

CaSuDaAn - Computerprogramm für die Analyse von Höhlenvermessungsdaten

Marco Filipponi¹

Zusammenfassung: CaSuDaAn (Cave Survey Data Analysis) ist ein Computerprogramm zur Analyse von Höhlenvermessungsdaten. Es erleichtert dem engagierten Höhlenforscher seine Höhlenvermessungsdaten auszuwerten um sein Höhlensystem besser charakterisieren und in einen Zusammenhang mit der Geologie, Hydrogeologie und Speläogenese stellen zu können.

Dieser Artikel stellt die wesentlichen Eigenheiten von CaSuDaAn vor.

Schlüsselwörter: Höhlenvermessungsdaten, Datenanalyse, Computerprogramm, Speläogenese

Einleitung

In den letzten 20 Jahren wurden immer mehr Höhlenvermessungsdaten (Länge und Orientierung der Messstrecken sowie Raumdimensionen an den Messpunkten) digital erfasst und abgelegt.

Zurzeit werden diese Daten meist lediglich verwendet um Höhlenpläne zu zeichnen, Ringschlüsse zu rechnen, gegebenenfalls noch um eine 3D-Animation des Höhlensystems zu erstellen. Weiterführende Auswertungen erfolgen nur in den wenigsten Fällen, obschon diese gute Hilfsmittel sind um Höhlenbereiche/-Systeme zu beschreiben, miteinander zu vergleichen und Erkenntnisse über deren Entstehung zu erarbeiten. Meist bleibt es bei einer Verteilung der Höhlenlängen in einem Projektgebiet, bei der Auswertung der Gangrichtungen und -Neigungen um die Orientierung der Initialfugen zu bestimmen oder bei der Auswertung der Höhenlagen der Höhlengänge um Paläoniveaus auszuarbeiten (z.B. PALMER, 1987). Jedoch lassen die Höhlenvermessungsdaten noch weitere Aussagen zu. Die Artikel von PICCINI (2011) und PARDO-IGUZQUIZA et. al. (2011) tragen verschiedene Kennzahlen zusammen, mit denen Höhlen beschrieben werden können.

Einige Höhlenvermessungsprogramme bieten eine Datenauswertung an (in der Regel Längen- und Tiefenstatistik, Rosendiagramme der Messstrecken (Richtung, Neigung) oder Höhenverteilung der Messstrecken). Die Übergabe der Vermessungsprogramme in Tabellenkalkulationsprogramme lässt eine weitere Datenauswertung zu. Geeigneter sind jedoch die verhältnismässig komplexen Mathematikumgebungen wie (z.B. Matlab, Scilab). Diese verlangen jedoch von dem Benutzer eine nicht unbedeutende Einarbeitungszeit in die Softwareumgebung und Programmiersprache. CaSuDaAn (Cave Survey Data Analysis) möchte diese Lücke füllen, in dem es die Dokumente von Höhlenvermessungsprogrammen einlesen und auswerten kann. Die Auswertung kann auf dem gesamten Datensatz oder nur einer Auswahl von Höhlenpunkten erfolgen. CaSuDaAn ist als Freeware erhältlich unter www.Bauen-im-Karst.info/CaSuDaAn.

Einige Grundsätze von CaSuDaAn

CaSuDaAn wurde in Java geschrieben wodurch es plattformunabhängig ist. Dieselbe Philosophie findet sich ebenfalls wieder beim Daten Import- und Export: importiert werden können Höhlenvermessungsdaten der üblichen zurzeit eingesetzten Vermessungsprogramme (Toporobot, Compass, OneStation, VisualTopo, Survex), der Export erfolgt als einfaches ASCII-file, das sich gut in ein anderes Auswertungsprogramm (z.B. Matlab, Scilab, GEOrient, GeolEP3D) oder von einem von einem Geografischen Informationssystem (GIS) einlesen lassen würde.

