen-Koordinaten (\map) und dem *DEM* mit der Höhe (\dtm) zusammen.

2.3.2 Photo file (*.m_photo)

Das Format *m_photo* enthält den Link zum georeferenzierenden Bildmaterial (\img), zu den Kalibrierungsdaten (*.cmr Datei), sowie zum *DEM* (\dtm).

2.4 MPT DATEN DOKUMENTEN

Die MPT Daten Dokumente (*m_data* e *shp*) sind dreidimensionale, vektorielle GIS-Elemente die vom Benutzer direkt definiert oder verarbeitet werden.

2.4.1 MPT-spezifische Daten Dokumente (*.m_data)

In diesem Monoplotting Format *m_data* können alle geographischen Elemente (*geofeature*) wie *Polygone*, *Polylinien*, *Punkte* und *Höhdifferenzen* erstellt, importiert/exportiert, gemessen und gespeichert werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen *shp*-Datenformaten können solche Elemente im MPT im selben *File* erstellt, bearbeitet und gespeichert werden.

2.4.2 ESRI Shapefile (*.shp)

Herkömmliche ESRI *Shapefiles* (*X-, Y-, Z-Koordinate*) können *Polygonen*, *Polylinien* und *Punkte* darstellen. Im Gegensatz zu *m_data*-Formaten, muss mit ESRI Shapefiles ein File für jeden geographischen Elementtyp definiert werden. Shapefiles können nur dann im MPT benutzt werden, wenn diese auch die Z-Koordinate haben.

3 ORDNERSTRUKTUR

In diesem Kapitel wird die Ordnerstruktur, in welcher die Software organisiert ist, beschrieben. Es soll lediglich ein Grundverständnis über die Aufteilung und Organisation der Daten vermittelt werden.

3.1 ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Die durch die Software vorgegebene Ordnerstruktur besteht aus einem übergeordneten *MPT data workspace*, welcher den Hauptordner für alle Monoplotting Projekte und Dokumente (siehe Kapitel 44.2) darstellt. Das *MPT data workspace* enthält den *project*-Ordner, welcher thematisch in die Ordner *data*, *dtm*, *img* und *map* untergliedert ist. In Tabelle 1 ist diese Struktur mit einer kurzen Beschreibung dargestellt, während die Abbildung 2 die Zusammensetzung der Monoplotting Dateiformate verdeutlicht, auf die in Kapitel 5 näher eingegangen wird.

3.2 EMPFOHLENE PFAD- UND UNTERGLIEDERUNGSSTRUKTUR

Im MPT kann die Datenstruktur grundsätzlich von jedem Benutzer nach Wunsch definiert werden. Wir empfehlen jedoch die hier aufgeführte Datenstruktur zu benutzen, damit die Daten je nach Herkunft und Eigenschaften organisiert werden.

<i>Workspace</i>	<i>Description</i>	<i>Data type</i>
MPT/ MPT data workspace	.\	MPT georeferenzierte Kartendokumente m_map
	.\	MPT georeferenzierte Bilddokumente m_photo
	.\data	MPT 3D vektorielle Datendokumente (points, polygons, polylines und Höhen), die ins MPT importiert oder im MPT erstellt werden können. m_data shp
	.\dtm	Enthält die Höhenmodelle wie z.B. DEM (ev. DOM). tif
	.\map	Enthält standard georeferenzierte GIS-Rasterdaten wie bspw. Kartenmaterial oder Orthophotos mit ebenen Koordinaten.
	.\img	In diesem Ordner befindet sich das zu georeferenzierende Bilddatenmaterial (Schrägbilder) sowie die Kalibrierungsdaten (*.cmr). tif, png, jpg, ... cmr

Tabelle 1 - Empfohlene MPT Datenstruktur.

3.2.1 <MPT data workspace>

Die Daten werden relativ zum Projektordner gespeichert, wenn sie sich unter diesem Ordner befinden; ansonsten werden sie relativ zum *MPT data workspace* gespeichert, so dass die MPT Projekte problemlos zwischen verschiedenen Benutzer und Computer ausgetauscht werden können.

In Abbildung 2 werden die empfohlenen Strukturen und deren Inhalte dargestellt.

3.2.2 <project>

Der *project*-Ordner beinhaltet Projektdaten wie die MPT georeferenzierten Grunddokumente (*m_map* and *m_photo*). In diesem Ordner werden die Unterordner mit den MPT Datendokumenten und die GIS Grunddaten definiert:

3.2.2.1 *data*

Ordner mit den Benutzer-Datendokumenten (*m_data* and *shp*) des Projektes.

3.2.2.2 *dtm*

Ordner mit den im Projekt benutzen Digitalen Höhenmodellen (normalerweise einem DEM in TIF Format).

3.2.2.3 *map*

Ordner mit den im Projekt benutzen Raster-Karten (normalerweise kleine Files mit Pixelkarten). Grössere Files wie Orthophotos können im Zentralordner gespeichert werden, damit man auf sie aus mehreren Projekten zugreifen kann, ohne dass diese jedes Mal in den jeweiligen Projektordner kopiert werden müssen.

3.2.2.4 *img*

Ordner mit den in *m_photo* benutzten Bildern; Wird mit mehreren Bildern gleichzeitig gearbeitet, empfehlen wir jedes Bild in einem separaten Ordner zu speichern.

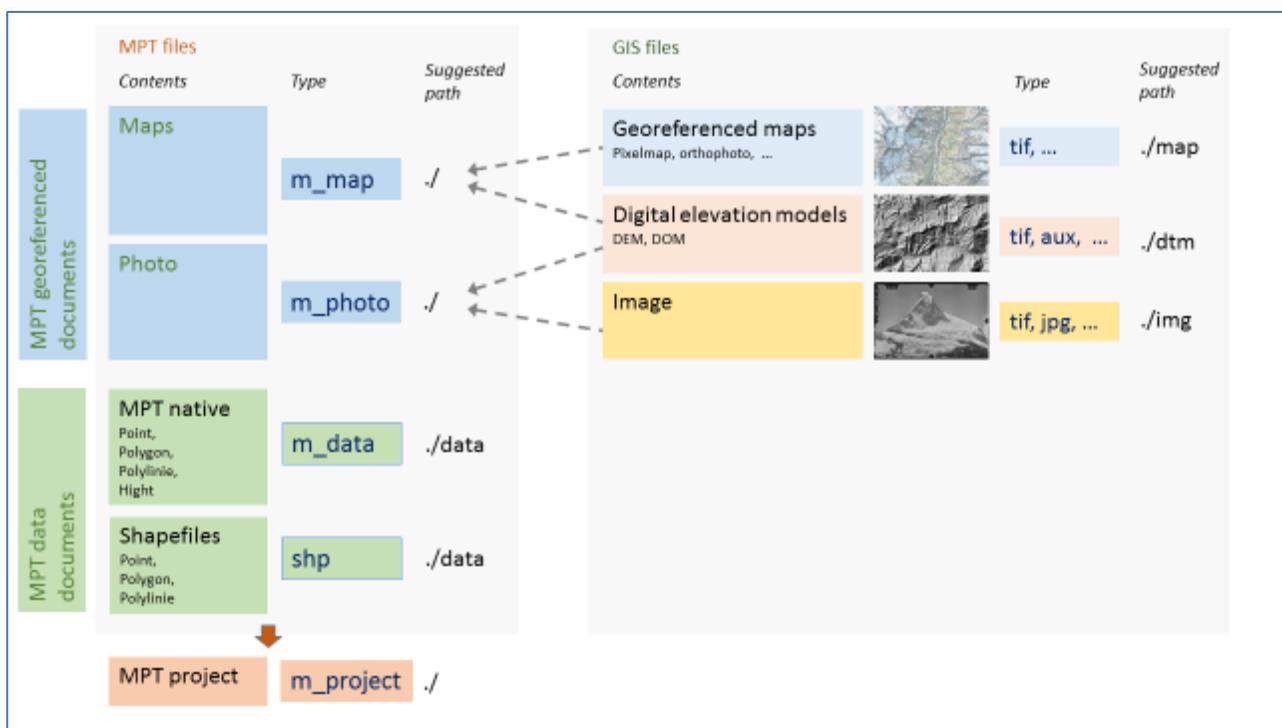


Abbildung 2 - MPT Datenstruktur.

4. MPT GRUNDBENUTZUNG

Die in einem MPT Projekt benutzten Dokumente werden in Projektfiles (*.m_project) gespeichert; bei jeder Projekt-Wiedereröffnung werden die Dokumente, wie bei letzter Speicherung belassen, dem Benutzer zur Verfügung gestellt.

In einem Projekt kann man grundsätzlich eine beliebige Anzahl an Dokumenten benutzen (die Grenze ist durch die benutzte Hardware gesetzt). Alle Dokumente können auch in anderen MPT Projekten benutzt werden.

In diesem Kapitel erklären wir die Grundbenutzung vom MPT. Dabei erklären wir die Verwaltung und Benutzung von im MPT schon kalibrierten (georeferenzierten) geographischen Dokumenten (*m_maps* and *m_photos*). Die Erstellung und Kalibrierung dieser Dokumente wird im Kapitel 5 und 6 erklärt.

4.1 DAS HAUPTFENSTER

Wenn man das Programm startet, öffnet sich das Hauptfenster.

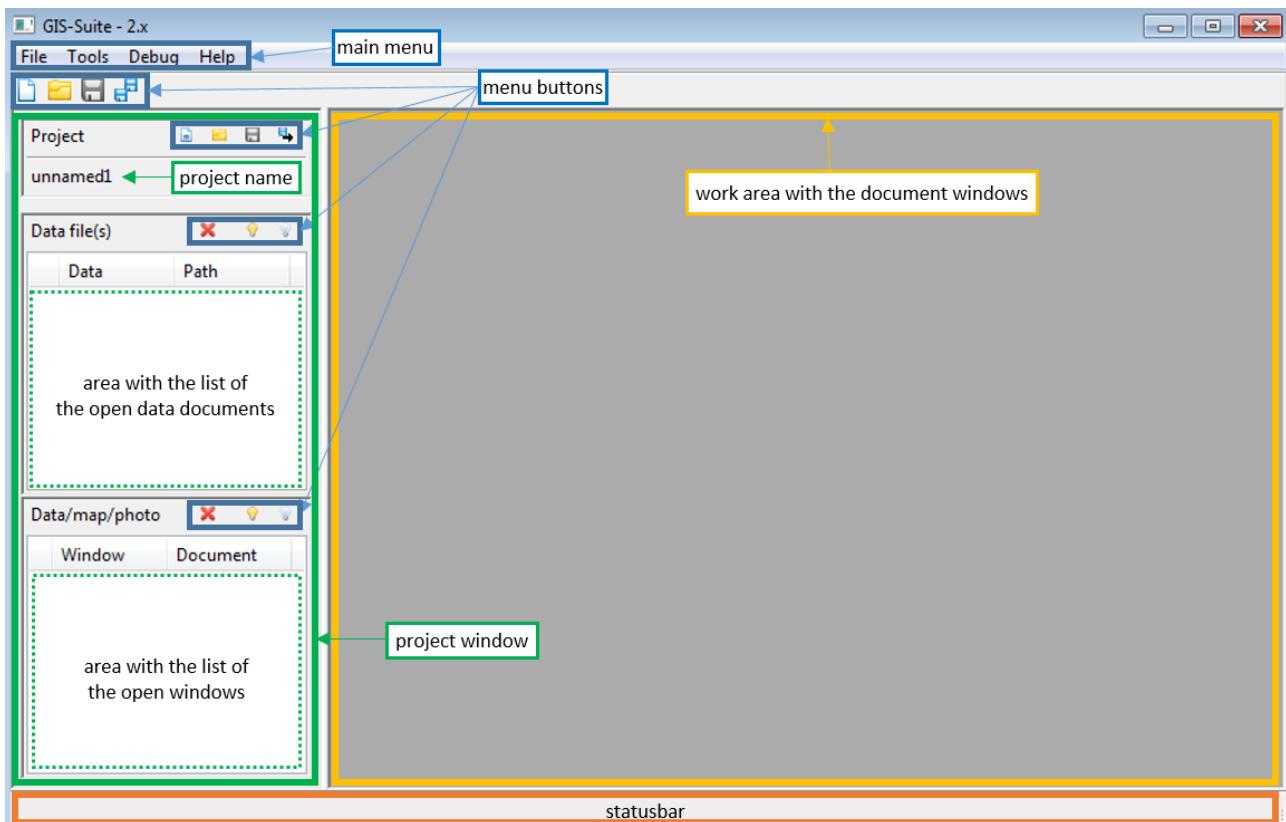


Abbildung 3 - MPT Hauptfenster bei der Programmeröffnung.

4.1.1 Hauptmenü und Toolbar

Das Hauptmenü und die Toolbar mit den verschiedenen Untermenü-Knöpfen (*menu buttons*) geben Zugang zu den verfügbaren Befehlen; Die wichtigsten Befehle haben einen eigenen Knopf, damit man nicht in den verschiedenen Menus den Befehl suchen muss.

4.1.2 Statusbar

In der Status-Leiste (*statusbar*) werden Informationen über den gegenwärtigen Benutzungsstand vom Programm (z.B. Informationen zum benutzten Menu) oder die Koordinaten der gegenwärtigen Mouse-Position angezeigt.

4.1.3 Projektfenster

Im Projektfenster (*project window*) werden der Projektname, die Liste der geöffneten Daten-Dokumente (*data documents*) und die Liste der geöffneten Fenster (*open windows*) angezeigt. Dazu sind auch die Befehle für die Verwaltung des Projektes (new/open/save, siehe 4.5.1).

4.1.4 Workarea

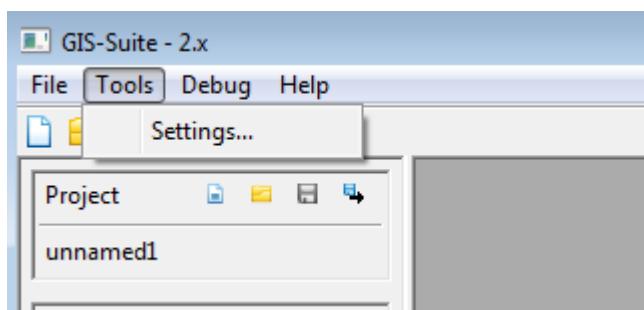
In der Workarea befinden sich die Fenster mit den geöffneten Dokumenten.

4.2 DIE GRUNDEINSTELLUNGEN

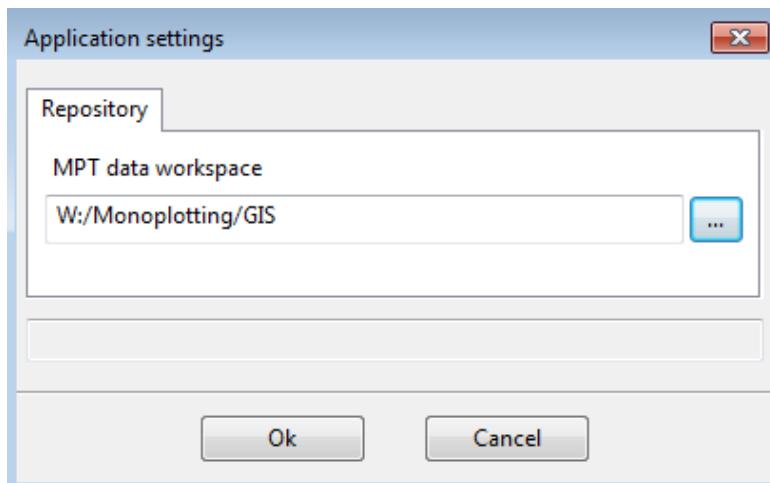
Beim ersten Programmstart ist es wichtig, gewisse Grundkonfigurationen festzulegen.

Vorläufig ist nur die Festlegung des GIS Hauptordners wichtig (siehe Kapitel 3.2.1), die wie folgt geschieht.

Man wählt das Menu *Tools->Settings....*:



Man selektiert den gewünschten Ordner und drückt auf *Ok*:



4.3 GEOREFERENZIERTE DOKUMENTE

4.3.1 Allgemeine Informationen

Georeferenzierte Dokumente sind Rasterdaten-Dateien die geographischen Informationen von einem bestimmten Gebiet beinhalten und liefern. Man unterscheidet zwischen Karten (Standard GIS Karten, *m_map*, siehe Kap. 2.3.1) und Bilddokumenten (Schrägbilder, *m_photo*, siehe Kap. 2.3.2).

