

Die ältesten Höhenmessungen in der Basler Landschaft : Daniel Bernoullis Expedition auf die Wannenfleue im Mai 1755

Autor(en): **Rickenbacher, Martin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Basler Zeitschrift für Geschichte und Altertumskunde**

Band (Jahr): **101 (2001)**

PDF erstellt am: **03.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-118439>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die ältesten Höhenmessungen in der Basler Landschaft

Daniel Bernoullis Expedition auf
die Wannенflue im Mai 1755

von

Martin Rickenbacher

Die horizontale Ausdehnung des alten Kantons Basel wurde schon im 17. Jahrhundert von den Geometern Hans Bock, Jakob und Georg Friedrich Meyer in Form von Plänen und Karten dargestellt¹. Die Höhenverhältnisse der Landschaft mit ihren Bergen, Hügeln und Tälern waren in diesen Werken – wie auch in den anderen Landkarten jener Zeit – hingegen nur andeutungsweise wiedergegeben, und zuverlässige Angaben zur vertikalen Ausdehnung des Gebietes fehlten noch gänzlich. Die Gründe für diese Vernachlässigung der dritten Dimension lagen hauptsächlich im Fehlen entsprechender Messmethoden. Wohl wäre es bereits damals möglich gewesen, mit Hilfe der Trigonometrie die Höhen von Objekten mit direkter Sichtverbindung zu ermitteln. Aber erst mit der Entwicklung der Barometrie, der Messung des Luftdrucks, wurden wichtige Grundlagen für die grossflächige Bestimmung von Höhen geschaffen. Überdies waren auch die graphischen Gestaltungsmittel zur Wiedergabe der Höhenverhältnisse in Karten und Plänen noch nicht ausgereift.

Nach der Erfindung des Barometers durch Torricelli im Jahre 1643 wurde ein solches Instrument bereits 1648 durch Blaise Pascal (1623–1662) erstmals zu Höhenbestimmungen am 1485 m hohen Puy-de-Dôme westlich von Clermont-Ferrand eingesetzt². In der Schweiz gehen die ältesten Höhenmessungen auf den Zürcher Naturforscher Johann Jakob Scheuchzer (1672–1733) zurück, der

¹Zu den Arbeiten dieser Geometer siehe Burckhardt, Fritz: Über Pläne und Karten des Basel-Gebietes aus dem 17. Jahrhundert, in: Basler Zeitschrift für Geschichte und Altertumskunde, 5. Band, S. 291–360, Basel 1906, und Suter, Paul: G. F. Meyer, ein Basler Kartograph des 17. Jahrhunderts, in: Der Schweizer Geograph, 5. Heft, S. 119–125, und 6. Heft, S. 137–148, Bern 1933.

²Klemm, Friedrich: Die Frühgeschichte der barometrischen Höhenmessung, in: Optische Rundschau, Schweidnitz, Jg. 1926, Nr. 14 und 16–18.

auf seinen Gebirgsreisen barometrische Beobachtungen durchgeführt und diese ab 1706 in der «Beschreibung der Naturgeschichten des Schweizerlands» und in anderen Werken veröffentlicht hatte. In Scheuchzers «Beschreibung des Wetter-Jahrs» 1731 wurden die Mittelwerte von Barometer-Beobachtungen aus Basel für die Monate März bis Dezember publiziert. Aus dem Mittel von 26 Zoll 10 $\frac{1}{8}$ Linien (726.7 mm) wurden die Meereshöhen nach drei verschiedenen Hypothesen abgeleitet: Nach den Formeln des französischen Physikers Mariotte (1620–1684) solle die Stadt 283 m über Meer liegen, nach Cassini 295 m und nach Scheuchzer 289 m³.

Währenddem die Meereshöhe von Basel bereits mit einer relativ geringen Bandbreite feststand, lagen für das übrige Kantonsgebiet noch keine solchen Werte vor. Dies änderte sich mit dem «Versuch einer Beschreibung historischer und natürlicher Merkwürdigkeiten der Landschaft Basel», welcher zwischen 1748 und 1763 vom Basler Chronisten Daniel Bruckner (1707–1781) herausgegeben wurde. Das 1755 erschienene «XIII. Stück: Von Waldenburg» enthält eine «Abhandlung von der Höhe der in vorstehendem Stücke beschriebenen Orte, welche der in den höhern Wissenschaften so sehr berühmte und in der gelehrten Welt bekannte Herr Doctor und Professor Daniel Bernoulli uns gütig mitteilen wollen.»⁴ Es dürfte sich dabei um die ältesten Höhenmessungen in der Basler Landschaft handeln⁵.

Bernoullis «Abhandlung von der Höhe»

Verfasser dieser «Abhandlung» war der berühmte Daniel Bernoulli (1700–1782), zehnfach ausgezeichneter Preisträger der Pariser Akademie für physikalische und technische Arbeiten, ab 1733 Professor

³Scheuchzer, Johann Jakob: Beschreibung des Wetter-Jahrs MDCCXXXI, Tabelle B, Altitudines Mediae Barometri und Altitudines Supra Mare reducta ad Hexapodas et pedes Parisinos. Ex Hypothesi Mariotti, Cassini, Joh[anni] Sch[euchzeri], Zürich 1732.

⁴Bernoulli, Daniel: Abhandlung von der Höhe der in vorstehendem Stücke beschriebenen Orte, welche der in den höhern Wissenschaften so sehr berühmte und in der gelehrten Welt bekannte Herr Doctor und Professor Daniel Bernoulli uns gütig mitteilen wollen, in: Bruckner, Daniel: Versuch einer Beschreibung historischer und natürlicher Merkwürdigkeiten der Landschaft Basel, 13. Band, S. 1531–1539, Basel 1755.

⁵Der vorliegende Beitrag entstand im Rahmen einer grösseren Arbeit über die Vermessung der Basler Landschaft. 16. bis 19. Jahrhundert. Er beruht auf dem Forschungsstand vom März 2001.

für Anatomie und ab 1750 Inhaber des Lehrstuhls für Physik an der Universität Basel⁶. Er hatte sich bereits im Rahmen seiner Arbeiten zur «Hydrodynamica», seinem 1738 erschienen Hauptwerk, das seinen Weltruf begründete, auch mit praktischen Fragen aus dem Gebiet der Meteorologie beschäftigt, wie etwa der Schwankung des Luftdrucks und der Temperatur. Unter dem Titel «Diverses reflexions concernant la physique generale» hatte er in den «Acta Helvetica», einer in Basel herausgegebenen wissenschaftlichen Publikationsreihe, in den Jahren 1751 und 1755 seine Überlegungen zu barometrischen Höhenmessungen weiter vertieft⁷.

Bei der «Abhandlung» in Bruckners «Merkwürdigkeiten» handelt es sich um eine praktische Anwendung derselben Materie⁸. Bernoulli schreibt, er habe am 13. Mai 1755 eine kleine Reise von Basel über Waldenburg und Langenbruck auf die Wannенflue unternommen und dabei – mit Bezug auf Scheuchzer – Höhenmessungen vorgenommen, weil er «begierig war zu wissen, wie sich das Erdreich von Basel an gegen der Schweiz nach und nach erhebe und eben dises konnte ich durch meine vorhabende barometrische Betrachtungen ziemlich genau bestimmen.»