Während dem Import der Vermessungsdaten werden die einzelnen Messstrecken in Segmente (Höhlenpunkte) von 1 m Länge unterteilt (Fig. 1). Jeder Höhlenpunkt wird versehen mit seinen Raumkoordinaten, Raumlage (Richtung, Neigung) sowie Raumdimensionen. Diese Segmentierung der Messstrecken erlaubt eine höhere Auflösung der lagebezogenen Auswertungen, sowie eine Umgehung der Problematik mit der Gewichtung von Messstrecken. Dabei wird in Kauf genommen, dass das Datenhandling ein wenig schwerfälliger wird (was sich bei Höhlensystemen ab rund 80 km bemerkbar zu machen beginnt).

Die Datenauswertung beruht weniger auf der Ausgabe von Kennzahlen (z.B. Höhlenporosität) als auf der Darstellung der Werte in Diagrammen. Dadurch wird der Heterogenität eines Karstsystems Rechnung getragen, indem zum Beispiel nicht versucht wird die Zusammenhänge nur durch statistische Kennwerte zu beschreiben (z.B. reduziert auf einen Mittelwert).

Die aktuelle Version von CaSuDaAn (0.9) bietet rund 30 Auswertungen/Diagramme an. In dieser Version ist es noch nicht möglich Datenbeziehungen selber herzustellen. Diese fest vorgegebenen Analysen sollen jedoch einen schnellen Einstieg in die Datenexploration erlauben und Impulse geben um Zusammenhänge zu erstellen.

Die gezielte Auswahl von Höhlenpunkten erlaubt es relativ einfach neue Datengruppen zu bilden, die gezielt untersucht werden können (z.B. Höhlengänge entlang einer Initialfuge). Die Auswahl erfolgt anhand der Eigenschaften der Höhlenpunkte (Raumkoordinaten, Messstreckenlänge, Raumlage, Volumen, Abstand von einer Referenzfläche usw.) und/oder anhand der manueller Auswahl im 3D Modell.

¹ *Arbeitsgemeinschaft für Speläologie Regensburg*
marco.filipponi@bauen-im-karst.info

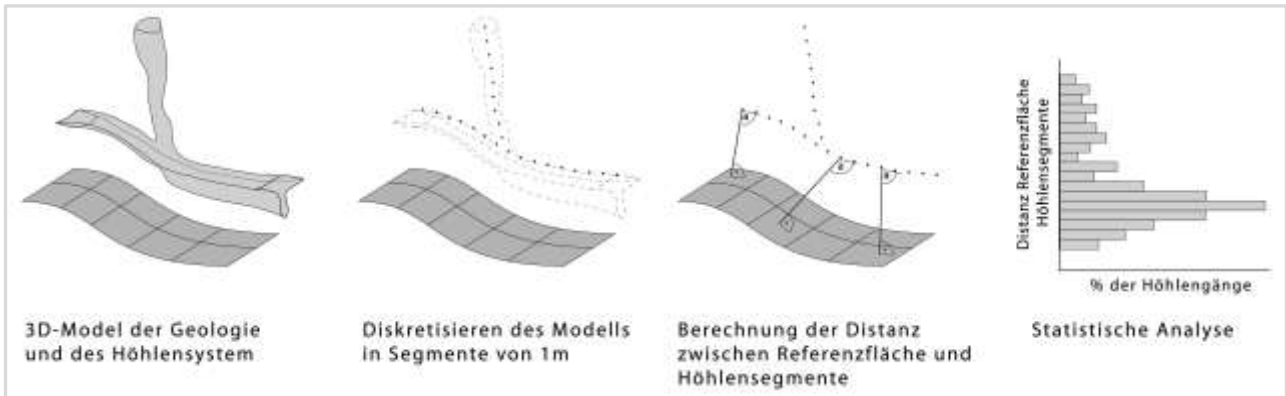


Fig 1: CaSuDaAn arbeitet mit Höhlenpunkten: Die Messstrecken werden in Segmente von 1 m Länge unterteilt (Höhlenpunkte), wobei jeder Höhlenpunkt neben den eigenen Attributen (z.B. Position) auch noch jene der dazugehörigen Messstrecke besitzt.