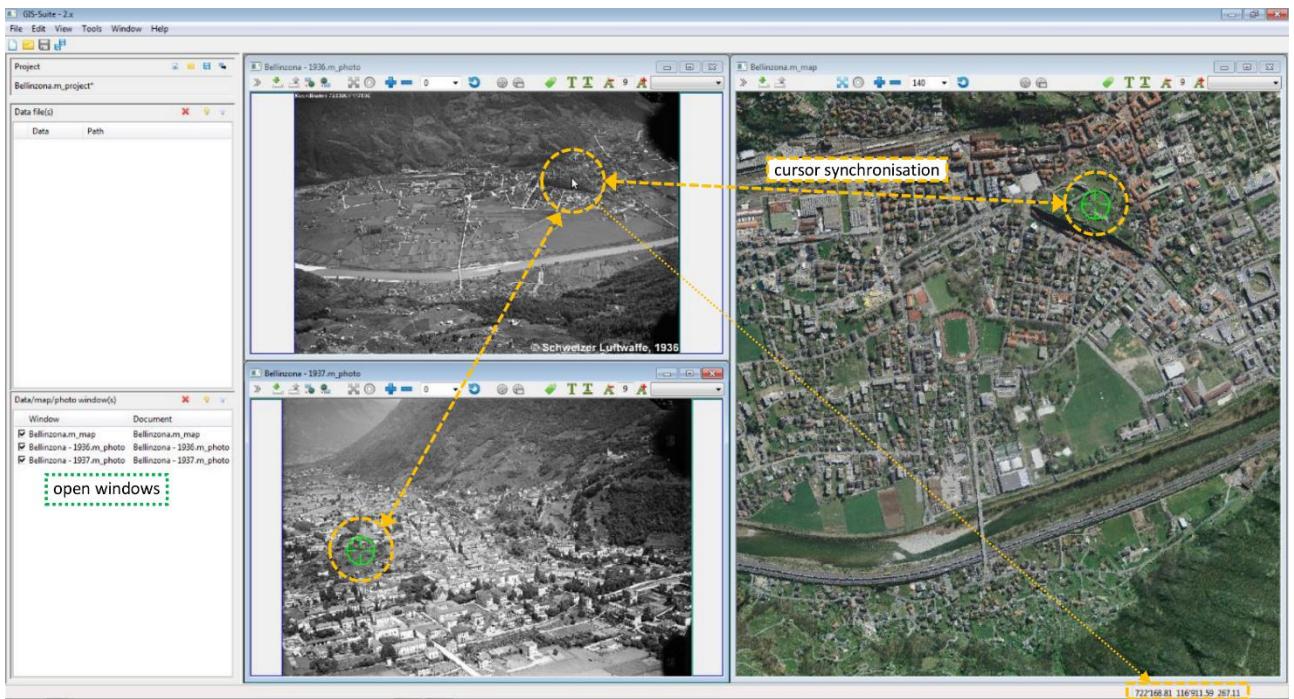


Abbildung 4 – MPT Hauptfenster mit zwei Schrägbildern und einer Karte im Arbeitsfenster (geo window).

Karten- und Bilderfenster können im MPT gleichwertig als dreidimensionale geographische Karten benutzt werden. Die Koordinaten der Mouse Position sind in der Status-Leiste wiedergegeben und die entsprechenden Positionen sind mit einem grünen Symbol in den anderen offenen Geo-Fenstern angegeben. Der einzige Unterschied zwischen den zwei Dokumenttypen ist die Möglichkeit, bei Bildfenstern die Daten auch in Pixel-Koordinaten zu importieren/exportieren und die Daten auch in Weltkoordinaten zu konvertieren.

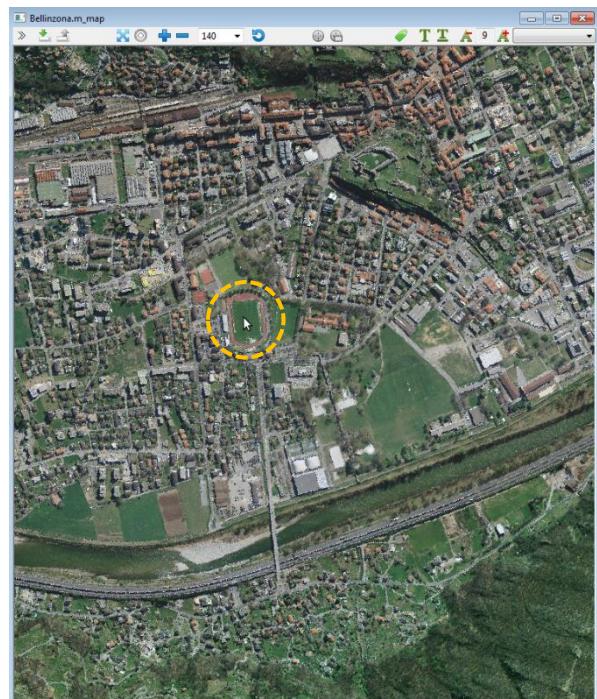
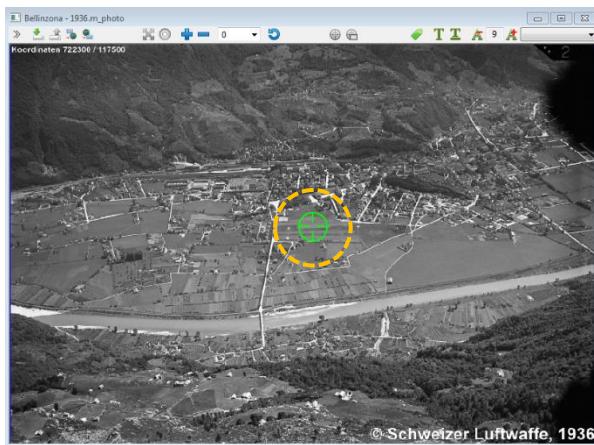
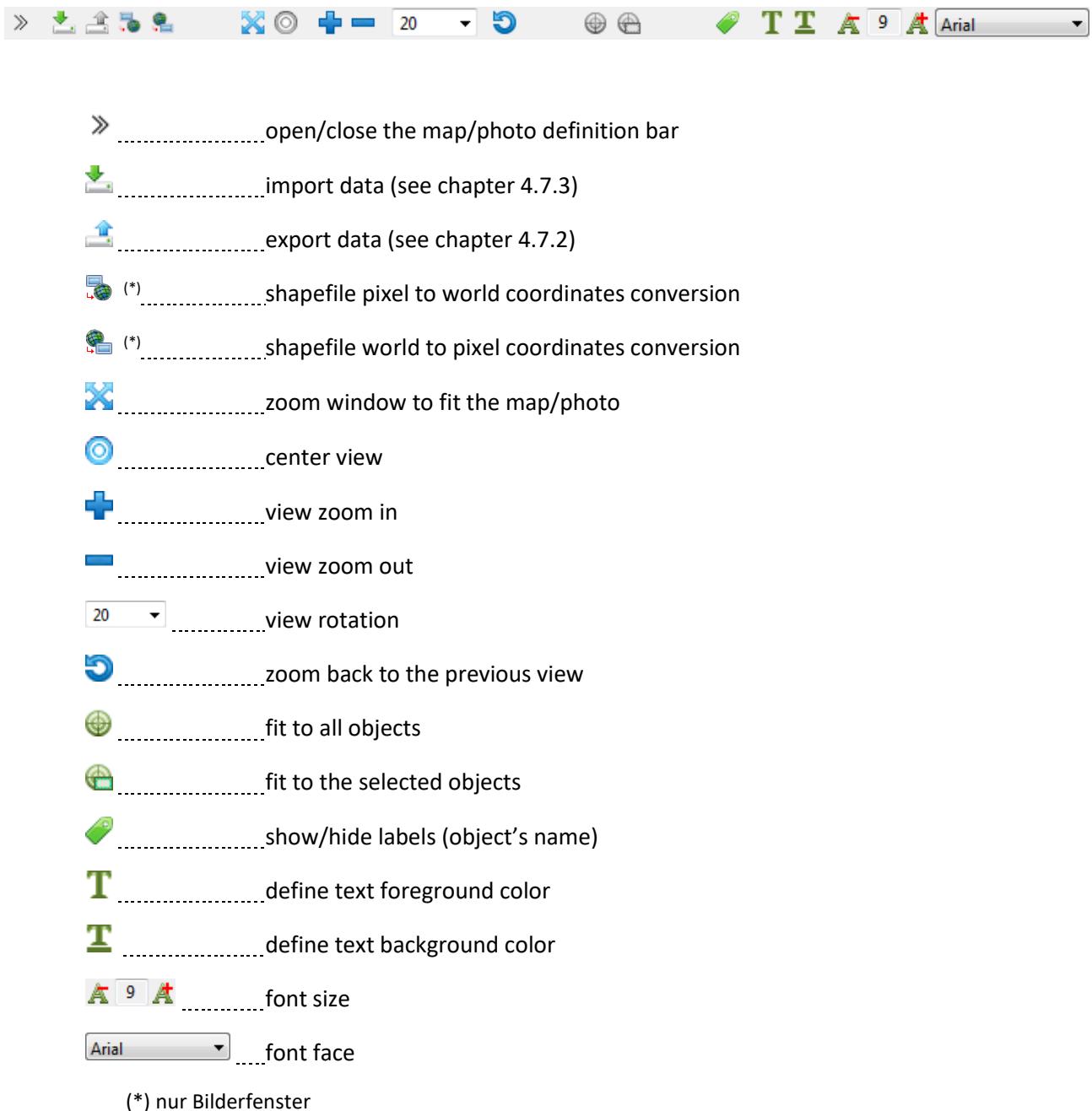


Abbildung 5 – Schrägbild- und Karten- (Orthophoto) Fenster.
Die Karte kann man so rotieren, bis sie der Orientierung des Bildes entspricht, welches den Vergleich zwischen Bild und Karte stark vereinfacht (Quellen: Swiss Air Force und Swisstopo).

4.3.2 Karten/Bilder Menu und Symbolleiste

In diesem Menu und in den entsprechenden Symbolleisten stehende folgende Befehle zur Verfügung, um mit Karten- und Bilddokumenten zu arbeiten:



4.3.3 Synchronisierung des Cursors

Wenn die Mouse in einem georeferenzierten Geo-Fenster (Karten oder Bild) bewegt wird, wird die entsprechende Position (wenn verfügbar, bzw. im Fensterausschnitt sichtbar) in den anderen georeferenzierten Geo-Fenstern mit einem speziellen grünen Cursor-Symbol (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5) angegeben. Diese Cursor-Synchronisierung soll den Benutzer unterstützen, sich in den verschiedenen Landschaftsbildern (auch aus verschiedenen Epochen) zu orientieren.

4.4 DATEN-DOKUMENTE

Daten-Dokumente beinhalten vom Benutzer definierte Daten. Diese Daten können sowohl im MPT-Datenformat (*m_data*, siehe Kap. 2.4.1) oder als ESRI shapefiles (*shp*, siehe Kap. 2.4.2) gespeichert werden. Im MPT-Datenformat können diese Files gleichzeitig alle verfügbaren Objekttypen beinhalten (points, polylines, polygons, heights) während Shapefiles nur ein Objekttyp haben können (points, oder polylines, oder polygons).

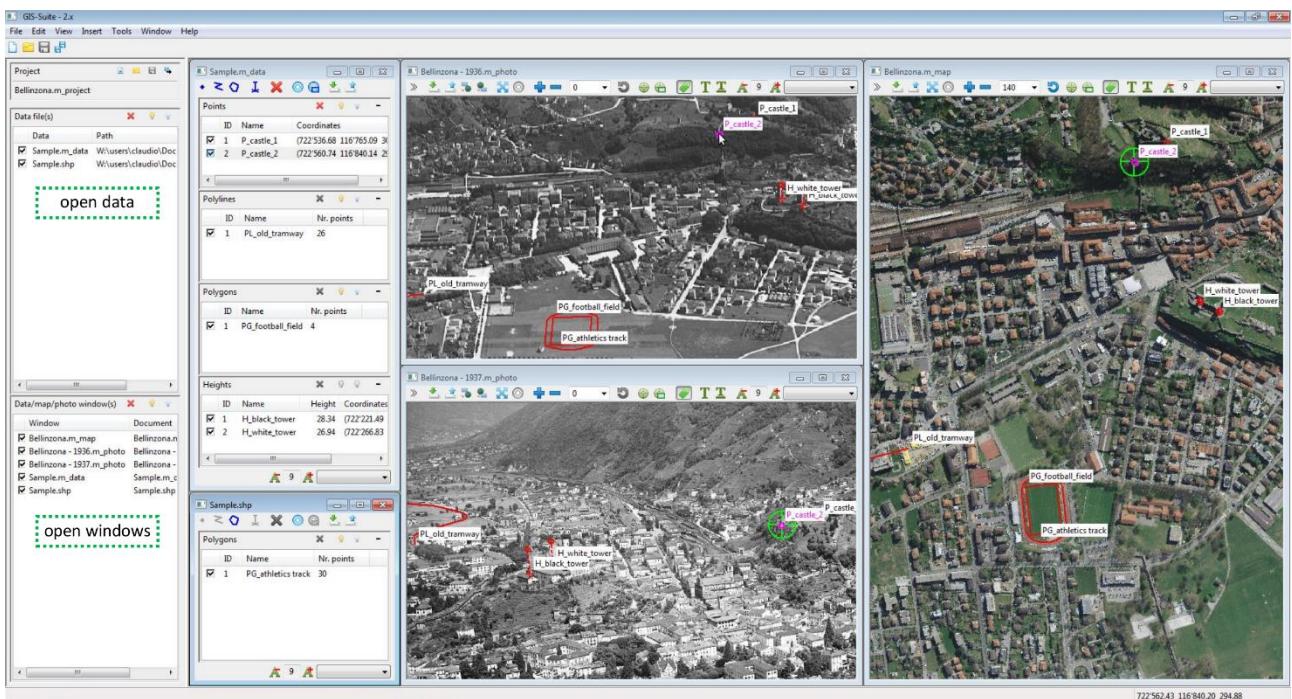


Abbildung 6 - MPT Hauptfenster mit zwei historischen Schrägbildern und eine Karten und zwei von Benutzer definierten Elementen (Datei-Dokumenten).

4.4.1 Daten-Fenster

Das Daten-Fenster ist dazu konzipiert, Datenobjekte zu verwalten (Selektion, Einfügen, Löschen, Ändern). Das Fenster zu den Daten im MPT-Datenformat hat vier Sektoren für points, polyines, polygons und heights. Shape Datenfenster haben nur eine, die dem entsprechenden Objekttyp entspricht.

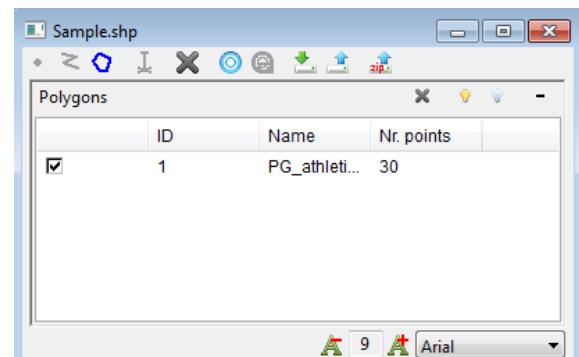
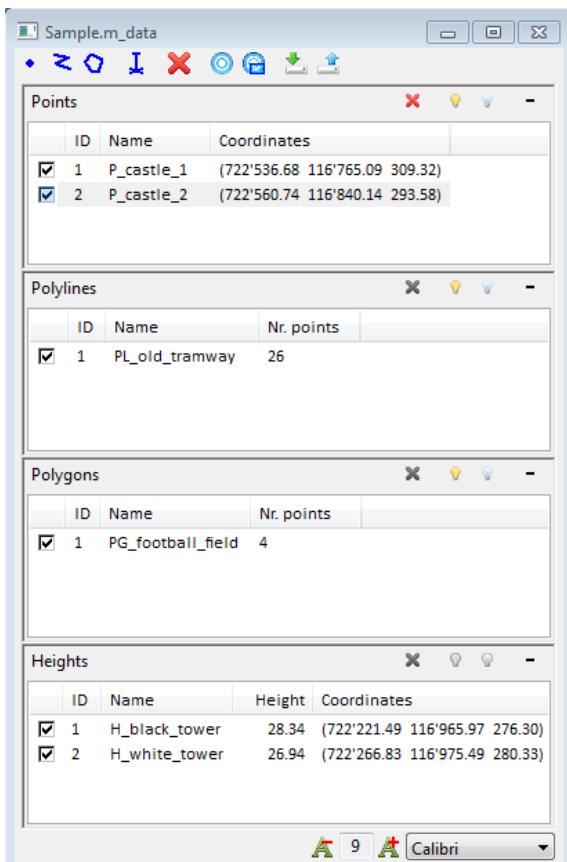
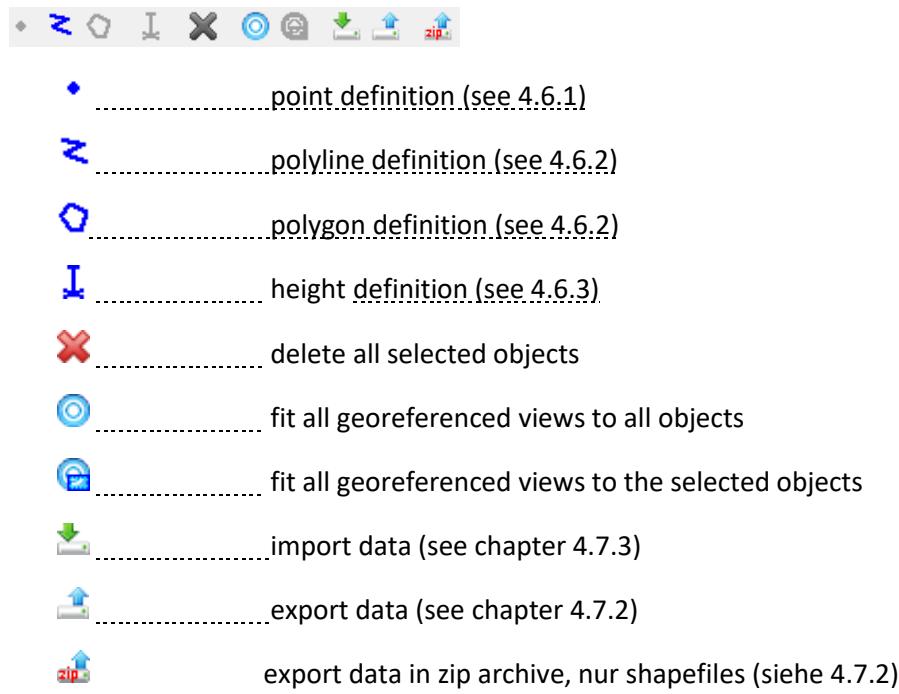


Abbildung 7 - Datenfenster im MPT-Datenformat mit allen vier möglichen Objekttypen und ein Polygon Shape-Datenfenster mit nur einem Polygon.