Vor seiner Abreise ermittelte Bernoulli die Höhe des Quecksilbers in Basel zu 27 Pariser Zoll (730.9 mm)⁹. In Waldenburg stand es 25 Zoll 8 Linien (694.8 mm) hoch, und in Langenbruck, dem Etappenziel des ersten Tages, noch 25 Zoll (676.7 mm). Am anderen Tag erwies sich der Barometerstand als unverändert; bis auf die Wannенflue fiel der Druck nochmals um 12 ¼ Linien auf 23 Zoll 11 ¾ Linien (649.1 mm).

Um von diesen Barometerablesungen zu den eigentlichen Höhenwerten zu gelangen, muss der sogenannte Druckgradient bekannt sein, also die Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe. «Das Quecksilber in dem Barometer wird in seiner Höhe

⁶Zu Daniel Bernoulli siehe Wolf, Rudolf: Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz, dritter Cyklus, S. 151–202, Zürich 1860.

⁷D[aniel] Bernoulli, Diverses reflexions concernant la physique generale, in: Acta Helvetica I (1751), S. 33–42; II (1755), S. 101–113.

⁸Daniel Bernoullis Vorwort in Vol. II der «Acta Helvetica» ist per 1. Februar 1755 datiert. Daraus darf geschlossen werden, dass der zweite Teil der «Diverses reflexions» vor der «Abhandlung» in den «Merkwürdigkeiten» erschienen ist. Bruckner publizierte 1755 das 12., 13. und 14. Stück; da die im 13. Stück beschriebene Reise auf die Wannенflue erst im Mai stattfand, darf davon ausgegangen werden, dass dieser Band im 3. Quartal erschienen ist.

⁹Bernoulli benutzte das französische Masssystem mit folgenden Einheiten: 1 pied du Roi (Fuss oder Schuh, 0.3248394 m) war in 12 pouces (Zoll, 0.0270699 m) zu 12 lignes (Linien, 0.00225583 m) unterteilt. (Furrer, A[lfred]: Volkswirtschafts-Lexikon der Schweiz, Band 2, S. 369, Bern 1889).



Abhandlung
 von der
 Höhe der in vorstehendem Stücke
 beschriebenen Orte, welche der in den höhern
 Wissenschaften so sehr berühmte und in
 der gelehrten Welt bekannte Herr Do-
 ctor und Professor Daniel BER-
 NOULLI uns gütig mitteilen
 wollen.

Abb. 1: Der Titel des Berichtes von Daniel Bernoulli in Bruckners «Merkwürdigkeiten».

erhalten durch die Schwäre der Luft, welche auf die Fläche des in der untern Kapsel befindlichen Quecksilbers drücket; wie höher man also mit dem Barometer steigt, wie mehr nimmt die darauf liegende Luft ab und muss das Quecksilber in dem Barometer fallen.» Bernoulli bezeichnet drei Einflüsse, welche für die «Veränderlichkeit der Schwäre der Luft» verantwortlich seien: Erstens die «Ausdünstungen», welche die Luft beladen würden. Dieser Einfluss sei aber sehr klein. Zweitens die Temperatur, indem die Kälte die Luft schwerer mache, und «drittens ist die Luft um so dicker oder dünner, als sie mehr oder weniger Luft auf sich liegen hat: Je höher man also steigt, je dünner muss die Luft werden und je höher muss man steigen, um das Quecksilber noch eine Linie fallen zu machen.»

Diesen Druckgradienten leitete Bernoulli aus eigenen Versuchen in Basel ab. Bei mittlerer Temperatur – und eine solche habe anlässlich der Expedition geherrscht – müsse man 80 Pariser Fuss (26 m) hoch steigen, damit das Quecksilber im Barometer um eine Linie (2,2 mm) fallen würde. Diesen Wert könne man für die Höhendifferenz von Basel nach Waldenburg verwenden. «Weil aber die Luft beständig verdünnt wird, wie höher man steigt, so folget daraus dass für die 2te Linie schon ein klein wenig mehr als 80 Schue, noch mehr für die dritte Linie wurde erfordert werden.» Dieses «klein wenig mehr» schätzte Bernoulli ab und fand folgende Höhendifferenzen:

Basel – Waldenburg	1280 Pariser Fuss	(416 m)
Waldenburg – Langenbruck	672	(218 m)
Langenbruck – Wannenflue	1078	(350 m)

Die Höhendifferenz der gesamten Strecke beträgt somit 984 m.

Bernoulli setzte seine Höhenmessungen mit den mittleren Barometerständen von Strassburg (27 Zoll 6 Linien) und von Amsterdam (28 Zoll) in Beziehung¹⁰, wohl um sie dadurch in einen grösseren Zusammenhang stellen zu können. Er leitete daraus ab, dass Basel 462 Fuss (150 m) höher als Strassburg liege, und diese Stadt wiederum 462 Fuss (150 m) über Amsterdam. Er gibt also streng genommen nicht absolute Höhenwerte über Meer an, sondern Höhendifferenzen gegenüber Amsterdam. Aufgrund seiner Bemerkung über die Zunahme der Gefälle «vom Meer bis an den Ort

¹⁰Bernoulli gibt nicht an, woher diese Werte stammen.

[Waldenburg] wo die Schweitzer-Gebürge ihren Anfang nehmen», darf aber geschlossen werden, dass er die Ermittlung von «Höhen über Meer» ermöglichen wollte, ohne jedoch diese selbst anzugeben. Durch Summierung obiger Höhendifferenzen erhält man folgende «Meeres»-Höhen:

Basel	924	Pariser Fuss	(300 m)
Waldenburg	2204		(716 m)
Langenbruck	2876		(934 m)
Wannenflue	3954		(1284 m)

Schliesslich berechnete Bernoulli noch, «wie gross die mittlere Ansteigung des Wegs sey von einem Ort auf den anderen», und er fand als mittlere Neigungswerte «für jede 1000 Schue Wegs von Amsterdam bis Strassburg ungefähr 3 Zolle [d.h. 0.025 %], von Strassburg auf Basel ungefähr 1 Schue 2 Zolle [0.117 %], und von Basel auf Waldenburg ungefähr 14 Schue [1.4 %], woraus man sihet, wie die Natur das Erdreich von dem Meer bis an den Ort wo die Schweitzer-Gebürge ihren Anfang nehmen, nach und nach sich mehrers erhebet.»



Abb. 2: Übersichtskarte ca. 1:600'000 mit der Lage der vier Höhenmessungen vom Mai 1755. Bernoulli gibt an, die Distanz von Basel nach Waldenburg betrage 90'000 Französische Schuhe (29,2 km) und von dort bis Langenbruck 10'000 Schuh (3.2 km).

Am Schluss der «Abhandlung» wurde noch eine geophysikalische Frage angeschnitten. Seine Reisegefährten seien mit der Absteckung einer geraden, von Nordwesten gegen Südosten verlaufenden Grenzlinie beschäftigt gewesen und hätten auf verschiedenen Stationen «Abweichungen der Magnetnadel»¹¹ zwischen 30 und 17 1/2 Graden gefunden, währenddem dieser Wert zur Zeit in Basel 15 Grad 30 Minuten betrage. «Hieraus lässt sich richtig schliessen, dass das ganze Erdreich mit Eisen oder vielleicht auch mit Magnetminen angefüllt seye.»