Der interne Aufbau von CaSuDaAn erlaubt es, das Programm modular zu erweitern mit weiteren Auswertungsarten oder mit weiteren Datenimportmöglichkeiten.

Eine Auswahl von Darstellungen in CaSuDaAn

Die aktuelle Version von CaSuDaAn 0.9 bietet rund 30 Auswertungen/Diagramme. Folgend werden einige vorgestellt.

Abstand der Höhlenpunkte von Referenzflächen:

Als Referenzflächen werden zum Beispiel geologische Trennflächen wie Schichtgrenzen oder Verwerfungen eingegeben. Diese Flächen können als Ebenen aber auch als strukturierte Flächen geladen werden (z.B. aus einem 3D-Modell). Diese Art der Auswertung wurde zum Beispiel in FILIPPONI (2009) angewendet um die Existenz von Initialfugen aufzuzeigen.

In CaSuDaAn können diese Abstände anderen Höhlenpunkt-Eigenschaften gegenüber gestellt werden: z.B. der Abstand vs. Höhenlage, wobei die speläogenetische Bedeutung von Paläoniveaus (Paläo-Horizontalhöhlenbereiche) und den Initialfugen erkannt werden kann (Fig. 2a); oder Abstand vs. Höhlengangrichtung, wobei die Bedeutung von lokalen Initialfugen erkannt werden kann (Figur 2b).

Gangdimensionen:

Eine andere Eigenschaft, die selten Beachtung findet ist die Gangdimension, also die Fläche eines Gangquerschnittes [m^2] (Fig. 3). CaSuDaAn berechnet die Gangdimensionen eines Höhlenpunktes aus den Raumdimensionen (links-rechts-oben-unten) der nächstgelegenen Vermessungspunkte unter der Annahme, dass es sich um ein Rechteckgangprofil handelt. Die so erhaltenen Raumdimensionen sind eine erste grobe Abschätzung der wahren Gangdimensionen, da nur in seltenen Fällen ein Höhlengang eine perfekte Rechteckform besitzt. Dennoch ist es eine gute Kennzahl um genetische und hydraulische Zusammenhänge zu erkennen und darzustellen.

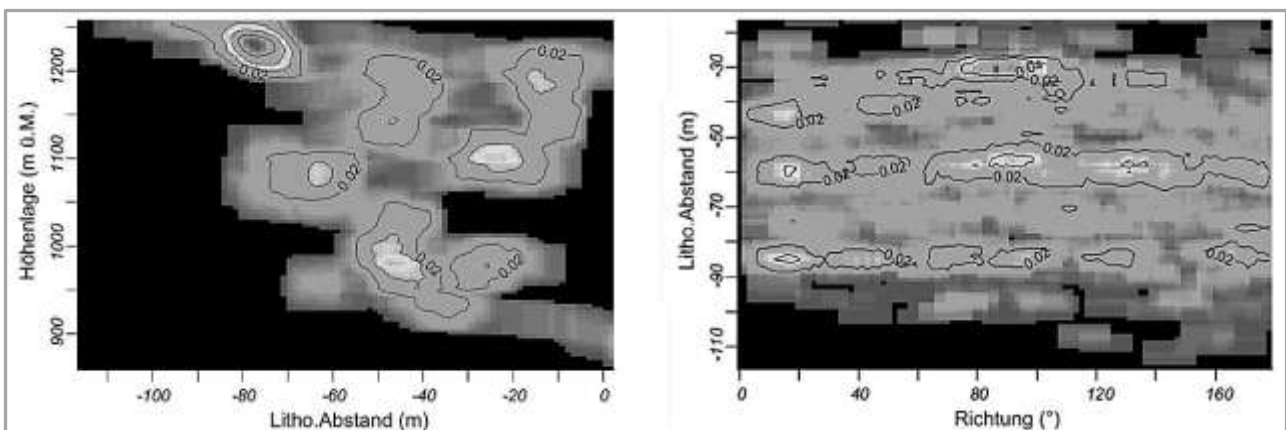


Fig. 2: Beispiele von Contourplot Darstellungen: a) Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Höhlenpunktdichte bezüglich der Höhenlage und dem Abstand von einer lithologischen Referenzfläche. b) Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Höhlenpunktdichte bezüglich Abstand von einer lithologischen Referenzfläche und der Richtung der Höhlenpunkte.