4.4.2 Daten-Menu und Symbolleiste

Folgende Befehle stehen zur Verfügung, um mit Datendokumenten zu arbeiten:



Die kleinen Symbolleisten in den verschiedenen Sektionen erlauben dort liegende Objekte und Befehle zu wählen:



- X delete the selected objects in the section
- Lightbulb show the selected objects in the section
- Lightbulb hide the selected objects in the section
- / + hide/show the section

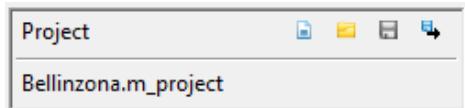
4.5 MANAGEMENT VON DATEN

Die MPT-Sessions stützen auf Projekte. Wenn man eine Session startet, öffnet das Programm per Default ein neues Projekt. Man kann im neuen Projekt arbeiten oder bestehende Projekte öffnen und dort weiterarbeiten. Wenn man das Programm schliesst, wird der Benutzer aufgefordert, die Daten zu speichern, sofern er das noch nicht gemacht hat. Projekt und Dokumente können jederzeit gespeichert werden.

Projekte erlauben dem Benutzer, die Daten und Dokumente einer neuen Arbeitssession genauso abzurufen, wie sie bei der letzten Session gespeichert wurden. Dokumente können einzeln oder mit dem Befehl *save all* gespeichert werden.

4.5.1 Management von Projekten

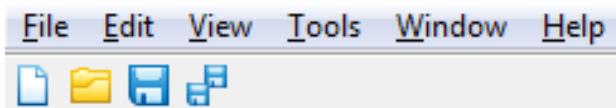
Projekte werden mit der kleinen Symbolleiste der Projektfenster verwaltet:



- create a new empty project
- open an existing project
- save the current project
- save the current project with a new name

4.5.2 Management von Dokumenten

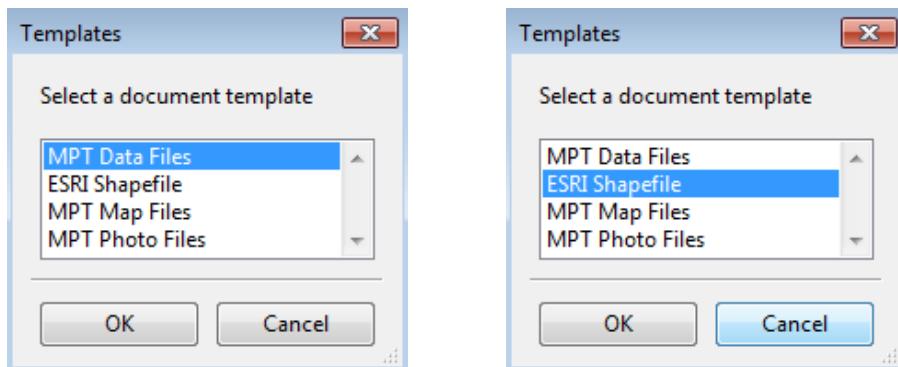
Dokumente werden mit den Befehlen in der Hauptsymbolleiste oder mit den entsprechenden Menüs verwaltet. Die dabei möglichen Aktionen sind:



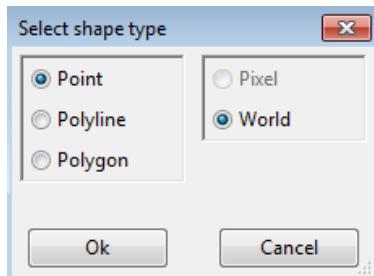
- create a new empty document
- open an existing document
- save the active document
- save all: project and documents

4.5.2.1 Neues Dokument

Um ein neues, leeres Dokument zu erstellen, muss der Benutzer zwischen dem verfügbaren Muster wählen:



Wenn man ESRI Shapefile wählt, muss auch der Shapefile-Typ angeben werden:



4.5.2.2 Dokumente öffnen

Um Dokumente zu öffnen, muss man zuerst den Dokumententyp bestimmen und danach das entsprechende File öffnen:

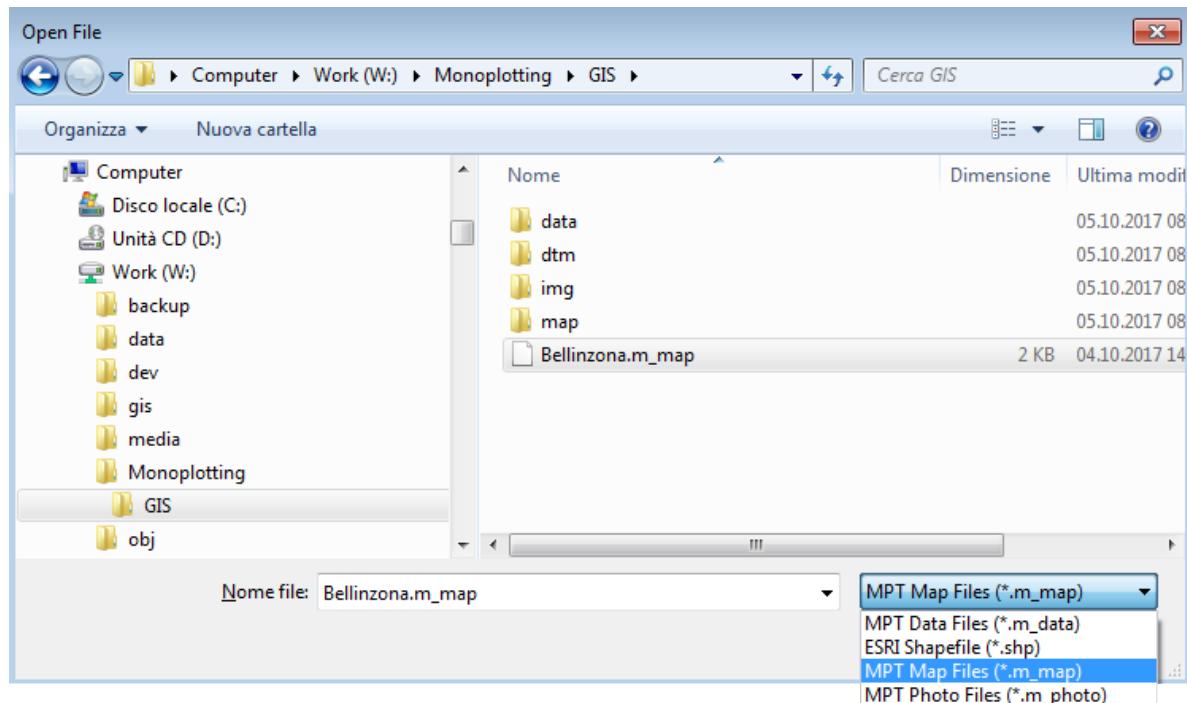


Abbildung 8 - MPT Dokument öffnen.

Das Dokument wird in der gleichen Position und mit den gleichen Einstellungen geöffnet wie es gespeichert wurde.

4.5.2.3 Speichern (als) Dokument

Das Speichern (Save) Menu oder Knopf dienen zur Speicherung des Dokumentes. Die Option “speichern als” (Save as ...), die nur im Menu zur Verfügung steht, dient dazu, das Dokument unter einem anderen Namen zu speichern.

4.5.2.4 Alles speichern

Mit dem Befehl „alles speichern“ (Save all) werden sowohl das Projekt wie auch alle geöffneten Dokumente gespeichert; Falls es dabei neue, unbenannte Dokumente gibt, wird der Benutzer zu einer Namensgebung aufgefordert.

4.6 GIS EDITOR

Das MPT stellt einen sehr einfachen GIS Editor zur Verfügung. Damit kann man GIS-Objekte (points, polylines und polygons) definieren oder ändern.

Auf Schrägbildern kann man zusätzlich die Höhe von ausgewählten Objekten (Häuser, Bäume) bestimmen.

Jedes Objekt hat im MPT eine ID und einen Namen, welche bei der Objektdefinition automatisch vergeben werden. Der Benutzer kann diese jederzeit verändern.

4.6.1 Definition von Punkten

Der Menu-Knopf *point* in der Symbolleiste im Datenfenster öffnet den Punkt Editor; Der Punkt kann mit einem Mouse-Klick im entsprechenden Geo-Fenster oder durch das Eintippen der Koordinaten auf der Tastatur gewählt werden.

Im Schnell-Modus (*Quick mode*) wird ein Punkt bei jedem Klick definiert. Ansonsten muss jedes Mal die Punktdefinition mit dem *Apply*-Befehl bestätigt werden.

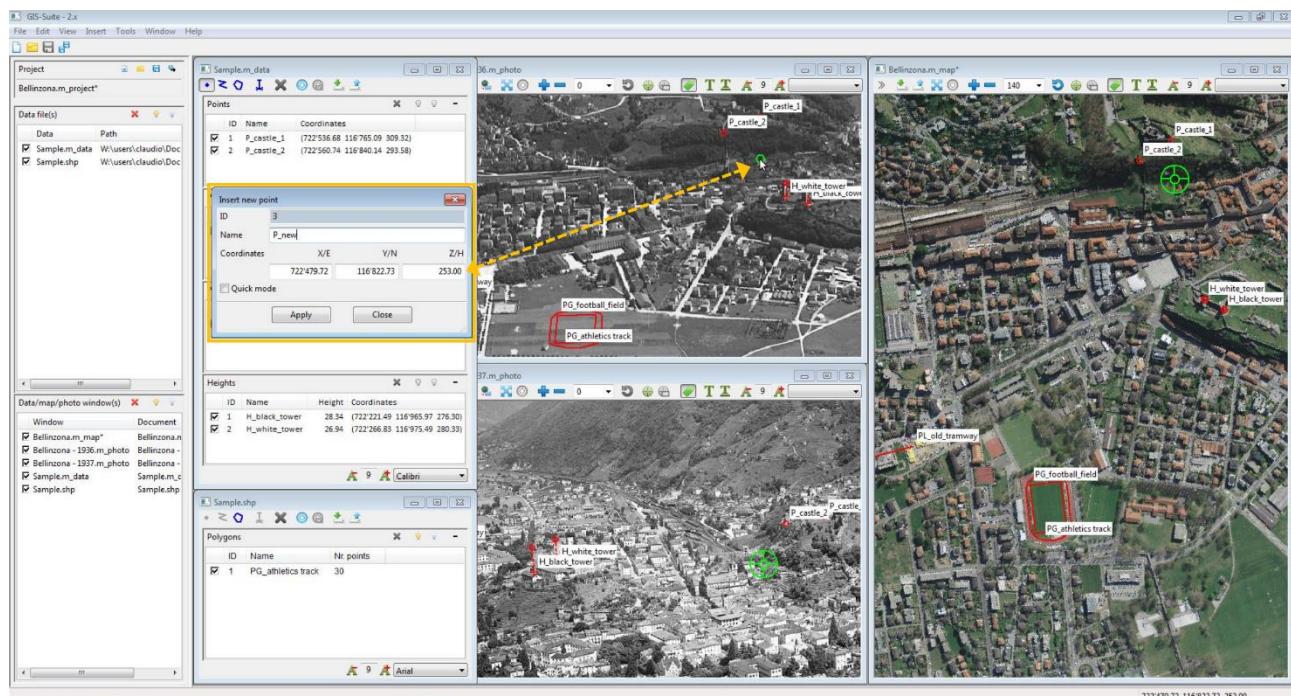
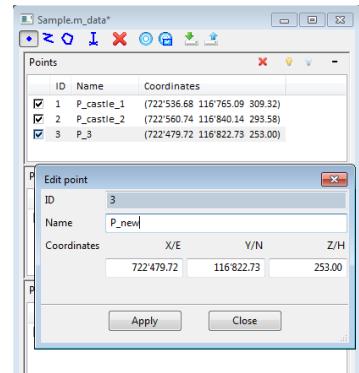


Abbildung 9 - GIS Editor: Definition eines Punktes.

Um bestehende Punkte zu ändern, muss man einen Doppelklick in der entsprechenden Sektion der Datenfenster machen. Das öffnet den Punkt-Editor und der Punkt kann mit einem Mouse-Klick im entsprechenden Geo-Fenster und das Ziehen des Punktes in der neuen Position oder durch das Eintippen der neuen Koordinaten auf der Tastatur modifiziert werden.

Diese Änderungen müssen mit dem *Apply*-Befehl bestätigt werden.



4.6.2 Definition von Polyline und Polygons

Die Menu-Knöpfe *polyline* oder *polygon* in der Symbolleiste im Datenfenster öffnen den entsprechenden Editor. Die Prozedur zur Definition dieser Objekte ist die Gleiche. Nur die Objekte unterscheiden sich: *Polyline*s sind offen, *Polygons* sind geschlossen.

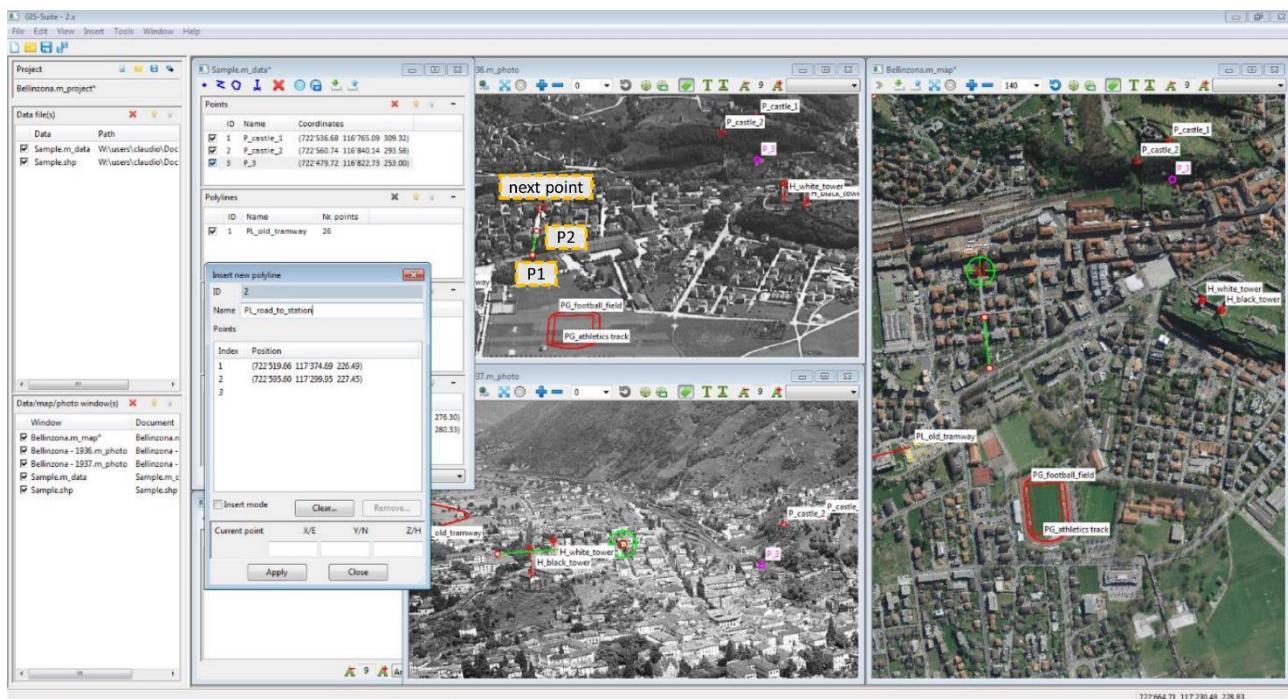
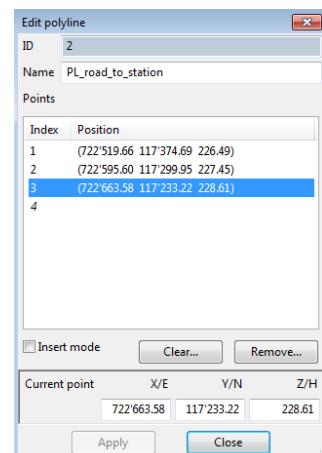


Abbildung 10 - GIS Editor: Definition von Polyline und Polygons.

Wenn kein Punkt selektiert ist, definiert jeder Mouse-Klick in einem bestimmten Geofenster einen neuen Punkt einer Polyline / eines Polygons. Wenn ein Punkt selektiert ist und der Einfügen-Modus (*Insert mode*) nicht aktiv ist, ändert der Mouse-Klick die Koordinaten des entsprechenden Punktes; wenn der Einfügen-Modus aktiv ist, wird ein neuer Punkt vor dem selektierten Punkt eingefügt.

Um existierende Polyline/Polygons zu modifizieren, muss man zuerst mit einem Doppelklick im entsprechenden Datenfenster den Editor öffnen. Die Objekte können danach durch Punktselektionen modifiziert werden, bei aktivieren/deaktivieren des Einfügen-Modus, mit dem Befehl *Clear...* (alle Punkte löschen) oder *Remove...* (nur die selektierten Punkte löschen). Um den selektierten Punkt zu modifizieren, kann man die neuen Koordinaten auf der Tastatur oder mit einem Klick auf ein Bild eingeben.

Diese Änderungen müssen mit dem *Apply*-Befehl bestätigt werden.