Erst diese Schlussbemerkung enthält einen Hinweis auf die Frage, warum diese Reise ausgerechnet auf die Wannenfleue unternommen wurde. Der Grund für die Expedition waren nämlich nicht die Höhenmessungen, sondern ein Grenzstreit zwischen Basel und Solothurn, bei welchem Bernoulli als Experte zugezogen wurde.

Der Auslöser der Expedition: Der Grenzstreit um die Wannenfleue

Der Verlauf der Grenze zwischen den Ständen Basel und Solothurn war im Gebiet der Wannenfleue seit langer Zeit streitig. Schon 1531 sind entsprechende Verhandlungen belegt¹². In den Jahren 1620–21, als der Maler und Feldmesser Hans Bock im Auftrag der Regierung die ganze Basler Grenze geometrisch aufnehmen musste¹³, wurde das Konfliktgebiet erstmals in einem Plan dargestellt¹⁴. Der «Lohnherr» (Stadtingenieur) Jakob Meyer erstellte sodann 1666 eine «Delineatio und Verzeichnuss der beiden Wannenfleuen ob Langenbruck theils uff Baslerischem theils Sollothurnischem Territorio gelegen, sambt kurzem Bericht über ihren Streit und Zankh Brunnen»¹⁵. Doch selbst diese Unterlagen vermochten keine Klar-

¹¹Mit der «Abweichung der Magnetnadel» ist die sogenannte Deklination gemeint, die Abweichung zwischen den Richtungen auf den magnetischen und auf den geographischen Nordpol, welcher durch die Rotationsachse der Erde definiert wird. Sie wird einerseits durch die in längeren Zeiträumen erfolgende Bewegung des magnetischen Pols beeinflusst, andererseits durch das lokale Magnetfeld, welches sich aus der Verschiedenartigkeit der Gesteinsarten ergibt. Bernoulli gibt nicht an, wie die geographische Nordrichtung bestimmt wurde.

¹²UB BS, Handschriften, H V 123 (Grenzbuch des löbl. Standes Basel. Handschriftlich aufgezeichnet durch Herrn Dreyerherrn Rudolf Staehelin 1791), S. 153. Eine praktisch identische Aufzeichnung von Andreas Buxtorf befindet sich unter C IX 48.

¹³Burckhardt (wie Anm. 1), S. 298 f.

¹⁴StABL, Planarchiv, A 56.

¹⁵StABL, Planarchiv, A 56a.

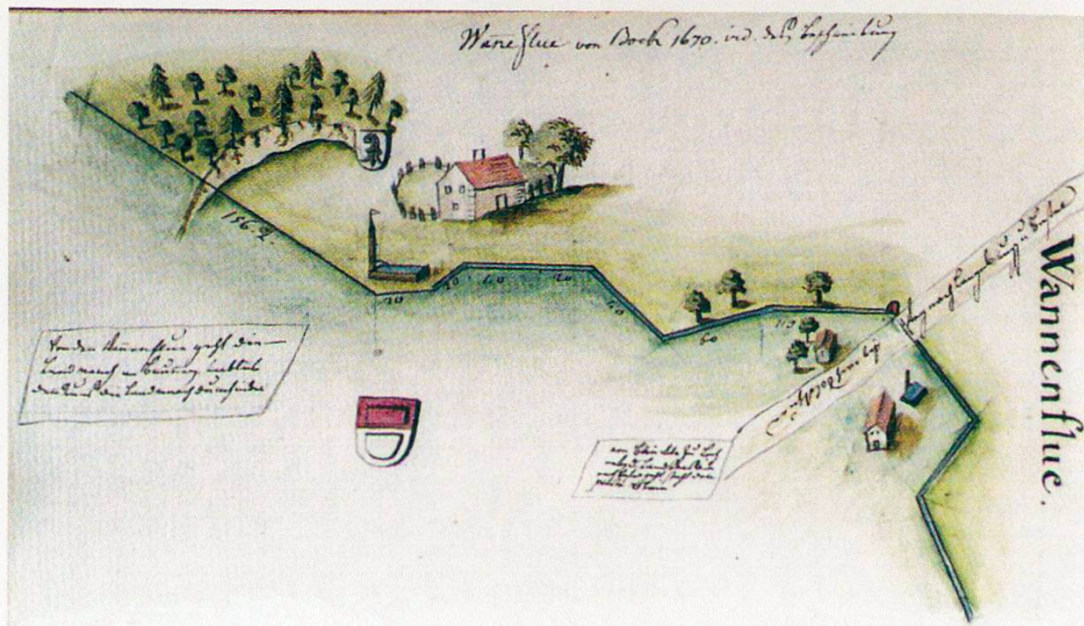


Abb. 3: Das älteste Plandokument zum Grenzstreit: Bocks Vermessung östlich der Wannensflue von 1620/21 in einer Kopie von 1791. Der umstrittene, vom Brunnen nach Nordwesten verlaufenden Grenzabschnitt ist im linken oberen Teil erkennbar.

heit zu bringen, und die Verhandlungen zogen sich über lange Jahre dahin.

Im Juni 1753 wurde von den Basler Deputierten zu diesem Grenzgeschäft¹⁶ der Ingenieur und Geometer Johann Jakob Fechter (1717–1797) beigezogen, «allervordrist um zu sechen, wie der Mahler und Feldmesser Bock (welcher in dem Jahre 1620 und 1621 eine Beschreibung und Abzeichnung aller Gräntzsteine verfertigt [...]) gemässen und gerechnet habe»¹⁷. Fechter mass eine Anzahl Kontrolldistanzen zwischen eindeutigen Punkten, verglich sie mit Bocks Resultaten und stellte grössere Abweichungen fest. An der Konferenz vom 22. Oktober 1753 konnte man sich mit den Solothurnern ein weiteres Mal nicht einigen¹⁸.

¹⁶Basels Interessen wurden in der fraglichen Zeit durch Deputat Stupanus und Oberst Burckhardt wahrgenommen.

¹⁷StABL, Altes Archiv, Lade L 132, Band 681, No. 6, S. 52 («Bericht über die Ausmässung auf der Wannensflue durch Herrn Fechter»).

¹⁸Stahelin (wie Anm. 12), S. 192.

Zur Vorbereitung einer weiteren Verhandlung erwog der Dreizehnerrat¹⁹ am 25. März 1755, dass von den Deputierten auf privater Basis vor Ort ein Augenschein genommen werden sollte, um eine geeignete Grenzlinie zu suchen²⁰. An der Sitzung vom 15. April wurde der Entwurf einer entsprechenden Instruktion verabschiedet und bekräftigt, dass der Augenschein nur privaten Charakter haben dürfe. Es werde aber dem einen oder beiden Deputierten überlassen, einen Feldmesser nach Gutbefinden mitzunehmen²¹. Der Kleine Rat segnete diesen Vorschlag bereits am folgenden Tag ab und ordnete an, «dass etliche Wochen vor der Conferentz auf dem streitigen Bezirck selbst eine des Standes Rechten angemessene Gränzlinie ausgesucht und darüber relatirt [berichtet] werde»²². Damit war die Grundlage für die Expedition auf die Wannenfleue gegeben.