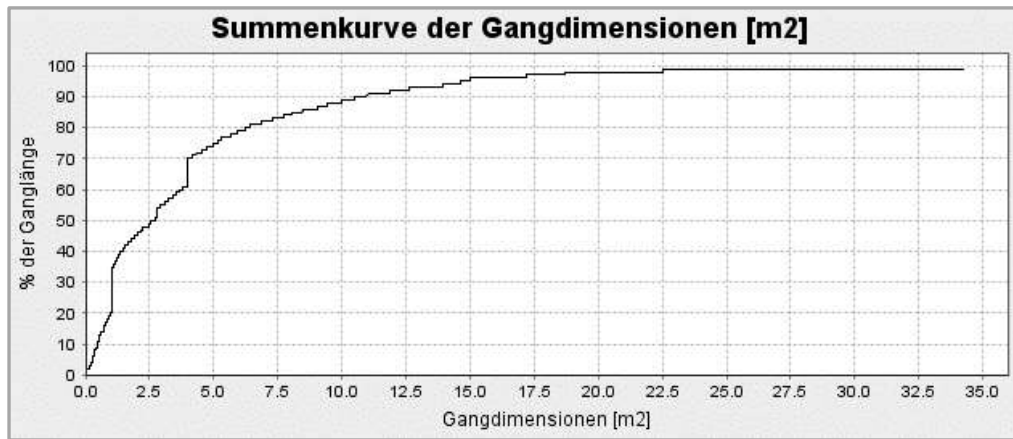


Fig. 3: Beispiel einer Summenkurve der Gangdimensionen in einem Höhlensystem. Die Auswertung der Höhlenvermessungsdaten erfolgt weitgehend anhand von Diagrammen und nur vereinzelt anhand von statistischen Kenngrößen. Dies erleichtert bei der Interpretation die Heterogenität von Karstsystemen zu berücksichtigen.

Höhlendichte und Porosität:

Für verschiedene Fragestellungen wird ein Mass für die Intensität und Art der Verkarstung eines Gebietes gesucht. Dabei wird gerne auf die Höhlengangdichte (die Anzahl Höhlenmeter in einem Gebirgsvolumen – $[m/m^3]$) oder die Höhlenporosität (das Volumen Höhle in einem Gebirgsvolumen – $[m^3/m^3]$) zurückgegriffen. KLIMCHOUK (2005) zeigte in seinem Artikel die Schwierigkeiten bei der Bestimmung dieser Kennzahlen, respektive bei der Bestimmung des als relevant zu betrachtenden Gebirgsvolumens um eine Höhle. CaSuDaAn erlaubt es einfach verschiedene Gebirgsvolumen-Annahmen mit einander zu vergleichen (z.B. orthogonaler Quader um die Höhle, rotierter Quader um die Höhle, hexagonaler Körper um die Höhle) und für die jeweilige Fragestellung anzupassen. Neben den starren statistischen Kennwerten bietet das Tool weitere Darstellungsarten an, wie zum Beispiel die Verteilung der Höhlenpunktdichten in einem Gebirgsvolumen einerseits im Raum (Fig. 4a), andererseits als

Summenkurve der Anzahl an Gebirgsvolumen mit einer gewissen Anzahl von Höhlenmetern (Fig. 4b).