4.6.3 Höhendefinition

Der Menu-Knopf *height* in der Symbolleiste im Datenfenster öffnet den Höhen-Editor; Die Höhe besteht aus einem Ursprung (Der Punkt auf dem Gelände) und einer Zahl, welche der Höhe des Objektes entspricht. Zuerst wird der Ursprung definiert und danach den Gipfel- oder Höhenpunkt, wo die Höhe gemessen wird.

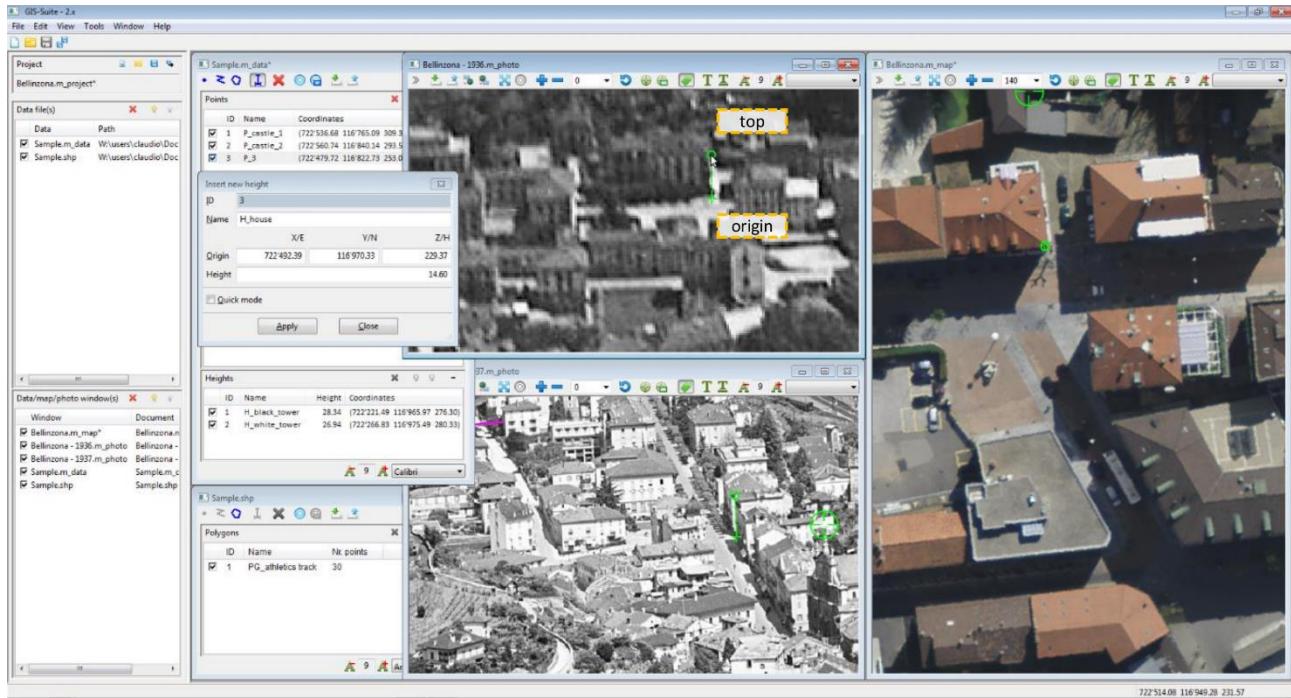
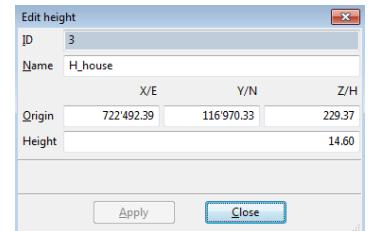


Abbildung 11 - GIS editor: height definition.

Der Ursprung kann auf einer beliebigen Geo-Dokumentation (Kasten oder Bilder), wo das zu messende Objekt sichtbar ist, definiert werden. Der Gipfel hingegen kann nur auf Schrägbildern definiert werden.

Die Höhe kann durch einen Doppelklick im entsprechenden Datenfenster zum Öffnen des Höhen-Editors geändert werden. Zur Änderung der Höhe können die neuen Daten (Ursprung und/oder Gipfel) über die Tastatur eingetippt werden oder in dem man mit der Mouse auf den Ursprung oder den Gipfel des Objektes klickt und diesen zur gewünschten Position schiebt.

Diese Änderungen müssen mit dem *Apply*-Befehl bestätigt werden.



4.7 DATENAUSTAUSCH

Der Datenaustausch Data kann ins CSV- oder SHP-Format erfolgen, welches das Importieren und Exportieren von GIS-Objekten von und in den meisten GIS-Softwares (ArcGIS, Q-GIS, ...) erlaubt. Ein solcher Datenimport oder –export kann in jedem Dokumentenfenster erfolgen: Bei Bilddokumenten kann der Datenaustausch sowohl als Pixel wie auch als Weltkoordinaten erfolgen. Bei Karten kann dies nur als Weltkoordinaten geschehen.

4.7.1 Pixelkoordinaten

Die Softwares, die Daten in Pixelkoordinaten verwalten, benützen unterschiedliche Datenformate. Diese werden hier kurz vorgestellt, bevor es zu den eigentlichen Datenaustausch Prozeduren geht.

Folgende Pixel-Koordinaten Formate werden benutzt (in Klammern die Bezeichnung im MPT).

4.7.1.1 GIS -Pixelkoordinaten (*pix_y_minus*)

Der Ursprung ist oben links; Die positive X-Achse geht nach rechts, die negative Y-Achse nach unten.

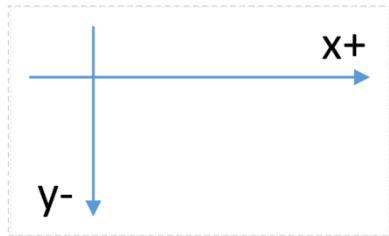


Abbildung 12 - GIS-Pixelkoordinaten (ArcGIS, Q-GIS).

4.7.1.2 Windows Koordinaten (*pix_y_plus*)

Der Ursprung ist oben links; Die positive X-Achse geht nach rechts, die positive Y-Achse nach unten.



Abbildung 13 - Window-Pixelkoordinaten (Photoshop).

4.7.1.3 Standard coordinates (*pix_y*)

Der Ursprung ist unten links; Die positive X-Achse geht nach rechts, die positive Y-Achse nach oben.



Abbildung 14 - Standard-Pixelkoordinaten.

4.7.2 Daten-Exportieren

Das Export-Menu (siehe 4.3.2 und 4.4.2) erlaubt Objekte zu exportieren; Wenn ein oder mehrere Objekte selektiert werden, muss im Dialogfenster vermerkt sein, ob nur die selektierten Files oder alle exportiert werden sollen.

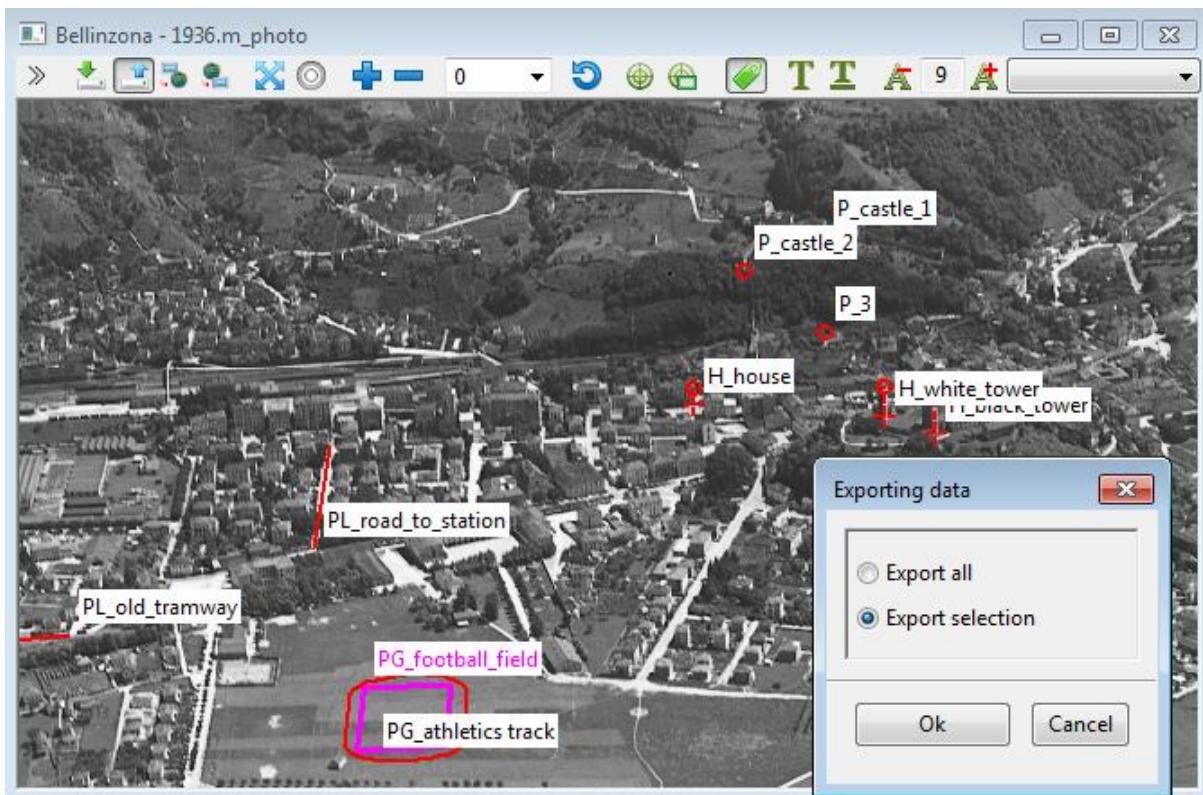


Abbildung 15 - Dialogfenster zur Auswahl der zu exportierenden Objekte.

Danach öffnet sich das Export-Dialogfenster:

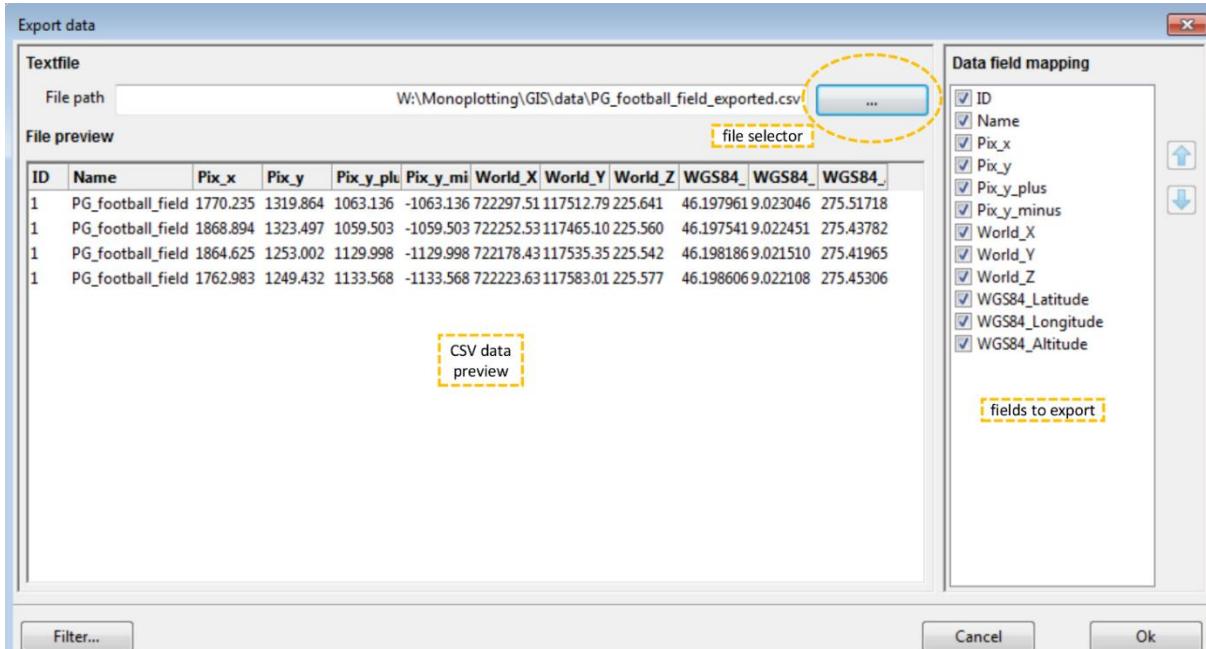


Abbildung 16 - Export-Dialogfenster.

Mit dem File-Selektionsknopf (Abbildung 16) wählt man das Ziel-File. Im unteren Fenster erscheint eine Vorschau der zu exportierenden Daten; Im rechten Fenster können die zu exportierenden Felder selektiert werden. Bitte beachten, dass Pixelkoordinaten zwangsläufig nur bei Bilddokumenten zur Verfügung stehen.

Objekte haben eindeutige IDs. Punkte von denselben Polylines oder Polygonen haben dieselben IDs, damit sie auch als solche im CVS Ziel-File erkannt werden.

4.7.2.1 CSV-Export

Wenn man CSV-Files mit dem *Filter...* Knopf exportiert, öffnet sich ein Dialogfenster zum Konfigurieren vom CSV, wo die entsprechenden Einstellungen definiert werden (Abbildung 17). Dabei ist das Definieren der ersten Linie als Kopfzeile (*Use first line as header*) und des Trennzeichens (*Field separator*) wohl das Wichtigste.



Abbildung 17 - Datenexport: CSV-Einstellungen.

4.7.2.2 SHP-Export

Wenn man in ein SHP File exportiert, wird ein entsprechendes Shapefile mit den selektierten Objekten und Feldern erstellt. Wenn der Export aus einem Bildfenster erfolgt, muss man zusätzlich angeben, ob das Ziel-Shapefile in Pixel- oder Weltkoordinaten erstellt werden muss:

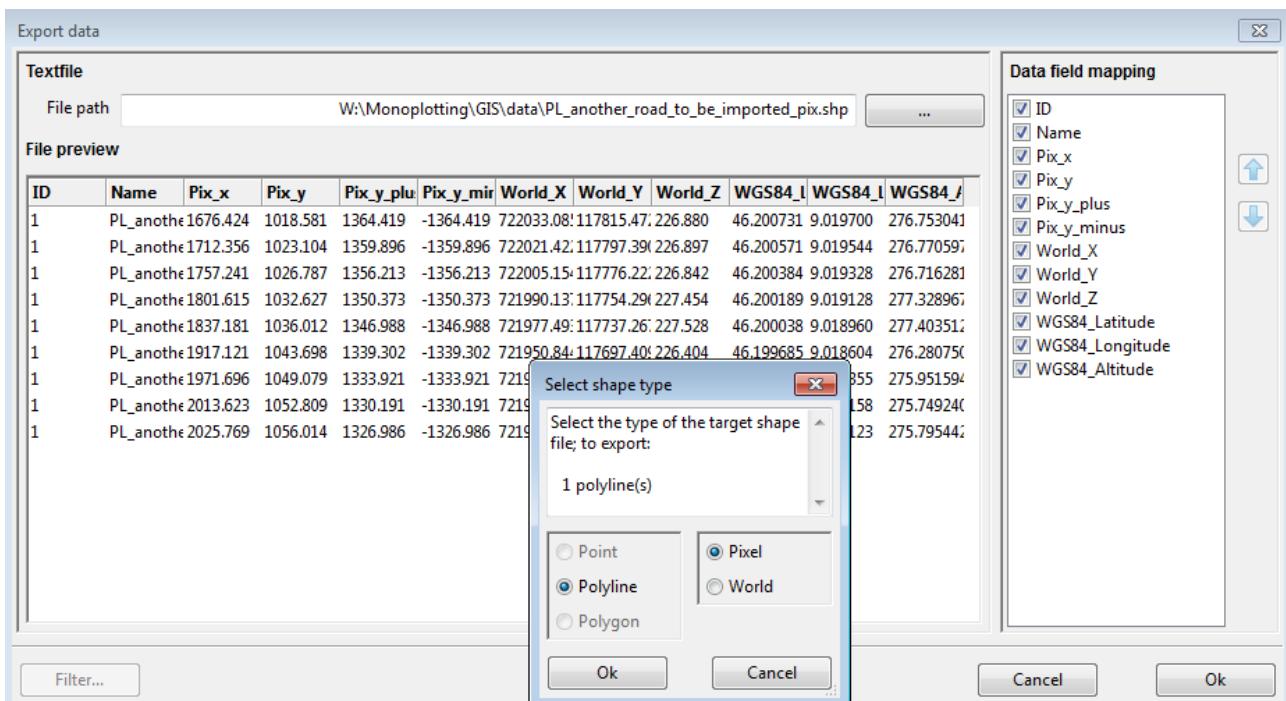


Abbildung 18 - Export to Shapefile.

4.7.2.3 ZIP-Export (nur Shapefile)

Shapefile können in einer ZIP Datei exportiert werden; dieses Format ist für verschiedene Anwendungen nützlich.

4.7.3 Daten importieren

Daten können nur dann importiert werden, wenn ein Ziel-File im MPT offen ist. Um Daten zu importieren, muss also das Ziel-File erstellt oder geöffnet werden.

Es gibt zwei Typen von Datenimport, welche den verfügbaren Datenformaten entsprechen:

- Pixel-Daten Import, nur bei Bildfenstern verfügbar
- Welt-Daten Import, in allen (Bild- und Karten-) Fenstern verfügbar

Weltkoordinaten können zwei- oder dreidimensional importiert werden: Wenn das zu importierende File keine z-Koordinate enthält, diese wird beim Importieren automatisch berechnet.