Von Bauern auf hohen Tannen: Bernoullis Ausmessung der Wannenfleue

Der «offizielle» Deputierte, der an dieser privaten Expedition teilnahm, war der bereits erwähnte Daniel Bruckner, der Herausgeber der «Merkwürdigkeiten». Er war damals «Ingrossist» in der Staatskanzlei und als solcher für die Protokollführung und die Kanzleikasse zuständig. Der Dreizehnerrat hatte ihn am 29. März 1753 zum Schreiber in Sachen Wannenfleue ernannt²³. Bruckner scheint Daniel Bernoulli als Experten beigezogen zu haben. Auf jeden Fall findet sich in den Akten kein Hinweis, dass der Physiker direkt vom Rat zu diesem Geschäft aufgeboten worden wäre. Dritter im Bunde war Ingenieur Fechter, der mit dem Fall bereits vertraut war und als Geometer die eigentlichen Messungen vornahm.

Über den Verlauf der Kampagne gibt das sechsseitige «Journal und Ausmässung von H[errn] Prof: Daniel Bernoulj» detailliert Auskunft²⁴. Der Physiker schildert in diesem Bericht auf sehr anschauli-

¹⁹Der Dreizehnerrat (Geheimer Rat) war ab 1533 die eigentliche «Regierung» mit einem unbeschränkten Geschäftskreis, insbesondere in der Aussenpolitik (Alioth, Martin; Barth Ulrich; Huber Dorothee: Basler Stadtgeschichte 2, S. 73, Basel 1981). Zu seinen Aufgaben gehörten insbesondere der Entwurf von Instruktionen für die Tagsatzungsgesandten und für die Deputierten in Grenzangelegenheiten. Heute würde man von einer vorberatenden Kommission sprechen.

²⁰StABS, Protokolle C 1, 3 (Dreizehnerrat), S. 419v.

²¹StABS, Protokolle C 1, 3 (Dreizehnerrat), S. 420.

²²StABS, Protokolle Kleiner Rat 128 (1755), S. 110v.

²³StABS, Protokolle C 1, 3 (Dreizehnerrat), S. 387.

²⁴StABL, Altes Archiv Lade L 132, Band 681, No. 8, fol. 17ff, in der Handschrift Daniel Bernoullis.

A. 1755.

Ms. alle nicht sind
in decimal offen 8^{te}
notieren worden, denn
sich eine nicht auf
nehmen.

Den 13^{ten} may sind wir Aufbruch sind wir vorrückt
und sind 8^{te} in Lungen bündel angekommen.
Den folgenden tag sind 7^{te} sind wir in die neuen Lungenfließ
gegangen und haben uns allerorts in den dortigen Lungen
begonnen. Diese Lungen sind durch den Funken u. angebracht.
Von diesen puncten sind wir zu dem puncten a. sieben stunden
weit gegangen bis zu dem puncten a, von welchem ort man die
ganzes neue Lungen bestimmet haben und betrachtet. Die
die Lungen sind bei dem puncten b r s angebracht, so
wie die Lungen die geometrische abmessungen ist gegeben
und nicht gezeichnet worden. Die b. sind sieben stunden
von der Lungen fließ; von diesen puncten b r s
geht die Lungen fließ; nichtwärts aber sind sieben stunden
in c. ein gewicht, dessen gewicht nicht mehr fest ist und
mit nicht einen Winkel bei dreißig und ein halbes grade
Anzahl. Die puncten b. ist die letzte gewicht bei dem selben
Lungen sind bei dem gewicht, von welchem die Lungen
angebracht sind. Die Lungen sind bei dem puncten
angebracht auf drei stunden, nämlich mit b r und r s. Die
Lungen sind sieben stunden Winkel mit einander.
aus diesen Winkel bei dem ort r. ist die Lungen
nicht den das die Lungen sind sieben stunden. Die Lungen
s. ist die Lungen sind sieben stunden und ist gleiches ort gleiches
in s. Lungen ein Lungen sind sieben stunden und ist gleiches ort gleiches
die extremität bei der Lungen Lungen fließ. Die Lungen
die Lungen sind sieben stunden Lungen fließ, obgleich die Lungen
ist die Lungen sind sieben stunden Lungen fließ; und
Lungen bei allen Lungen sind sieben stunden Lungen fließ.
Den folgenden tag sind wir von dem puncten b. r s. und s.
in consideration Lungen fließ, haben wir fünf gut
bestimmen sind sieben stunden zu determinieren. Die Lungen
und haben wir sieben stunden Winkel sind sieben stunden b a und r a ab,
gewicht sind sieben stunden bei 22 grad 30 minuten.
aufgezeichnet haben wir auf dem Winkel sind sieben stunden r a und
s a gewicht sind sieben stunden bei 10 grad 45 minuten.
sind sieben stunden in der graden Lungen a r gewicht bei
a b r t; diese distanz at hat 638 decimal offen.
also aber sollen wir wissen, dass Lungen die Lungen sind
in diesen district sind sieben stunden sind sieben stunden, ist nicht
sich ein accurates plan zu formieren ohne alle distanz
auf dem horizontalen plan zu bestimmet. Ohne diese
precaution sind sieben stunden alle plans sind alle sind
bestimmen sind sieben stunden sind sieben stunden
sich sieben stunden sind sieben stunden sind sieben stunden,
sich sieben stunden sind sieben stunden sind sieben stunden,

Abb. 4: Die erste Seite aus dem «Journal», welches detaillierte handschriftliche Aufzeichnungen Daniel Bernoullis zum Verlauf der Expedition enthält.

che Weise, mit welchen Schwierigkeiten man damals bei der Grenzfestlegung zu kämpfen hatte. Demnach reisten Bernoulli, Bruckner und Fechter am Dienstag, 13. Mai 1755, nachmittags «umb ein Basel-uhr»²⁵ ab und erreichten Langenbruck abends um 8 Uhr. Am folgenden Morgen begaben sie sich in die «innere Wannenfleue»²⁶ zum Brunnen, welcher den Beginn des streitigen Grenzabschnitts bildete (Abb. 5, zwischen N und O). In dessen Nähe wählten sie einen Standort mit besserer Sicht über das ganze Gebiet aus. Zur genauen Bestimmung des Schnittpunktes der Grenze mit der Wannenfleue wurden zwei Winkel und eine Distanz von 638 Dezimalschuhen (287 m) gemessen²⁷.

Das Gelände scheint den Experten aber etwelche Mühe bereitet zu haben: «Alhier aber sollten wir melden, dass weilen das gantze erdreich in diesem district [Gebiet] sehr bergicht und uneben ist, es unmöglich seje ein accurates plan zu formieren [einen genauen Plan aufzunehmen] ohne alle Distantzen nach dem horizontalen plan [in die Horizontebene] zu verkürtzen: Ohne diese praecautio[n] [Massnahme] müssen nothwendig alle plans und alle ausmessungen sich von einander entfernen und wird niemahls eine völlige conformitet [Übereinstimmung] unter denselben erhalten werden, wie solches die bisshero entworffenen plans nur alzuviel anzeigen. Unter allen abmessungen aber sind die Bockische aus welchen man vieles leicht zu erhalten erhofft hatte, die fälscheste und betrieglichste. Deswegen haben wir uns beflissen von allen distantzen die erhöhungen oder vertieffungen des wegs zu observieren umb solche nach den geometrischen grundsätzen verkürtzen und auff ein ebenes oder horizontales plan reducieren zu können»²⁸. Die Erkenntnis, dass Distanzen horizontal gemessen werden müssen, war offenbar vor dieser denkwürdigen Operation noch nicht bis zu den Ingenieuren gedrungen. Sie bildet heute einen wichtigen Grundsatz jeglicher Vermessungstätigkeit.