Schlussbemerkung

CaSuDaAn (Cave Survey Data Analysis) ist ein Computerprogramm zur Auswertung von Höhlenvermessungsdaten hinsichtlich speläologischen, morphologischen sowie hydrologischen Fragestellungen. Das Programm liest die Dokumente von den verbreitetsten Höhlenvermessungsprogrammen ein und wertet sie bezüglich vorgegebener Datenbeziehungen aus. Das Programm füllt die Lücke zwischen den Höhenvermessungsprogrammen und den professionellen Statistik- und Mathematikprogrammen. Das Tool erlaubt es in wenigen Schritten die Beziehungen zu erkunden und zu erkennen auch ohne vertiefte Kenntnisse in Mathematik und Statistik. Deshalb erfolgt ebenfalls die Auswertung weitgehend in der Form von Diagrammen und nur vereinzelt durch die Angabe von statistischen Kenngrößen (z.B. Mittelwert, Standardabweichung).

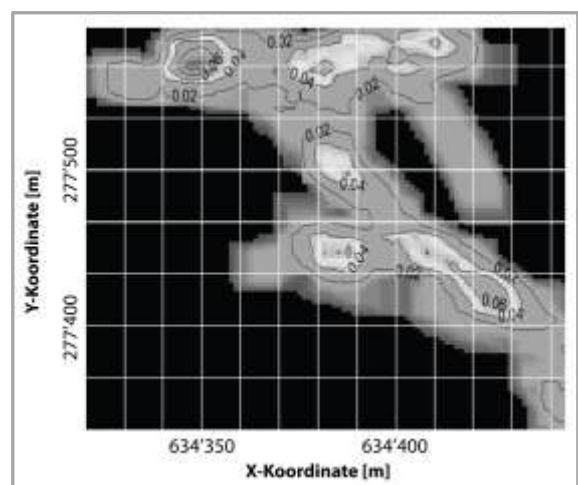
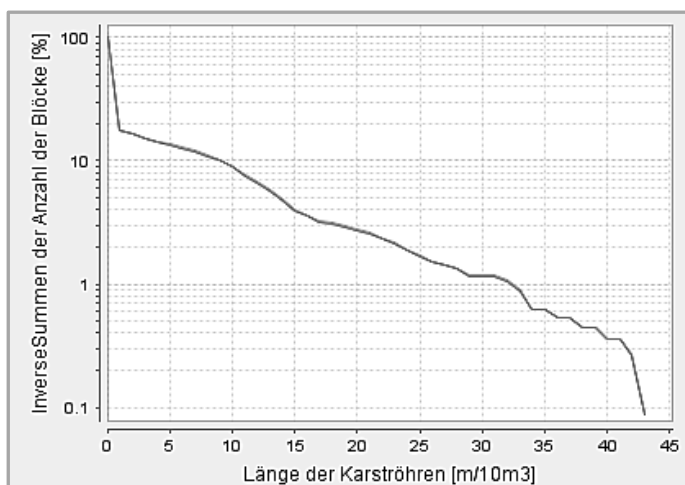


Fig. 4: Darstellung der Höhlendichte in CaSuDaAn: a) (Inverse-)Summenkurven-Darstellung der Verteilung der Höhlendichten in Gebirgsvolumen von $10 m^3$. b) Contourplot-Darstellung der Höhlenpunktdichten in der X-Y-Ebene.

CaSuDaAn kann bei der Auswertung von Einzelhöhlen aber auch von ganzen Karstgebieten angewendet werden. Höhlensysteme bis rund 120 km konnten erfolgreich auf einmal ausgewertet werden (bei längeren Höhlen wird die Rechenzeit mühsam lange). Eine Stärke des Programms ist die einfache Ausscheidung von Höhlenpunkten in "Homogenbereiche", die auszuwerten sind.

CaSuDaAn ist modular aufgebaut und wird weiterentwickelt. Einerseits wird am Code gefeilt, damit die Auswertung von längeren Höhlensystemen (>80 km) flüssiger wird; andererseits werden neue Auswertungs- und Darstellungsarten eingefügt (z.B. gleichzeitige Darstellung von mehreren Höhlenpunktauswahlen, Korrelation zwischen den Auswahlen).