4.7.3.1 CSV-Import in Pixelkoordinaten

Um Pixel-Koordinaten aus CSV Files korrekt zu importieren, muss man die entsprechenden X und Y Koordinatenfelder im Ursprungsfile angeben, insbesondere muss man die korrekte Wahl des y Feld beachten (siehe 4.7.1). Im Fall von Polylinies und Polygonen, muss auch die ID angegeben werden, damit die verschiedenen Objekte eindeutig unterschieden werden können.

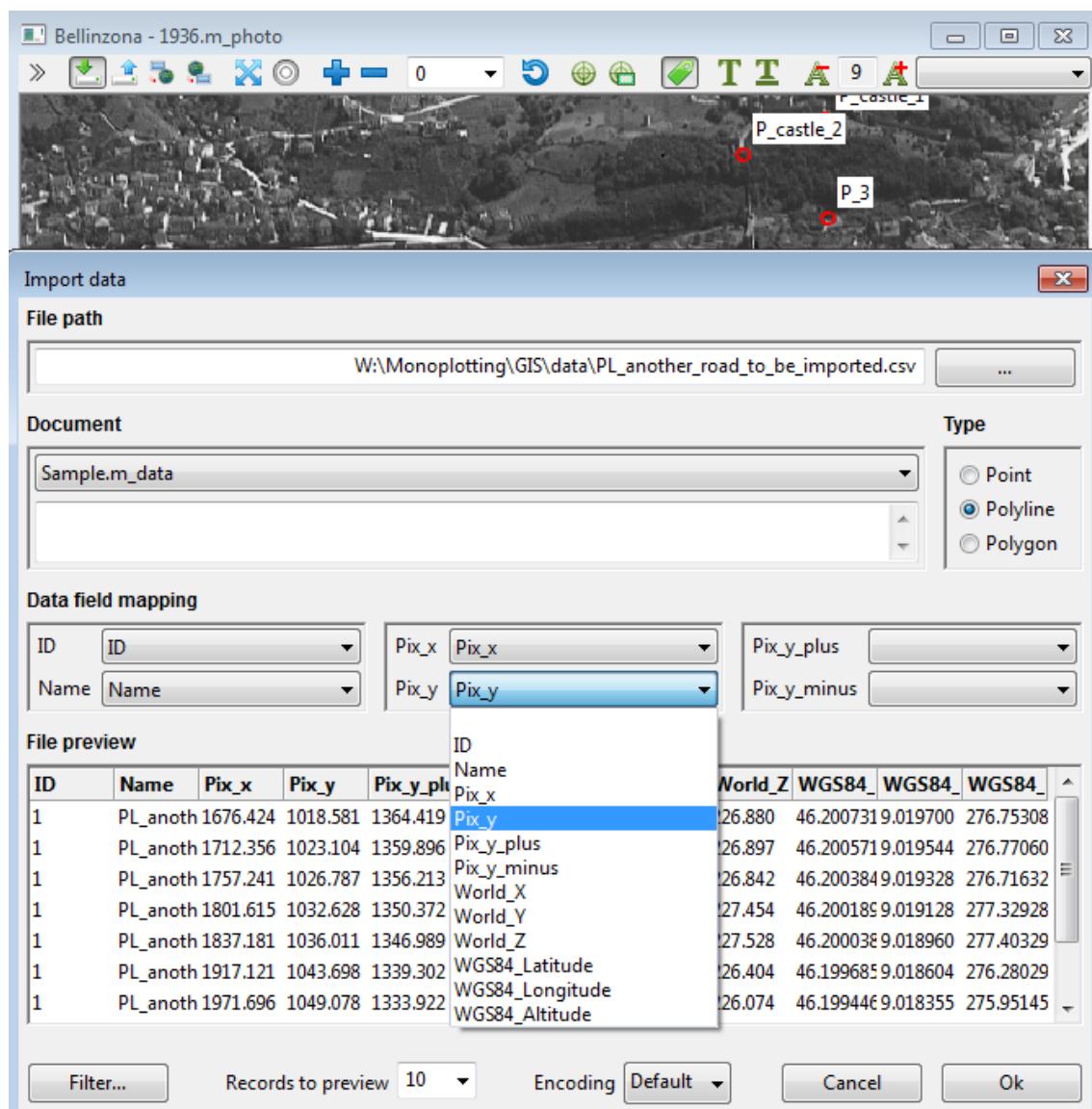


Abbildung 19 - CSV Datenimport in Pixelkoordinaten.

4.7.3.2 SHP-Import in Pixelkoordinaten

Um ein SHP File in Pixelkoordinaten zu importieren, muss man sich versichern, dass auch das Ursprungsfile in Pixelkoordinaten ist. Wenn dem so ist, werden die X- und Y-Koordinaten automatisch vergeben.

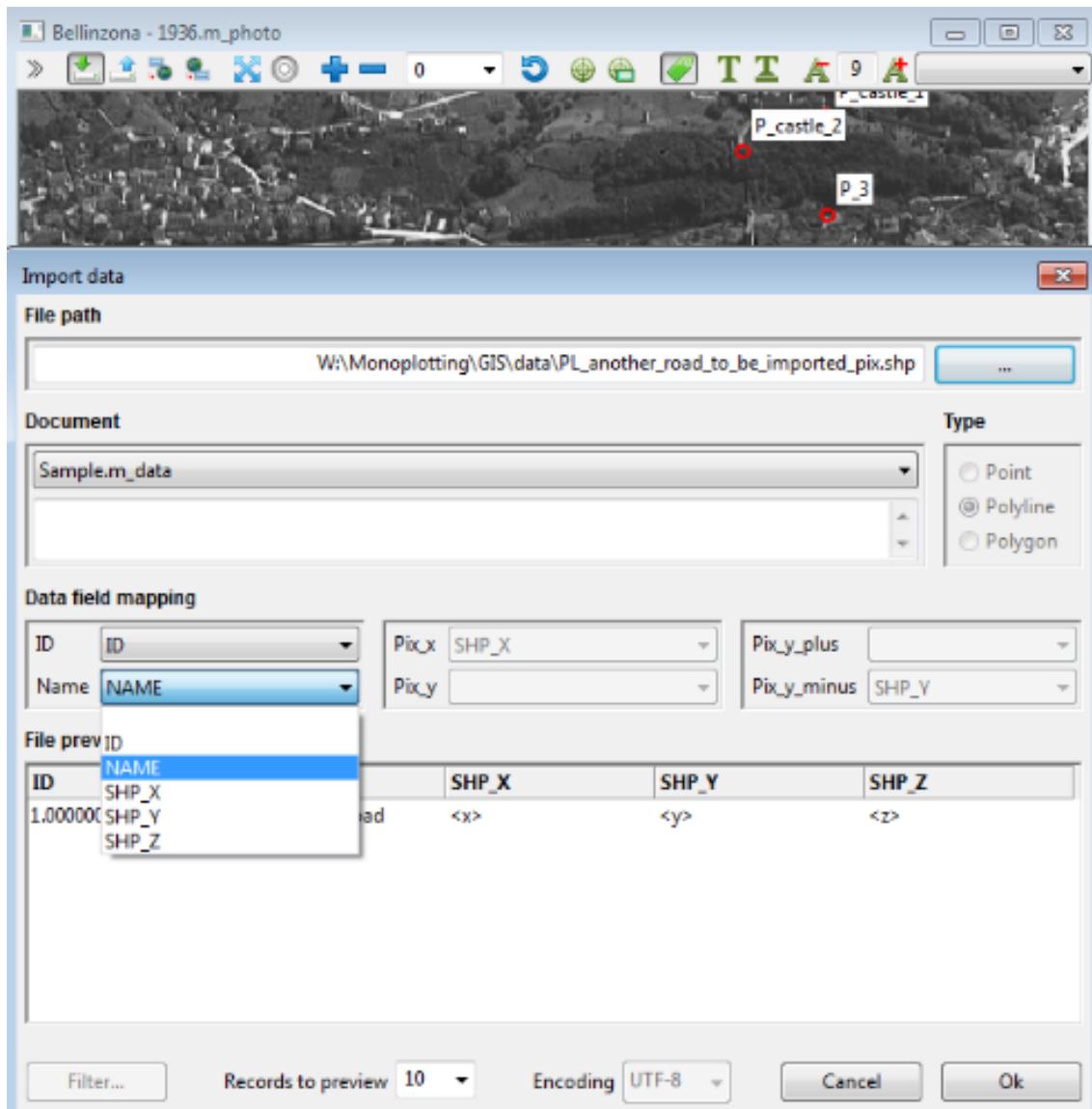


Abbildung 20 - SHP Datenimport in Pixelkoordinaten.

4.7.3.3 CSV-Import in Weltkoordinaten

Um Welt-Koordinaten aus CSV Files korrekt zu importieren, muss man die entsprechenden X und Y Koordinatenfelder im Ursprungsfile angeben. Wenn das Ursprungsfile korrekte Z-Koordinaten beinhaltet, können die entsprechenden Felder angegeben werden. Ansonsten wird die Z-Koordinate vom MPT direkt beim Importieren berechnet.

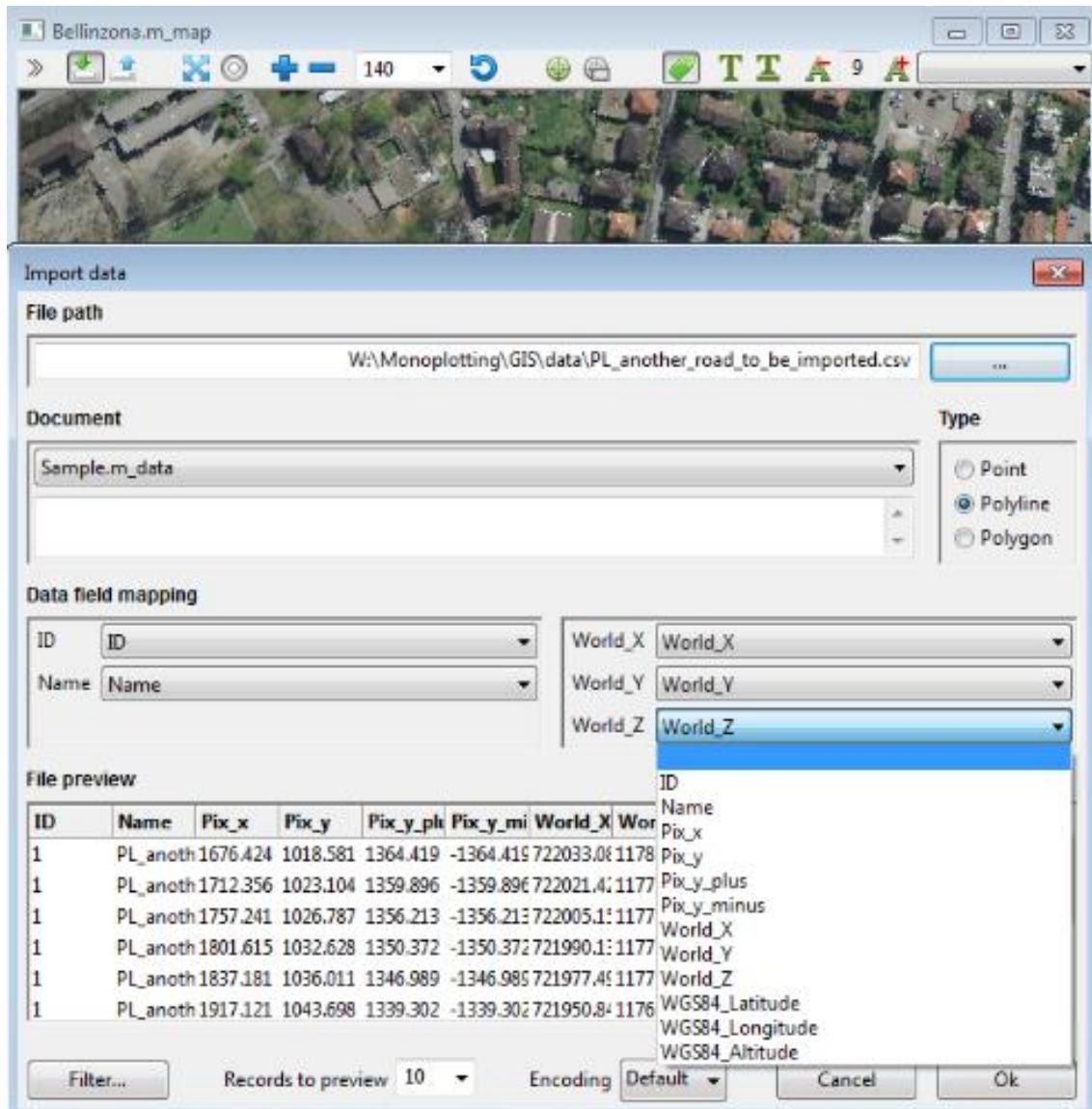


Abbildung 21 - CSV Datenimport in Weltkoordinaten.

4.7.3.4 SHP-Import in Weltkoordinaten

Um ein SHP File in Weltkoordinaten zu importieren, muss man sich versichern, dass auch das Ursprungsfile in Weltkoordinaten ist. Wenn dem so ist, werden die X- und Y-Koordinaten automatisch vergeben. Man kann existierende Z-Koordinate zu den entsprechenden Feldern vergeben oder den MPT die Z-Koordinate beim Importieren automatisch berechnen lassen.

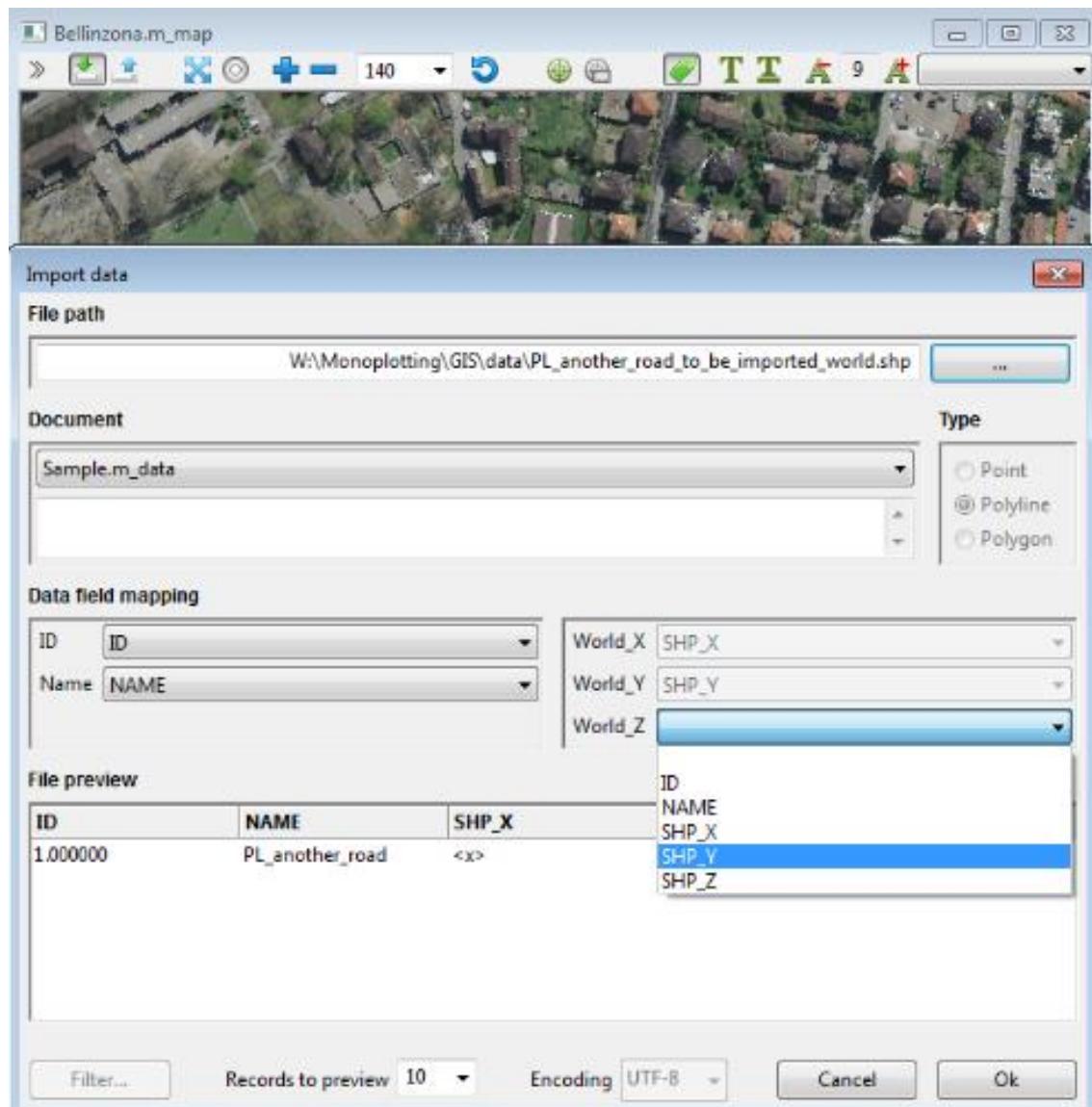


Abbildung 22 - SHP Datenimport in Weltkoordinaten.

4.8 SHAPEFILE: VON PIXELKOORDINATEN ZU WELTKOORDINATEN UMWANDELN

In Bildfenstern können Pixelkoordinaten zu Weltkoordinaten umgewandelt werden. Wichtig ist dabei, bei den jeweiligen Files das richtige Koordinatensystem anzugeben (siehe 4.7.1).