²⁵ Bernoulli (wie Anm. 24), fol. 18. Die alte Basler Zeit war derjenigen der umliegenden Gegenden um eine Stunde voraus.

²⁶ Bernoulli (wie Anm. 24), fol. 18. Landeskarte 1:25'000 Blatt 1088 Hauenstein, ca. 200 m NW der Solothurner Wannen (ca. 624 / 243.6).

²⁷ «Alle mäss sind in decimal schuen genommen worden, deren zehen eine ruhte aussmachen» (Bernoulli (wie Anm. 24), fol. 18). Daraus ergibt sich die Länge eines Dezimalschuhs von 0.45 m. Die Distanzen wurden mit der Messkette erhoben. Angaben zum verwendeten Winkelmessgerät fehlen leider; aufgrund der aufgezzeichneten Werte muss es aber Messungen mit einer Auflösung von einer Winkelminute erlaubt haben.

²⁸ Bernoulli (wie Anm. 24), fol. 18.

Anhand des ebenfalls gemessenen Höhenwinkels wurde die Distanz in die Horizontale reduziert und dadurch um 10 Dezimalschuh (4,5 m) verkürzt. An deren Ende wurden nochmals zwei Winkel auf unzugängliche Punkte am oberen Rand der Felskante gemessen, damit später die entsprechenden Entfernungen berechnet werden konnten. Von den sie begleitenden Bauern, «die sich in allen stücken willig und unverdrossen erzeugten», hatten die Experten vernommen, dass «der brunnen fluh-eck» von den Solothurnern als Grenzpunkt betrachtet werde, «deswegen wir solchen mit so viel grösserer attention [Sorgfalt] bezeichnet haben und zu solchem end



Abb. 5: Langenbruck und die Wannensflue (A), von Osten aus dem Gebiet der Schwängihöchi gesehen. Die Experten mussten vom Brunnen beim Ende des Bächleins oberhalb der Solothurner (N) und Basler Wannens (O) quer über die Wannensflue (A) bis nach Reinistalten (C) «eine des Standes Rechten angemessene Gränzlinie» ermitteln. Zeichnung von Emanuel Büchel um 1755. Das Gebiet unterhalb der Flue war damals viel weniger bewaldet als heute (siehe auch Abb. 7).

[zu diesem Zweck] einen bauren mit einem weissen tischtuch dorthin geschickt umb den ort desto deutlicher erkennen zu können.»²⁹

Danach kehrte man zum Mittagessen nach Langenbruck zurück. Am Nachmittag wurde das schwierigere Teilstück in der Gegenrichtung in Angriff genommen: Vom nächstfolgenden beiderseits anerkannten Grenzstein auf Reinistalten, dem Übergang nach Mümliswil (Abb. 5, Punkt C)³⁰, musste eine gerade Linie durch den steilen Wald zurück auf die Wannenflue abgesteckt werden. Weil keine direkte Sichtverbindung bestand, erwies sich dieses Unterfangen als sehr heikel³¹. Wieder wurden einige Bauern auf die Wannenflue geschickt «mit der instruction [Anweisung] in der nähe eine hohe danne zu suchen, auff dieselbe zu steigen und wan sie uns sehen könnten ein weisses leinen tuch auszuspannen»³². Welch herrliches Bild: Die Bauern auf den hohen Tannen weisen den Wissenschaftlern auf dem Boden den Weg! Die Experten erblickten bald darauf das Signal und begannen mit der Messung von Winkeln und Distanzen. Auch hier wurde sorgfältig vorgegangen: «Bej jeder station [Zwischenpunkt] observierten wir die anhöhe des wegs umb die weite in das horizontal mäss reducieren zu können»³³. Die Arbeiten wurden bis zum späten Abend fortgesetzt, als man den Punkt erreichte, «alwo der grosse und dicke wald anfangt»³⁴ (Abb. 5 in der Gegend des Kreuzes in der Mitte zwischen A und C).

Am Donnerstag, 15. Mai, wurde bei beständigem Regen das letzte Teilstück gemessen. Als die Equipe gegen Abend nach insgesamt 10 Stationen endlich die Wannenflue erreichte, musste sie feststellen, dass sie etwa 165 Dezimalschuh (74 m) neben dem gewünschten Punkt lag. Nun galt es, diese Messungen noch mit denjenigen vom Morgen des vorigen Tages zu verbinden, damit das Netz geschlossen werden konnte. Dazu war zunächst eine Distanzmessung über eine steile Passage nötig: «Zwey Bauren unterstunden [getrauten] sich mit der ketten [Messkette, entspricht dem heutigen Messband] das gerütsch herunter zu gehen» bis zu dem Punkt, «alwo der felsen und das praecipice [Abgrund] anfangt». Schliesslich musste noch ein Winkel gemessen werden. «Allein der regen und der nebel

²⁹Bernoulli (wie Anm. 24), fol. 18v.

³⁰Landeskarte 1:25'000 Blatt 1088 Hauenstein, im Gebiet der heutigen Breitenhöchi (623 / 244.35).

³¹Laut Landeskarte 1:25'000 Blatt 1088 Hauenstein ist diese Strecke etwa 850 m lang und weist eine Höhendifferenz von rund 190 m auf.

³²Bernoulli (wie Anm. 24), fol. 18v.

³³Bernoulli (wie Anm. 24), fol. 21.

³⁴Ebd.

war so stark, dass wir nicht konnten in den brunnen hinunter sehen [Abb. 5, zwischen N und O], ohngeachtet wir die vorsichtigkeit gehabt haben einen bauren bei dem brunnen mit einem ausgespannten weissen Leintuch zu postiren. Wir befürchteten uns zum zweyten mahl auff die die wanne condemnirt [verdammt] zu sehen, als wir endlich das ausgespannte tuch bei dem brunnen erblickten. Wir machten uns den fröhlichen Anblick zu nutzen und befanden diesen erst gemeldeten winkel von 127 graden 40 minuten. Hierauff kehrten wir wieder bei spätem abend nahe Langenbruck.»³⁵

Weil man nicht im beabsichtigten Punkt die Felskante der Wannenfleue erreicht hatte und die zehn Stationspunkte somit nicht in der gewünschten geraden Linie lagen, wurde die Abweichung jedes Punktes von seiner Soll-Lage berechnet und am Freitag, dem 16. Mai³⁶ im Gelände durch «piquets» (kleine Pfähle) abgesteckt. Gleichzeitig wurden anhand des Grenzsteines auf Reinistalten und des etwa 70 m entfernt stehenden Steinkreuzes Hilfsdistanzen ermittelt, die es jederzeit erlauben sollten, die gerade Linie auf die Wannenfleue ohne aufwändige Messarbeiten wieder zu rekonstruieren, «wan gleich alle piquets und alle bishero verfertigte riss [Pläne] solten verloren werden»³⁷. Am Nachmittag kehrten die Experten wieder nach Basel zurück. Die Kosten der ganzen Expedition beliefen sich auf 119 Pfund und 10 Schilling und wurden den Deputierten laut Wochenausgabenbuch bereits am Samstag, den 17. Mai zurückerstattet³⁸. Zum Vergleich: Daniel Bruckners Quartalsbesoldung betrug damals 75 Pfund³⁹.