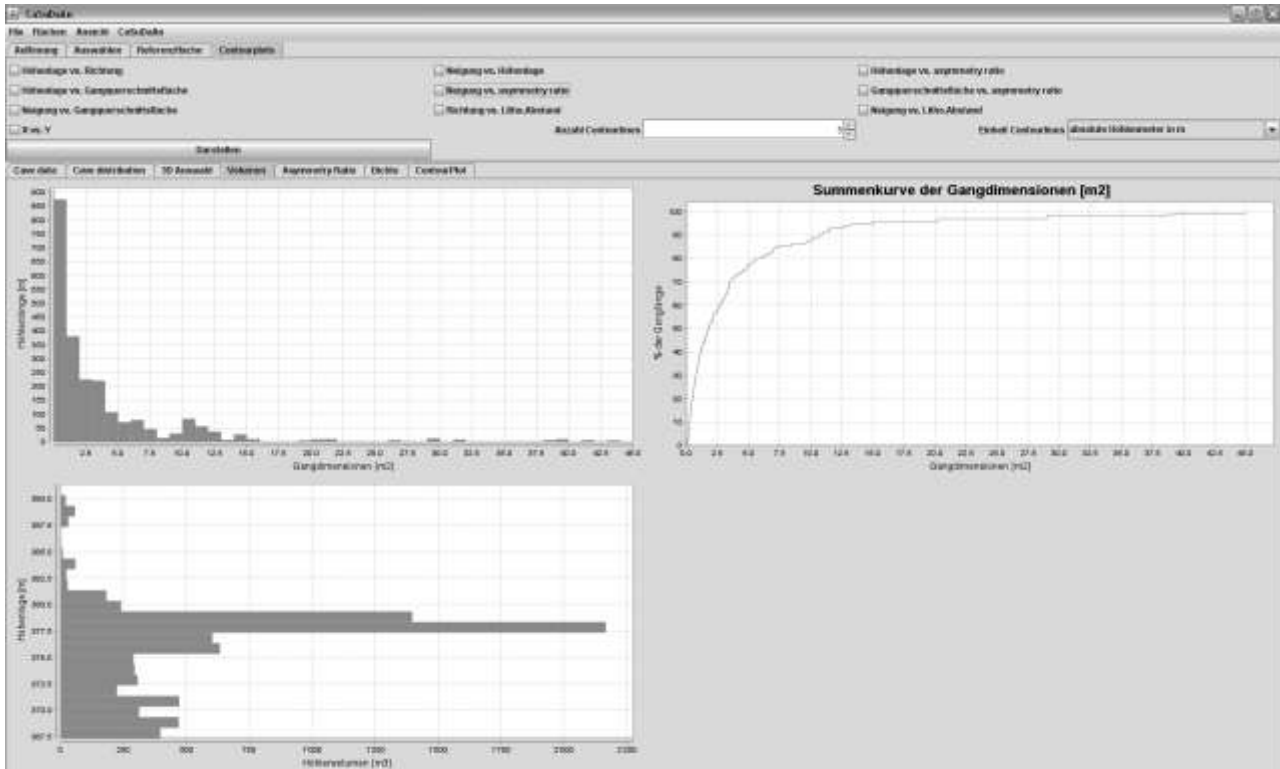


Fig. 5: Printscreen-Beispiel aus CaSuDaAn 0.9.

Literatur

- FILIPPONI M. (2009): Spatial analysis of karst conduit networks and determination of parameters controlling the speleogenesis along preferential lithostratigraphic horizons. PhD-Thesis, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- KLIMCHOUK A. (2005): Unconfined versus confined speleogenetic settings: variations of solution porosity. International Journal of Speleology 35 (1), 19-24.
- PALMER A.N. (1987): Cave levels and their interpretation. Bulletin of the National Speleological Society of America 49, 50-66.
- PARDO-IGUQUIZA E., DURÁN-VALSERO J.J., RODRÍGUEZ-GALEANO V. (2011): Morphometric analysis of three-dimensional networks of karst conduits. Geomorphology 132(1-2), 17-28.
- PICCINI L. (2011): Recent developments on morphometrical analysis of karst caves. Acta Carsologica 40(1), 43-52.