4.8.1 Umwandlung von Pixel- zu Weltkoordinaten

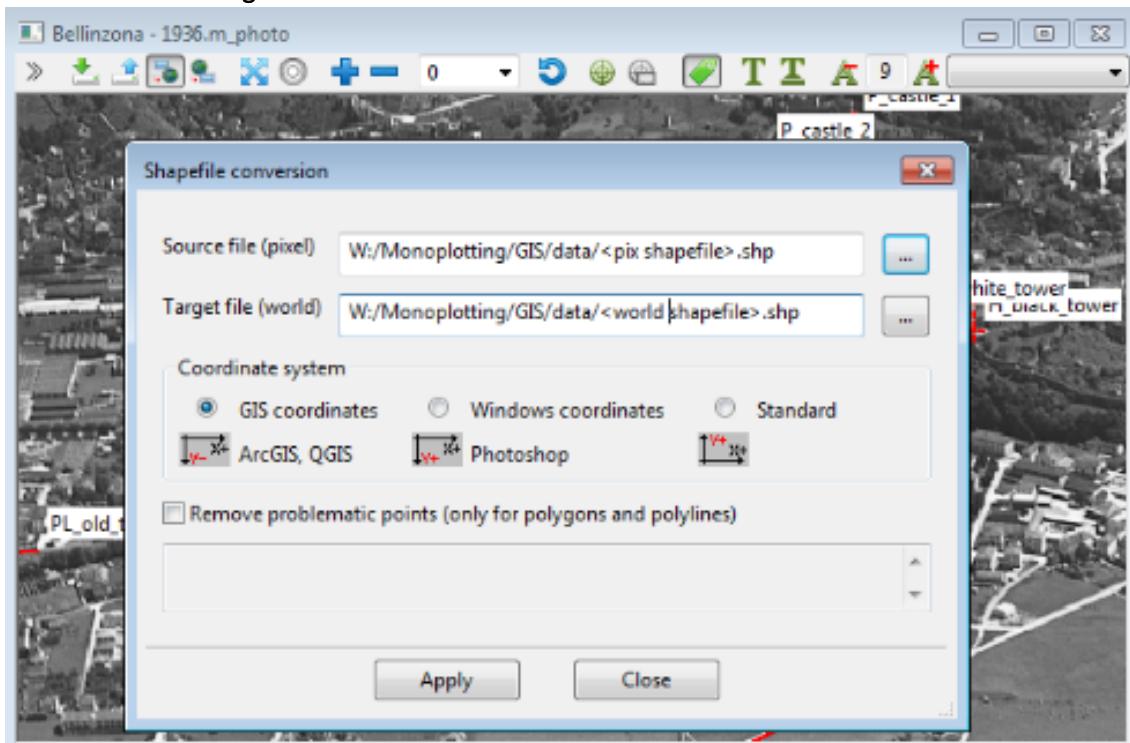


Abbildung 23 - Shapefile: Umwandlung von Pixel- zu Weltkoordinaten.

4.8.2 Umwandlung von Welt- zu Pixelkoordinaten

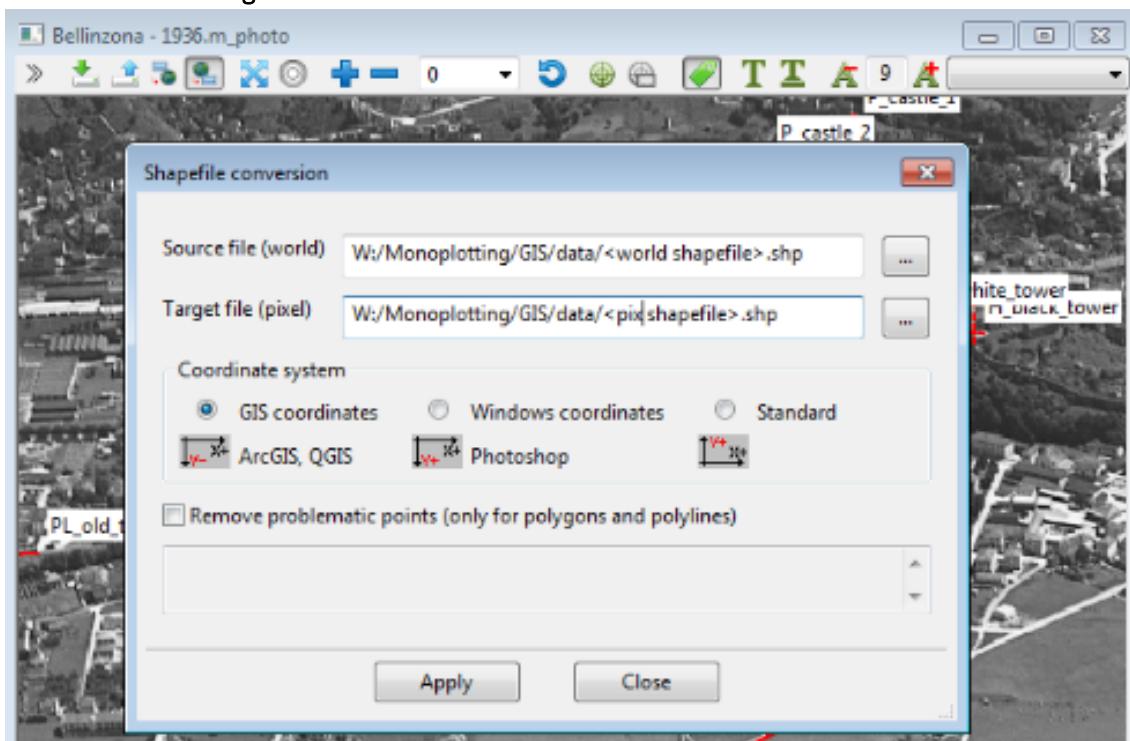


Abbildung 24 - Shapefile: Umwandlung von Welt- zu Pixelkoordinaten.

5. VORBEREITUNG UND GEOREFERENZIERUNG VON DOKUMENTEN

In diesem Kapitel werden die Prozeduren zur Vorbereitung und zum Konfigurieren von Geo-Dokumenten (Karten und Bilder) ausgehend aus GIS Grunddaten erklärt. Werden diese so vorbereitet, sind die Dokumente danach bereit um im MPT benutzt zu werden.

Um ein Dokument zu konfigurieren, muss zuerst die Kontrollleiste (*control bar*) vom Karten- oder Bildfenster durch das Anklicken des entsprechenden Menus oder Menu-Knops aktiviert werden (siehe 4.3.2). Das Informationsfenster (*Info window*) im unteren Teil der Kontrollleiste veranschaulicht den aktuellen Dokumentstatus, die Cursor (Mouse) Position, und wird im Wesentlichen bei der Software Entwicklung verwendet.

5.1 DEFINITION EINER KARTE

Ein Kartendokument beinhaltet eine oder mehrere GIS Standard-Rasterkarte(n) (siehe 2.2) und einen oder mehrere DEM (siehe 2.3); Das Kombinieren dieser Informationen ermöglicht, dreidimensionale Angaben über das dargestellte Gebiet zu erhalten.

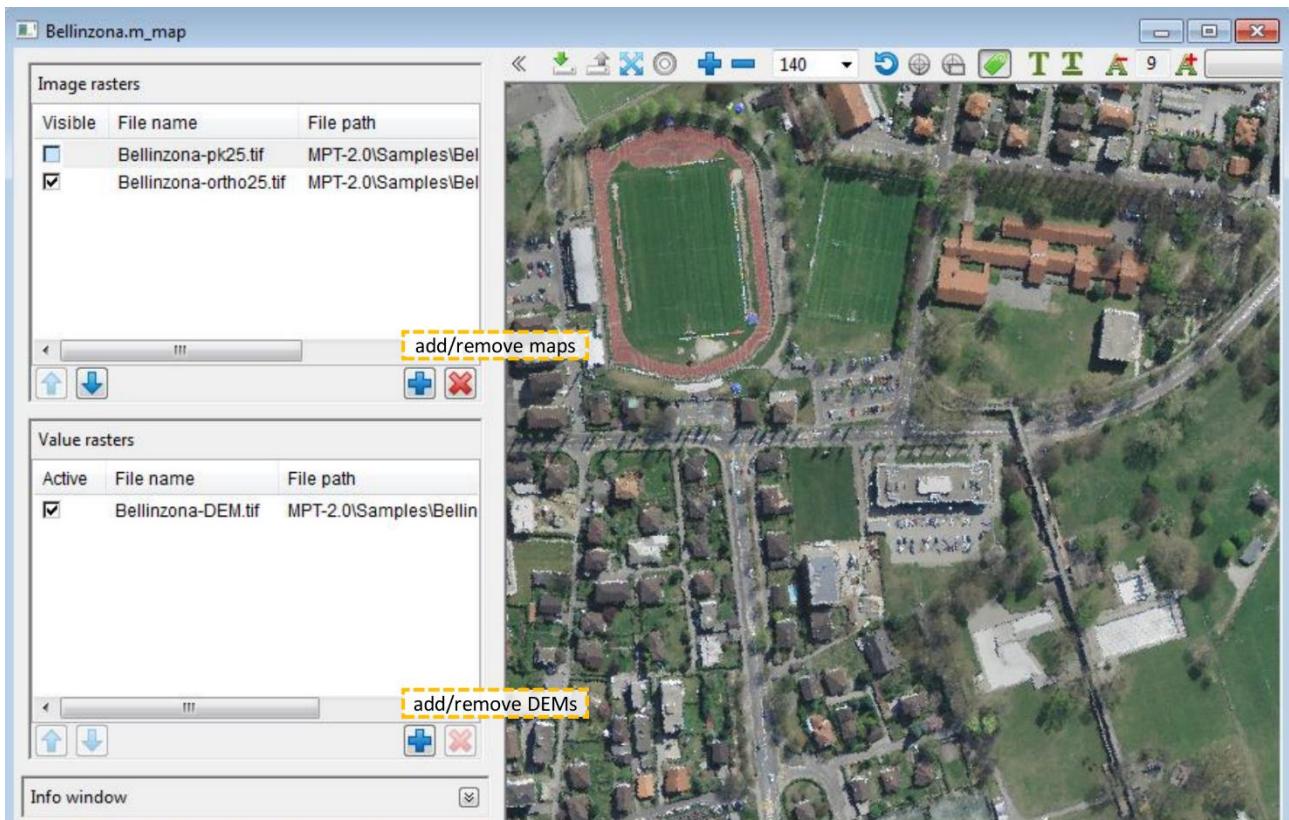


Abbildung 25 - Definition von Kartendokumenten.

5.1.1 Kartenfile(s) einfügen

Um eine Rasterkarte einzufügen (oder zu löschen), muss man den entsprechenden Knopf in der Sektion *Image raster* drücken; Rasterkarten werden automatisch in die richtige Position eingeordnet und können durch das Anklicken der entsprechenden Checkbox gezeigt oder verborgen werden. Die Position in der Liste gibt die Priorität des Bildes an.

Wenn man den Cursor über die Karte bewegt, sollte das MPT die X- und Y-Koordinaten automatisch im kleinen Fenster unten rechts in der Statusleiste anzeigen.

5.1.2 DEM-File(s) einfügen

Um ein DEM-File einzufügen (oder zu löschen), muss man den entsprechenden Knopf in der Sektion *Value raster* drücken; Raster DEMs werden automatisch in die richtige Position eingeordnet und können durch das Anklicken der entsprechenden Checkbox gezeigt oder verborgen werden. Die Position in der Liste gibt die Priorität des DEMs an.

Wenn man den Cursor über die Karte bewegt, sollte das MPT die Z-Koordinaten automatisch berechnen und im kleinen Fenster unten rechts in der Statusleiste anzeigen.

5.2 DEFINITION EINES BILDES

Ein Bilddokument beinhaltet ein oder mehrere Bilder (normalerweise nur eins), eine oder mehrere Kameras (normalerweise nur eine) und einen oder mehrere DEM (siehe 2.3); Wenn die Kamera kalibriert ist (siehe 6), erlaubt das Kombinieren dieser Informationen dreidimensionale Angaben über das dargestellte Gebiet zu ziehen.

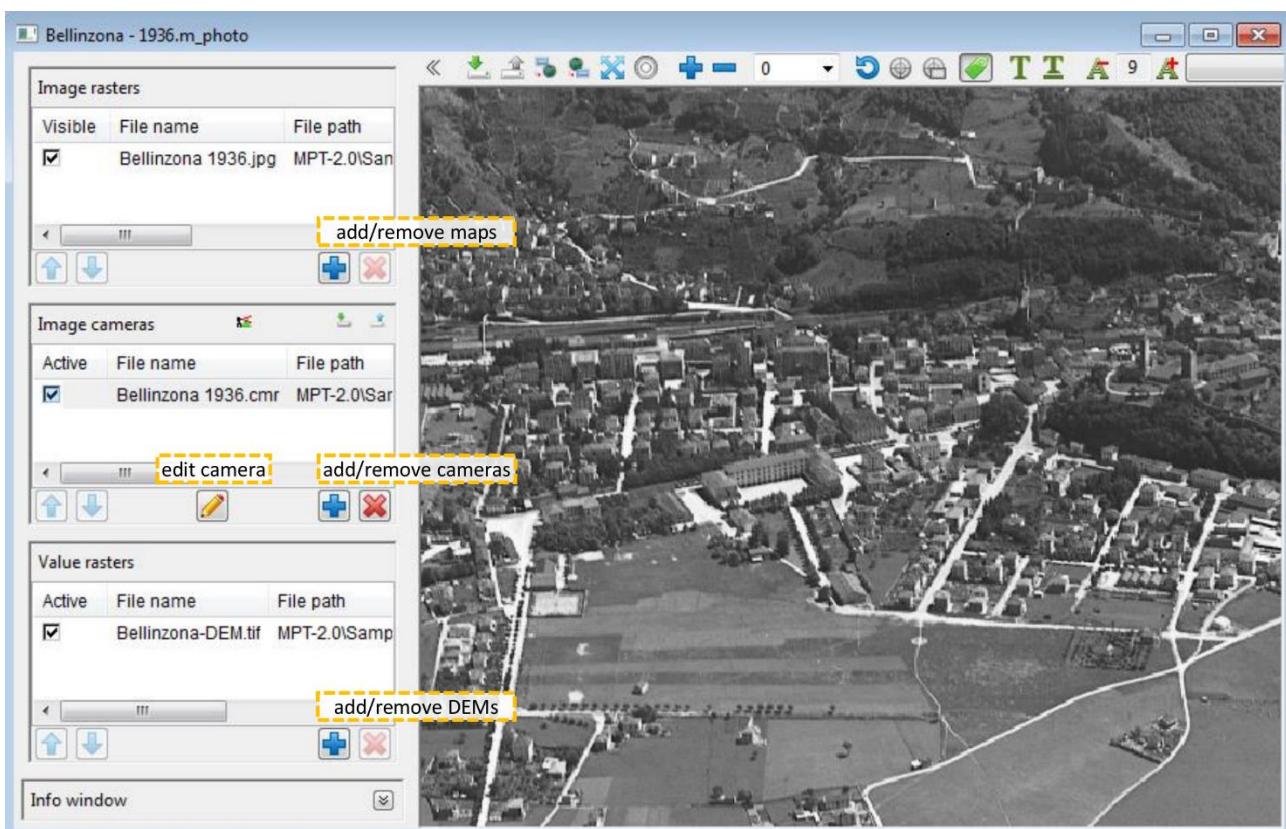


Abbildung 26 - Definition von Bilddokumenten.

5.2.1 Bild-File(s) einfügen

Um ein Bild einzufügen (oder zu löschen), muss man den entsprechenden Knopf in der Sektion *Image raster* drücken; die Bilder können durch das Anklicken der entsprechenden Checkbox gezeigt oder verborgen werden. Die Position in der Liste gibt die Priorität des Bildes an.

5.2.2 DEM-File(s) einfügen

Um ein DEM-File einzufügen (oder zu löschen), muss man den entsprechenden Knopf in der Sektion *Value raster* drücken; die DEMs können durch das Anklicken der entsprechenden Checkbox gezeigt oder verborgen werden. Die Position in der Liste gibt die Priorität des DEMs an.

5.2.3 Kamera(s) einfügen

Um eine Kamera einzufügen (oder zu löschen), muss man den entsprechenden Knopf in der Sektion *Image cameras* zur Eröffnung des Dialogfensters drücken:

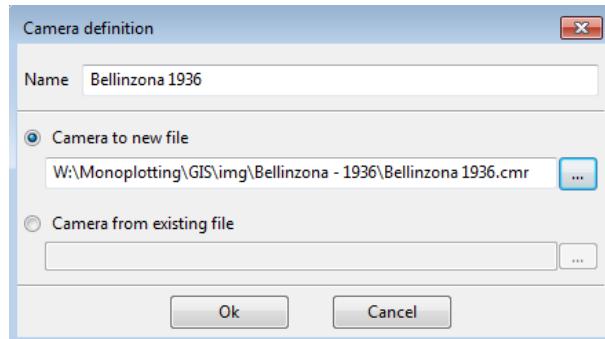


Abbildung 27 - Dialogfenster zu einer neuen Kamera.

Die Kameraparameter – in Wirklichkeit ein mathematisches Modell der physischen Kamera – werden normalerweise in einem *.cmr File mit demselben Namen und im gleichen Pfad wie das Bild selber dargestellt.

Nach Bedarf kann man einem Bild auch eine existierende Kamera vergeben. Dazu muss der Menuknopf *Camera from existing file* gedrückt und die gewünschte Kamera angeklickt werden.

Nachdem man die neue Kamera hinzugefügt hat, kann man mit der Kalibrierungsprozedur starten (siehe Kap. 6), damit das Bilddokument wie eine dreidimensionale Karte gebraucht werden kann.