³⁵ Bernoulli (wie Anm. 24), fol. 21 und 21v.

³⁶ Zwischen dem «Journal und Ausmässung von H[errn] Prof: Daniel Bernoullj» (wie Anm. 24) und dem «Bericht H[errn] Deputierte wegen der Wannenfleue» (StABL, Altes Archiv, Lade L 132, Band 681, No. 8, fol. 15–16) besteht ein Widerspruch bezüglich des Abschlusses der Messungen: Ersteres Dokument nennt den 17. Mai 1755, was ein Samstag wäre, letzteres nennt ohne Datum an zwei Stellen den «Frÿtag», was dem 16. Mai entsprechen würde. Aufgrund der im «Journal» geschilderten Abläufe und der Tatsache, dass die Auszahlung der Spesen aber bereits im Wochenausgabenbuch vom Samstag, 17. Mai 1755 vermerkt ist (StABS, Finanzen, G 70), darf davon ausgegangen werden, dass Bernoulli und seine Begleiter schon am Freitag, 16. Mai, nach Basel zurückkehrten.

³⁷ Bernoulli (wie Anm. 24), fol. 22.

³⁸ StABS, Finanzen, G 70

³⁹ StABS, Finanzen, G 70, Besoldungen von Mittwoch, 21. Mai 1755, «dem Tag der Pfingst-Fronfasten». An Daniel Bernoulli wurden 1755 pro Quartal aus der Staatskasse 52 Pfund 10 Schilling ausgerichtet. Weil die Professoren von der Universität besoldet wurden, dürfte es sich dabei nicht um den vollen Lohn handeln, sondern um eine Entschädigung für besondere Aufgaben.

Am Dienstag, 20. Mai 1755 wurden die Ergebnisse dieser Ausmessung im Dreizehnerrat in Anwesenheit der Deputierten⁴⁰ beraten und den Solothurnern eine weitere Konferenz auf den 9. Juni nach Langenbruck vorgeschlagen. Es würde zu weit führen, hier den weiteren Verlauf der Verhandlungen im Detail darzulegen. Die Jahreszahl 1787, welche sich heute auf den sechs Steinen zwischen der Breitenhöchi und der Wannенflue (Punkt 1037,1 auf dem Grat des Bachtelenbergs) befindet, dürfte das ungefähre Ende des Grenzstreits anzeigen⁴¹. Selbst die Expertentätigkeit eines Daniel Bernoulli scheint es also nicht vermocht zu haben, diese langwierige Angelegenheit zu einem raschen Ende zu führen.

Neben dem «Journal» und dem «Bericht H[erren] Deputierte wegen der Wannенflue» bezeugen mehrere Pläne von Ingenieur Fechter⁴² diese denkwürdige Kampagne. Allerdings scheint sich dieser bei der Berechnung getäuscht zu haben: Von der ganzen umstrittenen Fläche von 35 Jucharten⁴³ (9,9 ha) gab er zuerst eine «Nachlassung von Seite Sollothurn» von 7 1/2 Jucharten (2,1 ha) an, für Basel eine solche von 17 1/2 Jucharten (5 ha). Weil Fechter die von Solothurn angegebenen 100 Werkschuh irrtümlicherweise als Dezimalschuhe in die Rechnung eingeführt hatte, musste der Solothurner Anteil auf 5 3/4 Jucharten (1,6 ha) reduziert werden⁴⁴.

Interessant ist, dass in diesem Grenzstreit nicht nur grundrissliche Darstellungen zur Veranschaulichung der Verhältnisse eingesetzt wurden, sondern auch Ansichtszeichnungen. Emanuel Büchel (1705–1775) vermerkte in seinem «Prospect der Wannен Fluo und Waÿd von Seiten dem Schwenge Hof anzusehen samt daran stossender Gegend auf das eigentlichste nach der Natur gezeichnet den 11 + 12 8bris 1746»⁴⁵ in roter und blauer Farbe den strittigen Abschnitt. Auf einem weiteren Blatt stellte er die diesbezüglichen Grenzsteine und -zeichen dar. Bei der in Abb. 5 wiedergegebenen

⁴⁰Ob auch Daniel Bernoulli bei den Verhandlungen im Dreizehnerrat anwesend war, lässt sich aus den Akten nicht ersehen.

⁴¹Jenni, Paul: Heimatkunde von Langenbruck, Liestal 1992, S. 77. In der Wannен scheint man sich sogar noch später geeinigt zu haben, denn der Grenzstein östlich der Wannенflue datiert von 1860.

⁴²Der schönste Plan (Abb. 7) befindet sich im StABL, Planarchiv, A 57. Ferner: StABS, Planarchiv, A 1,40; Grenzakten, E 7; UB BS, Handschriften, H V 123, S. 193 ff. (Abschrift)

⁴³StABS, Planarchiv, A 1,40. Eine Jucharte entspricht 2834 m².

⁴⁴Entwurf des streitigen Bezirks in der Wannенflue entworfen von H[errn] Fechter, Ingenieur, 1755. UB BS, Handschriften, H V 123, 197.

⁴⁵StABS, Bildersammlung, Falkeisen Fb 14,6 (255 mm x 624 mm) und Fb 14,7 (87 mm x 465 mm).

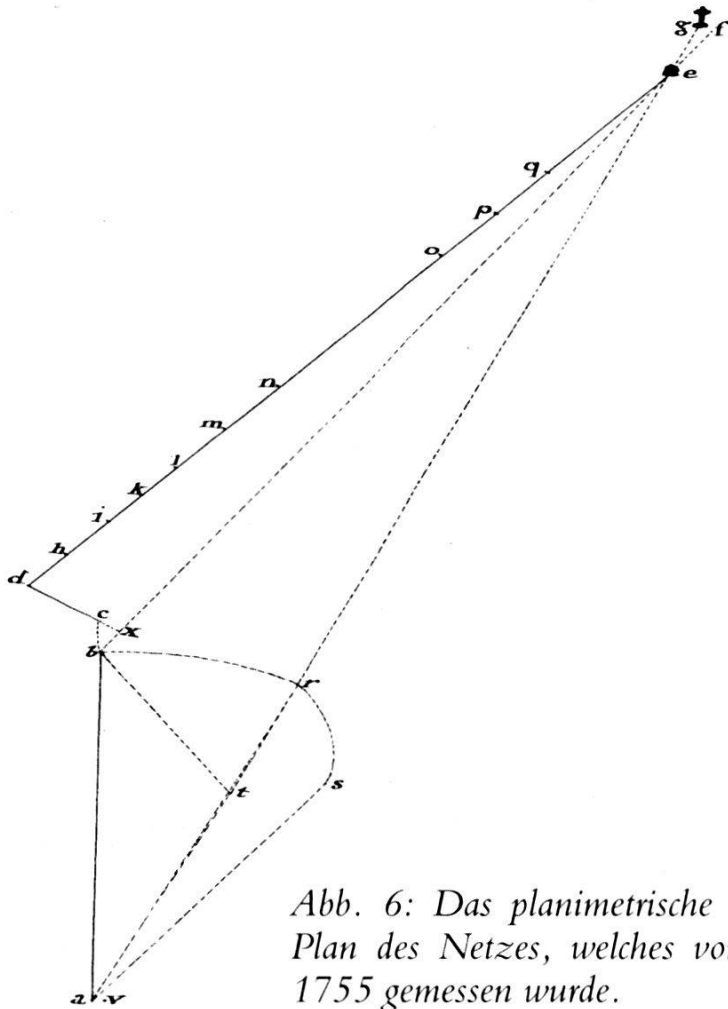


Abb. 6: Das planimetrische Resultat der Kampagne: Plan des Netzes, welches von den Experten im Mai 1755 gemessen wurde.

Ansicht handelt es sich um eine Reduktion aus dem grösseren Original von 1746, welche aufgrund ihres Formates wahrscheinlich als Vorlage für einen weiteren Stich im 13. Stück der «Merkwürdigkeiten» gedacht war. Sie wurde aber aus irgendwelchen Gründen nicht umgesetzt und liegt heute bei den Grenzakten⁴⁶.

Und die Höhenmessungen? Sie werden im «Journal» (und teilweise auch auf den Plänen) nur in einem kleinen Abschnitt erwähnt. Nach der Auflistung der beobachteten Barometerstände⁴⁷ wird

⁴⁶StABS, Grenzakten E 7 (117 mm x 165 mm). Kolorierte Kopien davon befinden in der UB BS, Handschriften, H V 123 (Grenzbuch des löbl. Standes Basel. Handschriftlich aufgezeichnet durch Herrn Dreyerherrn Rudolf Staehelin 1791.), S. 145 und C IX 48 Aufzeichnungen über die Grenzen des Standes Basel von Andreas Buxtorf, S. 15.

⁴⁷Die Ablesung für die Wannenfleue (23 Zoll 11 $\frac{1}{4}$ Linien bzw. 648 mm) ist um eine halbe Linie (1,1 mm) tiefer als der in den «Merkwürdigkeiten» publizierte Wert.

geschlossen, «dass der boden von Wallenburg 1280, der boden von Langenbruck 1920 und die Wannenfloe 2900 Basler schue höher liegen als der boden von Basel». Diese Werte für Langenbruck und Waldenburg weichen von den in den «Merkwürdigkeiten» publizierten Werten ab: Bernoulli hat ihnen offensichtlich den gleichen Druckgradienten wie für den Abschnitt Basel–Waldenburg zugrunde gelegt. In der später publizierten «Abhandlung» hat er einen differenzierteren, in der Höhe veränderlichen Gradienten angewendet.



Abb. 7: Der «Grund–Ris über die Wannenfloe, Nebst anstossender Streitiger Gegend», verfertigt 1755 durch Ingenieur Johann Jakob Fechter, gibt die nüchternen geometrischen Resultate aus Abb. 6 in einer anschaulichen Form wieder. Bemerkenswert ist die «Nota: Dieser Plan ist nicht nach der Schräge der Anhöhen, wie es ausgemessen worden, Aufgetragen, Sondern nach der Basin derselbigen».

Die Rezeption von Bernoullis Höhenangaben

Die «Abhandlung in den Merkwürdigkeiten» dürfte ein gutes Mittel gewesen sein, um Bernoullis Höhenangaben bei den interessierten Kreisen bekannt zu machen. Sie wurden denn in der Folge in der einschlägigen Literatur auch mehrfach zitiert. In Johann Gottfried Ebels «Anleitung, auf die nützlichste und genussvollste Art die Schweiz zu bereisen», welche als der älteste Reiseführer der Schweiz gilt, erschienen in der zweiten Auflage von 1804 für Basel folgende Angaben: «462 F[uss] höher als Strasburg, und 924–950 höher als Amsterdam»⁴⁸. Auch ohne direkte Quellenangabe kann man darin die in der «Abhandlung» erwähnten Werte erkennen. Bernoullis eigene Resultate wurden ebenfalls übernommen, allerdings mit einer Modifikation: «Wallenburg» soll 1290 Fuss höher liegen als Basel⁴⁹, Langenbruck 1952 Fuss über Basel und die «Wannen–Flue, der höchste Theil des Hauensteins, über Langenbruck 1078 F. oder 3980 F. übers Meer»⁵⁰. Ebel scheint also zu Bernoullis Angaben durchwegs noch 26 Fuss (8.4 m) addiert zu haben, vielleicht um der Überhöhung von Amsterdam übers Meer Rechnung zu tragen⁵¹.

Eine für die späteren Höhenmessungen in der Basler Landschaft wichtige Persönlichkeit scheint allerdings in jungen Jahren Bernoullis «Abhandlung von der Höhe» in den «Merkwürdigkeiten» nicht gekannt zu haben: Peter Merian (1795–1883), der von 1820 bis 1828 als ordentlicher Professor für Physik und Chemie an der Basler Universität lehrte und ab 1835 Honorarprofessor für Geologie und Mineralogie war, referierte am 1. März 1820 vor der Naturforschenden Gesellschaft Basel zum Thema «Über die Höhe von Basel über die Meeresfläche»⁵². Er bedauerte dabei, «dass wir über die Höhe unsrer Vaterstadt, wo doch Barometerbeobachtung[en] genug sind angestellt word[en], in einer grossen Ungewissheit schweben, indem die bis jetzt bekannt gewordenen Bestimmungen, um bedeutende Gröss[e] von einander abweichen». Er beruft sich dabei unter

⁴⁸S. 94. In der Fussnote auf der gleichen Seite ist die «Beschreibung historischer und natürlicher Merkwürdigkeiten von Brukner 1763». als Quelle angegeben. Der zweite Wert von 950 Fuss entstand offensichtlich durch Addition von 26 Fuss.

⁴⁹Vierter Teil, S. 217. Hier liegt ein Druckfehler vor, denn Bernoulli gibt 1280 Fuss an. In der dritten Auflage von 1810 erschien dann auf S. 459 noch der Zusatz «oder 2230 F. übers Meer» (nach Bernoulli 2204 Fuss).

⁵⁰Dritter Teil, S. 44. Bernoulli ermittelte für die Höhe der Wannenflue 3954 Fuss.

⁵¹Er hat damit Bernoullis Resultate verschlechtert, wie aus der nachfolgenden Analyse hervorgeht.

⁵²StABS, PA 513, II, C 20, S. 2.

anderem auf die in Ebels «Anleitung» angegebenen Werte, um zu bemängeln: «nach welchen Beobachtungen die Berechnung ist angestellt worden, wird nicht angeführt.» Auch in seiner «vollständigen Sammlung der mir bekannten Höhenbestimmungen im Kanton Basel» von 1823⁵³ fehlt ein Hinweis auf Bernoullis Messungen⁵⁴. Erst in den «Höhen-Bestimmungen im Canton Basel und in den zunächst liegenden Gegenden, zusammengestellt von Prof. Peter Merian. Der naturforschenden Gesellschaft Basel vorgelegt den 15. Oct. 1834» sind diese in einer Anmerkung aufgelistet⁵⁵. Und in der «Copie einer Notitz meines seel[igen] Grossvaters D^r. Abel Socin⁵⁶, vom J. 1757, welche unter den Papieren von Prof. Daniel Huber sich befindet»⁵⁷ werden sie auch durch Peter Merian – allerdings undatiert – kommentiert: «Die Bestimmung [von Abel Socin] ist also auf jeden Fall besser, als die Messung der Wannenfluh bei Langenbruck im J. 1755. durch Dan. Bernoulli [...] weil die Beobachtung[en] besser angestellt sind. Hätte D^r. Socin die Rechnungs-methode von Dan. Bernoulli angewendet, so würde er sich der Wahrheit noch mehr genähert haben.»