Die Position in der Liste gibt die Priorität der Kamera an.

6. KAMERA KALIBRIERUNG

Die Kamera-Kalibrierung versucht das mathematische Modell der Originalkamera zu rekonstruieren; Dazu sind mindestens 5 (besser einige mehr) Kontrollpunkte (siehe Kap. 6.5) und einige Initialisierungsparameter für das Bildzentrum, die Fokallänge und die Kamera Position erforderlich. Die ganze Prozedur und die dazu notwendigen Daten befinden sich im Fenster der Kamera-Definition (*camera definition window*).

6.1 Fenster zur Kameradeinition

Das Fenster zur Kalibrierung der Kamera ist das Herz vom MPT und vom Monoplotting Prozess: in diesem Fenster werden die Kontrollpunkte (Passpunkte), die Parameterwerte zur Initialisierung der Prozedur und die Kalibrierungsprozedur selber definiert.

Camera definition

Camera name

Camera computed parameters:

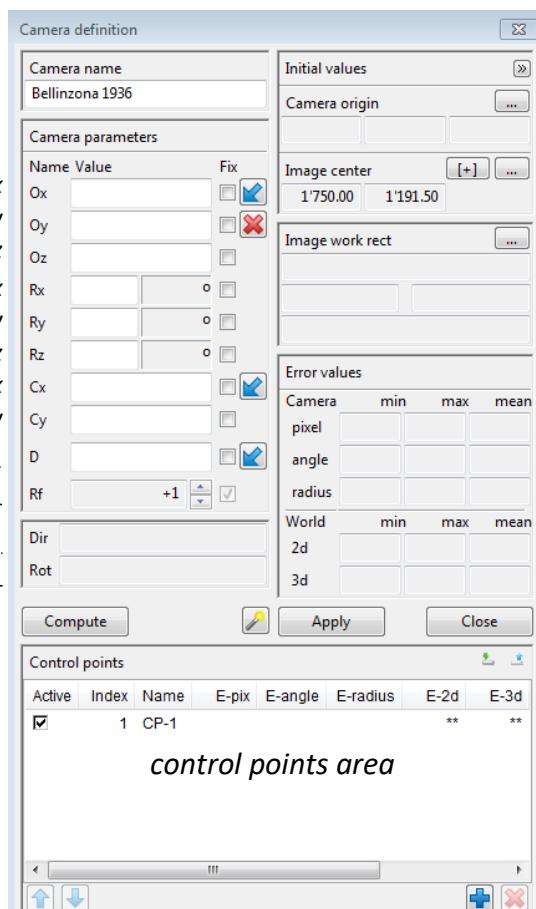
origin X
..... Y
..... Z
rotation X
..... Y
..... Z
image center X
..... Y
focal
sense
Camera direction
Camera rotation

Buttons:

Compute: calibrate the camera with the given control points and values

Magic compute: to be used when seemingly nothing works...

Apply: apply the changes to the document



Parameter initial values:

camera origin

image center

image work rect

Calibration errors:

pixel errors

angle errors

radius errors

world 2d error

world 3d error

Abbildung 28 - Kamera definition.

Knöpfe zur Parametrisierung:

» / « show/hide the camera manual settings section (see 6.7)

Fix fix/free, when checked, prevent the parameter to be computed

copy the initial value(s) to the parameter value

reset (remove) the camera origin values

interactive set the initial value for camera origin and image center

set the image center (half of width and height) as initial value

Knöpfe für die Kontrollpunkte:



import control points (see 6.6)



export control points (see 6.6)



insert a new control point



remove the selected control point (s)

6.1.1 Kopieren der Initialisierungswerte

Standard-Initialisierungsparameter für Bildzentrum, Fokallänge (Brennpunktdistanz) und Kamera Position können in den entsprechenden Feldern mit dem *copy* Knopf hineinkopiert werden, um dem Kalibrierungsprozess einen ersten Anhaltspunkt zu geben (siehe 6.4).

6.1.2 Feste/offene Parameter

Durch die entsprechende Checkbox kann man die Parameterwerte blockieren oder offen lassen; offene (ungecheckte) Parameters werden durch den Kalibrierungsprozess berechnet, feste (gecheckte) werden als korrekt eingestuft und bleiben unverändert (siehe 6.7).

Normalerweise bleibt nur der Bildzentrum-Parameter bis zum Schluss der Kalibrierungsprozedur fest; in gewissen Fällen kann man diese Parameter für eine letzte Kalkulationsschlaufe noch offen lassen, um zu sehen, ob dabei das Endresultat besser wird.

6.1.3 Aktivieren/Deaktivieren von Kontrollpunkten

Durch die entsprechenden Checkboxes können die verschiedenen Kontrollpunkte aktiviert oder deaktiviert werden. Der Kalibrierungsprozess berücksichtigt nur aktivierte Kontrollpunkte (siehe 6.7).

6.2 Kontrollpunkte

Kontrollpunkte sind Stellen für die sowohl die Position (und deren Pixelkoordinaten) auf dem Bild und die entsprechende Position in der Realität (und deren Weltkoordinaten) eindeutig und bekannt sind. Die Anzahl, die Verteilung und die Präzision dieser Kontrollpunkte sind entscheidend für die Genauigkeit der Kalibrierung.

6.3 Kameraparameter

Die Kameraparameter sind Werte, die ausgehend aus den Initialisierungswerten und aus den Kontrollpunkten vom MPT berechnet werden müssen, um das mathematische Modell der Kamera zu definieren. Es sind:

- Ox, Oy, Oz - Kamera Ursprung: Die Position der Kamera (in Weltkoordinaten) bei der Bildaufnahme;
- Rx, Ry, Rz - Kamerarotation: Euler's Winkel (*yaw*, *pitch*, und *roll*, in Radianen) welche die genaue Kamerarichtung beschreiben;
- Cx, Cy - Bildzentrum: Das Zentrum vom Bild (in Pixelkoordinaten);
- D - Fokallänge: Fokallänge; Tatsächlich ein Mehrfaches der ursprünglichen Fokallänge der Originalkamera, auf Grund des Digitalisierungsverfahrens (i. e. das Einscannen des Bildes oder des Negatives);
- Rf - Richtung der Kamera: Die Kalibrierung ergibt manchmal eine Lösung mit der entgegengesetzten Richtung der Kamera, die durch die Einstellung von *Rf* angepasst werden muss (siehe Kap. 6.7).

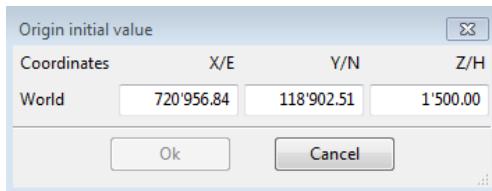
6.4 Initialisierungswerte

Initialisierungsparameter sind notwendig, um der ganzen Kalibrierungsprozedur einen Anhaltspunkt zu geben und die Rechnungen zu starten. Nötige Initialisierungsparameter sind das Bildzentrum (C_x, C_y) und die Fokallänge (D). In gewissen Fällen ist es auch hilfreich, eine grobe Kamera-Position (O_x, O_y, O_z) anzugeben.

Die Definition der Initialwerte kann auch mit dem entsprechenden Kopierungsknopf (*copy button*)  definiert werden; Im Fall der Fokallänge setzt der Kopierungsknopf als Default einen vernünftigen Default-Wert, der von der Bildgrösse abhängig ist.

6.4.1 Kameraposition

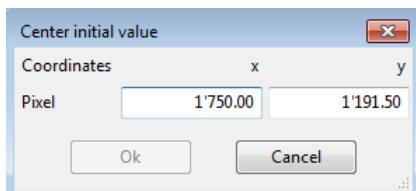
Um eine angenommene Startposition der Kamera zu definieren, muss man durch den  Knopf das entsprechende Dialogfenster öffnen:



Die Koordinatenwerte können danach via Tastatur oder beim Klicken in einem Kartenfenster eingegeben werden.

6.4.2 Bildzentrum

Der  Knopf vergibt automatisch einen Startwert des Bildzentrums bei der Hälfte der Bildhöhe und Bildbreite. Das Bildzentrum kann man auch manuell definieren durch den  Knopf und das Öffnen eines entsprechenden Dialogfensters:



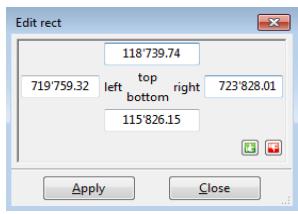
Die Koordinatenwerte können danach via Tastatur oder beim Klicken auf dem Bild eingegeben werden.

6.4.3 Fokallänge

Der Startwert der Fokallänge wird automatisch intern beim Vergeben eines vernünftigen Default-Wertes berechnet, welcher von der Bildgrösse abhängig ist. Dieser Wert wird nicht gezeigt, kann aber mit dem  Knopf eingefügt werden.

6.4.4 Arbeitsbereich (image work rect)

Der Arbeitsbereich Arbeitsbereich ist ein Rechteck in Weltkoordinaten, der die von dem Foto abdeckte Fläche darstellt, auf dem man arbeiten möchte. Es ist kein notwendiger Wert, hilft aber, die Systemleistung zu verbessern, und soll insbesondere definiert werden, wenn mit einem DEM gearbeitet wird, das eine viel grössere Oberfläche abdeckt, als das Bild selbst (z. B. wenn für mehreren Bildern auf einem grosses Gebiet, dasselbe DEM verwendet wird). Um einen angenommenen Arbeitsbereich zu definieren, muss man durch den  Knopf das entsprechende Dialogfenster öffnen:

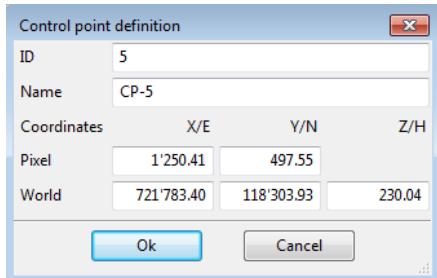


Die Koordinatenwerte können danach via Tastatur oder durch die benötigten Klicken auf einer Karte (siehe 5.1) eingegeben werden.

6.5 Definition der Kontrollpunkte

Kontrollpunkte bestehen aus seinem Name, Pixel- und Weltkoordinaten. Um einen Kontrollpunkt zu definieren, muss seine Position sowohl auf einem Bild wie auch auf einer Karte genau bekannt sein.

Das Kontrollpunkt-Dialogfenster öffnet sich beim Klick auf den  Knopf:



Die Werte können dann via Tastatur oder, und das gilt vor allem für die Koordinaten, beim Klicken in einem Kartenfenster (Weltkoordinaten) und im entsprechenden Bildfenster (Pixelkoordinaten) gewählt werden.

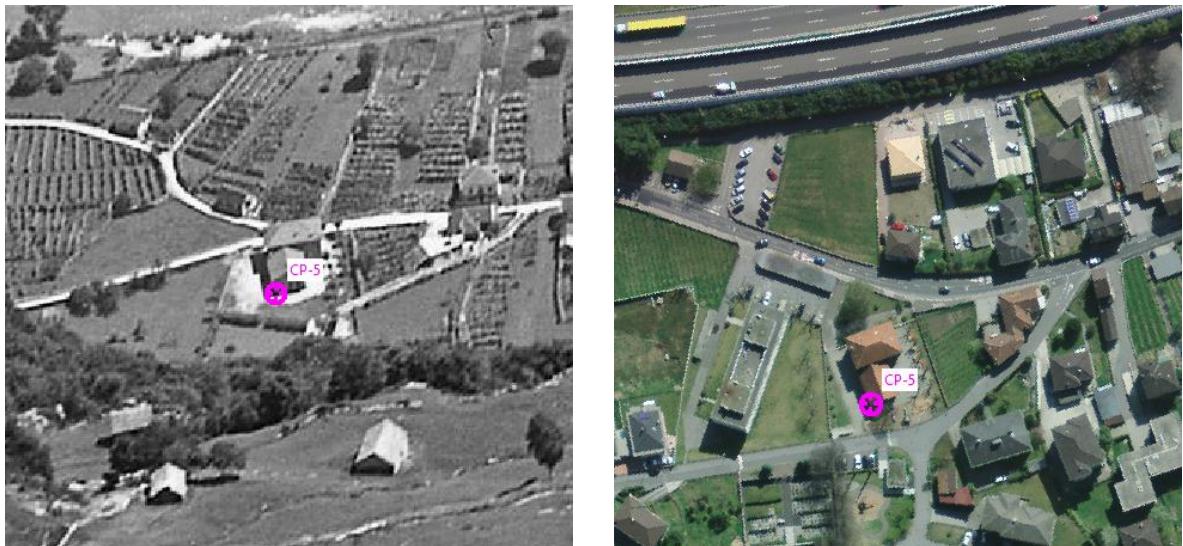


Abbildung 29 - Definition der Kontrollpunkte.

Die Kontrollpunktkoordinaten müssen so genau wie möglich definiert werden. Von diesen hängt dann die Genauigkeit der ganzen MPT-Kalibrierung ab. Zur Definition der Weltkoordinaten empfehlen wir zum Beispiel das Benutzen von Orthophotos, die (normalerweise) eine bessere Qualität haben und eine bessere Genauigkeit erlauben.

Folgende Aspekte und Details sollten besonders beachtet werden:

6.5.1 Auf dem Bodenniveau

Die Kontrollpunkte müssen immer auf dem Bodenniveau gewählt werden, damit die Koordinaten vom DEM genau wiedergeben werden. Sofern verfügbar sind Ecken von Häusern und Gebäuden ideale Kandidaten dazu.

6.5.2 Auf regelmässigen Oberflächen

Der DEM ist eine Serie von Gitterwerten; die Werte von Punkten die nicht auf dem Gitter sind werden einfach aus den nächsten Gitterpunkten interpoliert. Um Fehler zu minimieren sollten, wie aus der Abbildung 30 sichtbar ist, die Kontrollpunkte am besten nur auf regelmässigen Flächen gewählt werden.

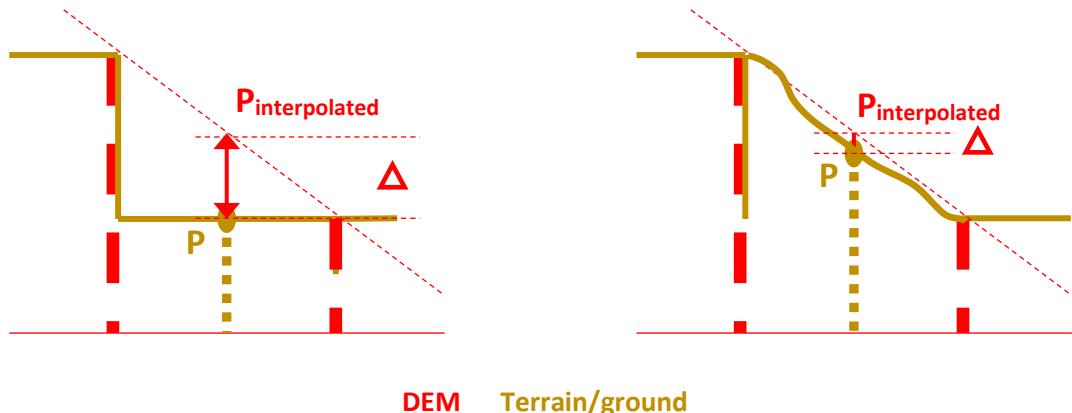


Abbildung 30 - Kontrollpunkte in Abhängigkeit der Bodenunregelmässigkeit.

6.5.3 Das Problem der Dachtraufe

Wird eine Hausecke als Kontrollpunkt gewählt, muss beachtet werden, dass eventuell von oben die Ecke der Dachtraufe gedeckt ist (das gilt vor allem bei Orthophotos):

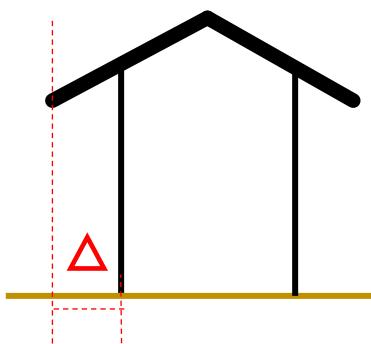


Abbildung 31 - Dachtraufe-Effekt auf dem Kontrollpunkt.

6.6 Import/Export von Kontrollpunkten

Kontrollpunkte können ähnlich wie Datenpunkte importiert und/oder exportiert werden (siehe 4.7.2 und 4.7.3). Dazu muss man mit dem entsprechenden Knopf das Dialogfenster öffnen:

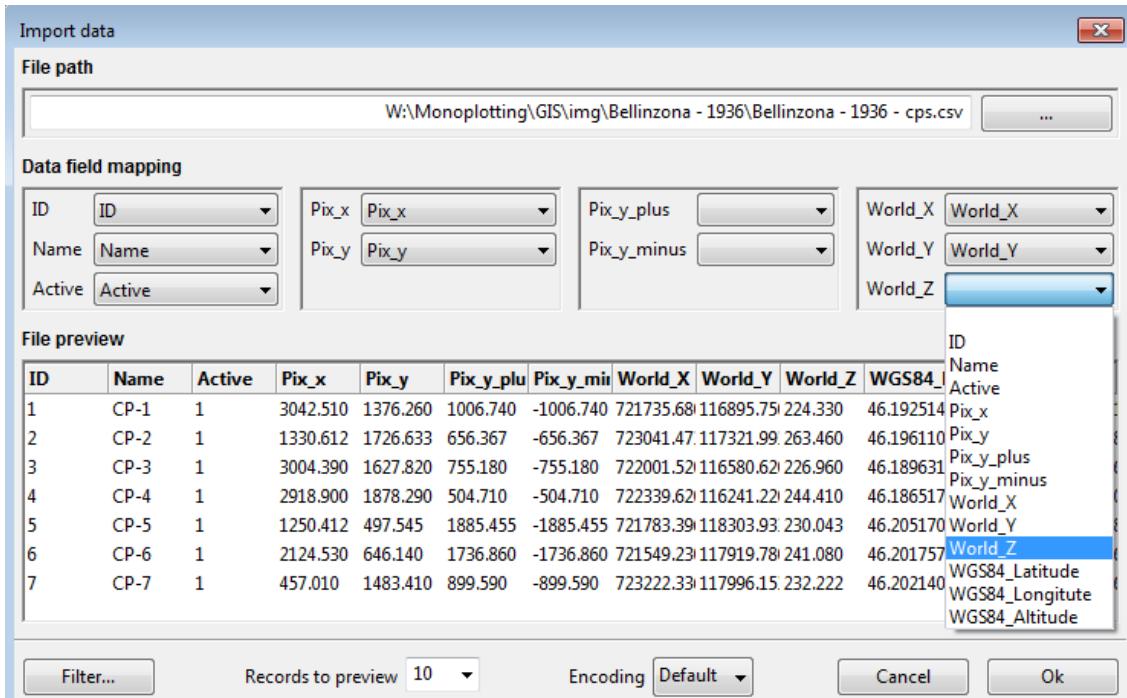


Abbildung 32 - Dialogfenster zum Importieren der Kontrollpunkte aus externen Files.

Zuerst das gewünschte Quellenfile wählen, danach die Korrespondenz zwischen den Feldern definieren (bitte insbesondere die Pixelkoordinaten beachten, siehe 4.7.1) und auf *Ok* drücken. Die Kontrollpunkte werden importiert und zu den schon existierenden hinzugefügt.

Das Exportieren von Kontrollpunkten erfolgt ähnlich.

6.7 Kamerakalibrierung

Zur Kalibrierung der Kamera sind normalerwiese 5 Kontrollpunkte nötig; Dabei muss jedoch beachtet werden, dass eine Kalibrierung mit 10 Kontrollpunkten allgemein besser ist, als eine fehlermäßig gleichwertige Kalibrierung mit 5 Punkten.

Sind einmal die Initialisierungswerte und die Kontrollpunkte definiert bzw. kopiert, kann man mit der Kalibrierungsprozedur beginnen:

1. fix the *Cx*, *Cy*, *D* parameters
2. auf den *Compute* Knopf drücken
3. bei nicht zufriedenstellenden Resultaten, den Startwert der Kameraposition definieren bzw. kopieren
4. auf den *Compute* Knopf drücken
5. wenn nötig, d.h. wenn die Kameraausrichtung verkehrt ist, den *Rf* Parameter korrigieren (siehe 6.3)
6. die Kontrollpunkte-Übereinstimmung kontrollieren und nach Bedarf eine Verbesserung beim Aktivieren, Deaktivieren oder Neudefinieren von Kontrollpunkten versuchen
7. auf den *Compute* Knopf drücken
8. den *D* Parameter offen machen
9. nach Bedarf, wieder bei Punkt 1 starten

Die Kalibrierung rechnet die Kamera-Parameters und erzeugt eine Reihe von Kalibrierungsinformationen die dem Benutzer helfen sollen, die erreichte Genauigkeit zu prüfen.

Die Informationen über die Fehler betreffen:

- Pixel-Fehler
- Winkel-Fehler
- Radius-Fehler
- Effektiver 2D-Fehler
- Effektiver 3D-Fehler

Pixel-, Winkel- und Radius-Fehler hängen nur von der Kamerakalibrierung ab (Genauigkeit der Kontrollpunkte). Die 2D- und 3D-Fehler werden auch von der Qualität vom DEM.

Im Fenster zur Kamera Definition werden diese Fehler sowohl gesamthaft (Min-, Max- und Mittelwert) wie auch Einzeln (für jeden Kontrollpunkt) wiedergegeben. Das sollte dem Benutzer eine Einschätzung der Qualität jedes Kontrollpunktes ermöglichen.

In den Geofenstern wird die Kalibrierungsprozedur graphisch veranschaulicht: Die vom Benutzer definierten Kontrollpunkte erscheinen rot-gelb, die berechneten Kontrollpunkte in blau-gelb. Im Idealfall zeigt jedes Kontrollpunkten-Paar eine perfekte Überlappung (Abbildung 34).

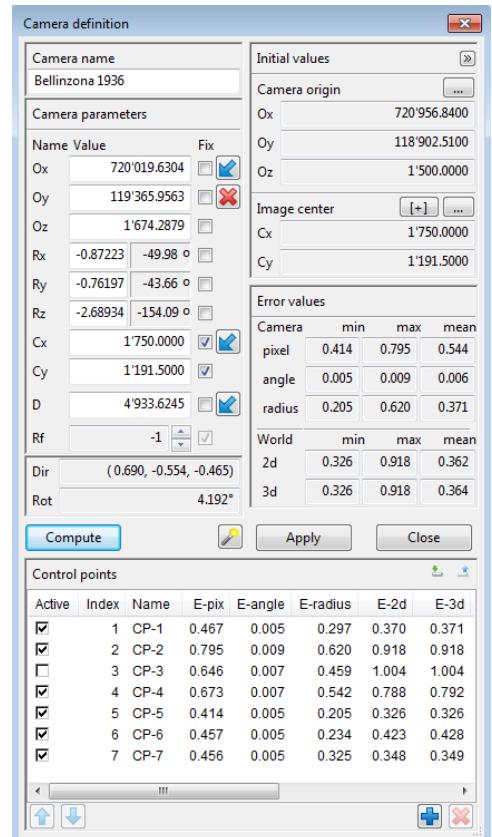


Abbildung 33 - Ergebnisse der Kamerakalibrierung.

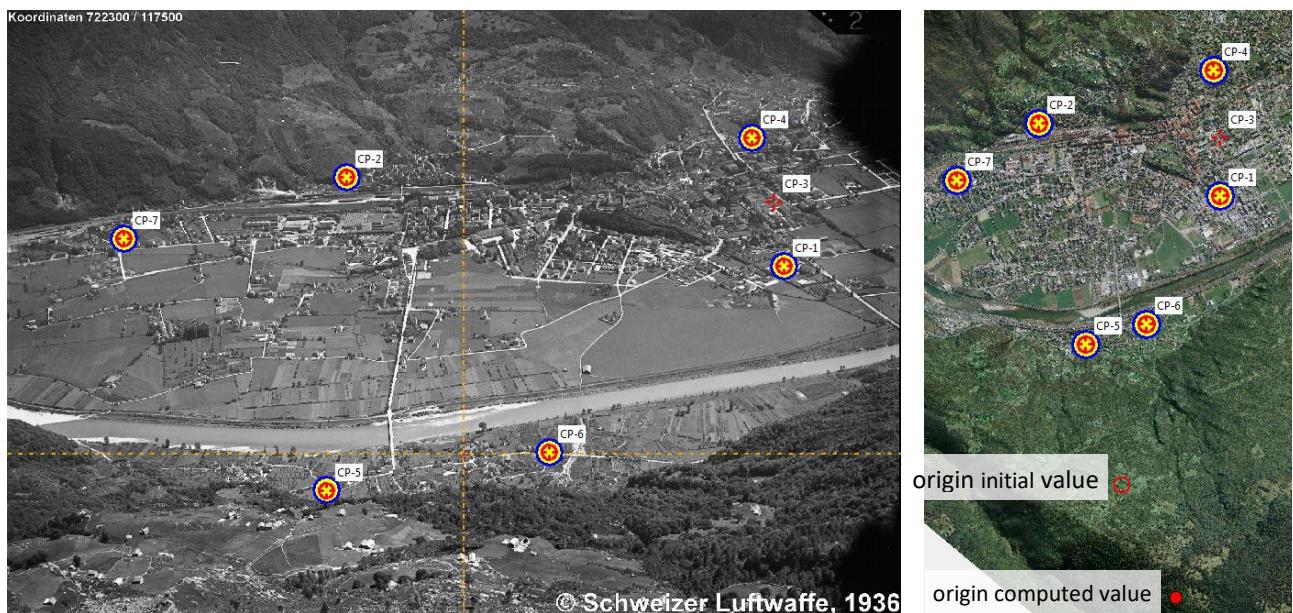


Abbildung 34 - Visualisierung der Kalibrierungsergebnisse in den Geofenstern.

6.8 Evaluation der Kalibrierungsgenauigkeit

Ausgehend aus den vom Benutzer definierten Kontrollpunkten wiedergibt die Kalibrierungsprozedur die berechneten Kontrollpunkte. Im Idealfall wären die vom Benutzer definierte Kontrollpunkte und die

entsprechende berechnete Kontrollpunkt äquivalent, d.h. die gleichen Pixel- und Weltkoordinatenwerte aufweisen.

In der Realität verursachen die Ungenauigkeiten in der Definition der Kontrollpunkte Fehler, welche unterschiedlich quantifizierbar sind: Pixel-, Winkel-, Radius, 2D- und 3D-Fehler (Abbildung 35). Eine gute Kalibrierung sollte Winkel-Fehler kleiner als 10^{-2} wiedergeben.

Es gibt jedoch keine eindeutigen Regeln zur Evaluation einer guten Kalibrierung und die Fehlerakzeptanz hängt sehr stark vom Anwendungszweck des kalibrierten Bildes ab. Um die Grenzen einer Lawine oder eines Gletschers zu bestimmen, können auch 5m-Fehler tolerierbar sein. Die geforderte Genauigkeit bei der Messung von einer Strassenbreite sollte eindeutig unter einem Meter sein.

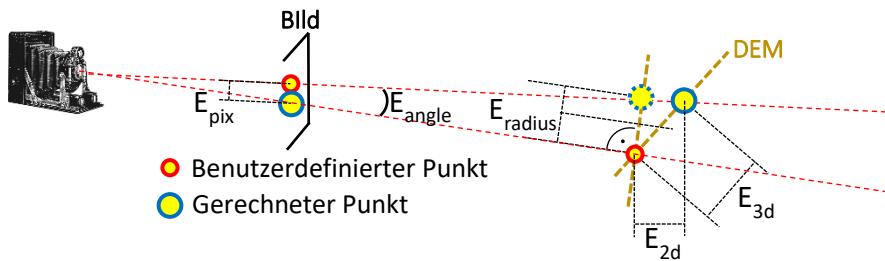


Abbildung 35 - Fehler bei der Kamerakalibrierung.

6.8.1 Pixel-Fehler

Der Pixel-Fehler ist als Pixeldistanz zwischen den benutzerdefinierten- und den berechneten Punkt auf dem Bild ersichtlich.

6.8.2 Winkel-Fehler

Der Winkel-Fehler ist der Winkel zwischen den Strahlen, die von der Kamera durch den benutzerdefinierten- und den berechneten Punkten gehen.

6.8.3 Radius-Fehler

Der Radius-Fehler ist als Distanz in Weltkoordinaten zwischen dem benutzerdefinierten Punkt und der Projektion des berechneten Punktes auf die Ebene ersichtlich, welche den benutzerdefinierten Punkt enthält und senkrecht zum Strahl der von der Kamera Position ausgeht und an denselben benutzerdefinierten Punkt führt.

Dieser Fehler hängt von der Distanz des Kontrollpunktes vom Kamera-Standort ab und nimmt mit zunehmender Distanz zu.

6.8.4 Welt 2D- und 3D-Fehler

Der 3D-Fehler ist die effektive Distanz in Welt-Koordinaten zwischen den benutzerdefinierten- und den berechneten Punkt. Der 2D-Fehler ist die Projektion des 3D-Fehlers auf der horizontalen Ebene.

7. GLOSSARY

camera: mathematical model of the camera

camera calibration: mathematical procedure to reconstruct the parameters of a physical camera, using control points

camera parameters: values needed by the mathematical model of the camera (i.e. camera origin, orientation, image center, focal length)

control bar: left section of map and photo windows allowing the configuration of the corresponding document

control points: points for which the image position (in pixel coordinates) and the corresponding real position (in world coordinates) are well known

data document: document with data, i.e. GIS objects in native (*m_data*) or shape (*shp*) format

data window: window with a data document, i.e. native (*m_data*) or shape (*shp*) data

geo window: windows with georeferenced documents, i.e. map and photo windows

map document: georeferenced document with a standard GIS map and DEM, providing tridimensional information

map window: window with a map document

MPT: WSL Monoplotting Tool

info window: lower section of the control bar, with information about the current status of the document and the mouse position, used specially for development purposes

map window: window with a photo document (*m_map*)

photo document: georeferenced document based on a photograph, a calibrated camera and a DEM, providing tridimensional information

photo window: window with a photo document (*m_photo*)

pixel coordinates: two-dimensional coordinates in pixel, representing a position on an image

statusbar: lower section on the bottom with real time information about menu selection and coordinates corresponding to the current mouse position

world coordinates: three-dimensional coordinates in a standard unit (usually meters), representing a position in the real world in a projected coordinate system

8. BIBLIOGRAPHY

- Claudio Bozzini, Patrik Krebs, Marco Conedera, 2011
“A new tool for obtaining cartographic georeferenced data from single oblique photos”
in: Pavelka, K. (ed.): XXIIith International CIPA Symposium, Prague, Czech Republic, September 12 - 16, 2011, CD-Rom, 6 p. (ISBN 978-80-01-04885-6)
[<http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/025.pdf>]
- Claudio Bozzini, Marco Conedera, Patrik Krebs, 2012
“A New Monoplotting Tool to Extract Georeferenced Vector Data and Orthorectified Raster Data from Oblique Non-Metric Photographs”
International Journal of Heritage in the Digital Era, Multi Science Publishing, Volume 1, Number 3 / September 2012, pp. 499-518 (ISSN 2047-4970, DOI 10.1260/2047-4970.1.3.499)
- Claudio Bozzini, Patrik Krebs, Marco Conedera, 2012
“Neues Tool zur Georeferenzierung von terrestrischen Schrägbildern”
Geosciences Actuel, 3/2012 - Oktober 2012, pp. 27-28 (ISSN 1662-2480)
- Roland Fischer, Claudio Bozzini, 2013
“Lire les photos comme des cartes”
Horizons - Le magazine suisse de la recherche scientifique no 96, Mars 2013
- Roland Fischer, Claudio Bozzini, 2013
“Fotos wie Karten lesen”
Horizonte – Das Schweizer Forschungsmagazin Nr. 96, p. 38, März 2013
- Marco Conedera, Claudio Bozzini, Cristian Scapozza, Lorenze Rè, Ueli Ryter, Patrik Krebs, 2013
“Anwendungspotenzial des WSL-Monoplotting-Tools im Naturgefahrenmanagement”
Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen, Vol. 164, No. 7, pp. 173-180, July 2013 (ISSN 0036-7818)
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. 2017.
Digitale Orthophotos (DOP)
[<https://www.bkg.bund.de/DE/Produkte-und-Services/Shop-und-Downloads/Digitale-Geodaten/Orthophoto/orthophotos.html>]
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo. 2016.
Georeferenzierung
[<https://www.swisstopo.admin.ch/de/wissen-fakten/karten-und-mehr/historische-kartenwerke/georeferenzierung.html>]
- Marco Conedera, Claudio Bozzini, Cristian Scapozza, Lorenze Rè, Ueli Ryter, Patrik Krebs, 2013
“Anwendungspotenzial des WSL-Monoplotting-Tools im Naturgefahrenmanagement”
Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen, Vol. 164, No. 7, pp. 173-180, July 2013
(ISSN 0036-7818)
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC. .2016.
Was sind Rasterdaten?
[<http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>]
- LANG S, BLASCHKE T. 2007
Landschaftsanalyse mit GIS. In UTB.: Geowissenschaften, Biologie, Ökologie, Agrar- und Forstwissenschaften.

Ulmer. ISBN 9783800128457.

[<https://books.google.de/books?id=VtcFMgAACAAJ>]

Cristian Scapozza, Christophe Lambiel, Claudio Bozzini, Stefano Mari and Marco Conedera, 2014
“Assessing the rock glacier kinematics on three different timescales: a case study from the southern Swiss”
Earth Surf. Process. Landforms (2014), DOI: 10.1002/esp.3599, June 2014

Christopher A. Stockdale, Claudio Bozzini, S. Ellen Macdonald, Eric Higgs, 2015
“Extracting ecological information from oblique angle terrestrial landscape photographs: Performance evaluation of the WSL Monoplotting Tool”
ScienceDirect, Applied Geography 63 (2015), pp. 315-325, September 2015

Samuel Wiesmann, Ladina Steiner, Milo Pozzi, Claudio Bozzini, Lorenz Hurni, 2012
“Reconstructing Historic Glacier States Based on Terrestrial Oblique Photographs”
AutoCarto International Symposium on Automated Cartography, Columbus, Ohio, USA, 16-18 September 2012

Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) (Hrsg.). 2016.
Digitales Geländemodell DGM
[<http://www.landesvermessung.sachsen.de/inhalt/produkte/dhm/dgm/dgm.html>]

Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) (Hrsg.). 2016.
Digitales Oberflächenmodell
[<http://www.landesvermessung.sachsen.de/inhalt/produkte/dhm/dom/dom.html>]

Stadtverwaltung der Landeshauptstadt Potsdam. 2016.
Digitales Geländemodell (DGM) / Digitales Oberflächenmodell (DOM)
[<http://vv.potsdam.de/vv/produkte/173010100000013574.php>]