Carl Jakob Durheim erwähnt in seiner 1850 in Bern erschienenen «Sammlung trigonometrischer oder barometrisch-bestimmter absoluter Höhen der Schweiz und ihrer näheren Umgebung» nur noch die Wannenfluh («höchster Punkt der Wannenalp») mit «3980 P[ieds] de roi» und nennt Bernoulli als Autor dieses Wertes⁵⁸. Dane-

⁵³StABS, PA 513, II, C 18, 3, Heft 3 «Berghöhen im Cant. Basel».

⁵⁴Auch in den gedruckten Werken «Übersicht der Beschaffenheit der Gebirgsbildungen in den Umgebungen von Basel» (1821) und «Übersicht des Zustandes unserer Kenntniss der Naturkunde des Kantons Basel» (1826) sind keine Hinweise auf Bernoullis Höhenmessungen zu finden.

⁵⁵StABS, PA 513, II, C 18, 3, Heft 2 «Höhen-Bestimmungen im Cant. Basel», S. 14.

⁵⁶Abel Socin (1729–1808), der Grossvater Peter Merians, studierte in Basel ab 1744 Medizin, Mathematik und Physik, insbesondere bei Daniel und Johannes II Bernoulli. Er doktorierte 1758 in Medizin. Ab 1761 wirkte er als Professor für Medizin und Physik an der Universität Hanau. Nach seiner Rückkehr nach Basel 1778 führte er regelmässige barometrische Messungen durch. Die zitierte Stelle bezieht sich auf eine Reise, die Socin 1757 (also nur 2 Jahre nach Bernoullis Expedition auf die Wannenflue), von Basel über Laufen und Moutier auf die Hasenmatt unternommen und auf welcher er den Barometerstand beobachtet hatte. Zu Socin siehe Speiser, David: Abel Socin-Biographie et Bibliographie, in: Die Werke von Daniel Bernoulli, Band 7, S. 172–178, Basel 1994).

⁵⁷StABS, Privatarchive 513, II, C 18, 3, Konvolut 6 «Ältere Beobachtungen».

⁵⁸Durheim, C[arl] J[akob]: Sammlung trigonometrischer oder barometrisch-bestimmter absoluter Höhen der Schweiz und ihrer näheren Umgebung, Bern 1850, S. 666. Durheims Wert stammt offensichtlich aus Ebels «Anleitung», und er schreibt ihn trotz der Erhöhung um 26 Fuss Bernoulli zu.

ben ist aber bereits eine zweite, neuere Messung angegeben. Bei Basel, Waldenburg und Langenbruck sind Bernoullis Resultate bereits durch modernere Werte ersetzt. Nicht ganz ein Jahrhundert lang haben sich also seine Ergebnisse als Gebrauchswerte in der Literatur halten können. Der Berner Geologieprofessor Bernhard Studer macht sie mit seiner kurzen wissenschaftlichen Kritik 1863 vollends zur Geschichte: «Die Höhen im Jura, die nicht auf barometrischen Mitteln, sondern auf einer einzigen Beobachtung beruhen, fielen daher um ungefähr 600 F. [195 m] zu gross aus.»⁵⁹



Abb. 8: Die Teilnehmer der Expedition: Daniel Bernoulli als Vertreter der Wissenschaft ...

⁵⁹Studer, Bernhard: Geschichte der Physischen Geographie der Schweiz bis 1815, Bern und Zürich 1863, S. 298.



Abb. 9: ... Ingrossist Daniel Bruckner, der Schreiber in Sachen Wannenfleue

...



Abb. 10: ... sowie Ingenieur Johann Jakob Fechter, welcher als Praktiker die eigentlichen Messarbeiten durchführte.

Die Analyse von Bernoullis Resultaten

Zur Analyse der erzielten Resultate werden zunächst Bernoullis Höhenwerte mit denjenigen der heutigen Landesvermessung verglichen. Man muss sich dabei aber bewusst sein, dass dies nur mit einer gewissen Einschränkung möglich ist: Man weiss nicht genau, an welchen Punkten die Messungen seinerzeit vorgenommen wurden. Deshalb müssen zunächst die plausibelsten Orte bestimmt werden. Würde man heute unter der Höhe von «Basel» vielleicht diejenige der Mittleren Brücke oder des Münsterplatzes vermuten, so darf man aufgrund der Schilderung im «Journal» davon ausgehen, dass Bernoulli das Barometer kurz vor seiner Abreise an seinem Wohnort, dem «Kleinen Engelhof»⁶⁰ beobachtet hat. Es ist nicht bekannt, ob die Messung auf Bodenhöhe oder in einem oberen Stockwerk vorgenommen wurde. Als Vergleichshöhe für «Basel» wird der Wert von 270 m angenommen⁶¹.

In Waldenburg waren die Experten nur auf der Durchreise⁶²; sie werden sich höchstens im Wirtshaus eine kleine Erfrischung gegönnt haben. Hier nehmen wir an, dass die Ablesung in der Mitte des Städtchens stattfand, das heisst auf etwa 531 m⁶³. In Langenbruck dürften die Herren im «Bären», dem ersten Hause am Platz, abgestiegen sein, und dies entspricht einem Vergleichswert von rund 700 m⁶⁴.

Aber worauf bezieht sich die Höhe der Wannenflee? Aufgrund des «Journals» und des Messnetzes darf davon ausgegangen werden, dass es sich um einen Punkt etwas oberhalb der Felskante auf rund 1080 m handelt, bei Punkt c in Abb. 6⁶⁵. Auf keinen Fall handelt es

⁶⁰Stiftgasse 3.

⁶¹Die Höhe des Vermessungsfixpunktes an der Ecke Stiftgasse/Nadelberg beträgt 268.9 m.

⁶²Aufgrund der Angaben in Ebels «Anleitung» 3. Auflage von 1810, 3. Teil S. 341–342, wonach der Weg von «Liechstal» nach Basel 3 Stunden und nach dem «Ober-Hauenstein» 3 1/2 Std. beanspruche, darf geschlossen werden, dass die Strecke nach Langenbruck zu Fuss zurückgelegt wurde. Die Postkutsche von Basel nach Bern verkehrte nur einmal wöchentlich (2. Teil, S. 201).

⁶³Aufgerundetes Mittel aus den Höhenkoten 527 und 534 der Landeskarte 1:25'000 Blatt 1088 Hauenstein.

⁶⁴Ca. 100 m nördlich von Kote 697 der Landeskarte 1:25'000 Blatt 1088 Hauenstein.

⁶⁵Zur Bestimmung dieser Höhe wurden die Netze von Abb. 6 und 7 in eine auf 1:10'000 vergrösserte Kopie der Landeskarte 1:25'000 Blatt 1088 Hauenstein eingepasst; der wahrscheinlichste Punkt liegt bei 623555 / 243670 / 1080.

sich um den «Beretenchopf», die höchste Stelle des Bergrückens. Dieser wurde von Bernoulli mit «Wannenberg» bezeichnet⁶⁶.

Ein erster Vergleich zeigt, dass die aus Bernoullis Angaben abgeleiteten «Meereshöhen» überall zu hoch ausfallen. Für Basel beträgt die Differenz 11 % der heutigen Höhe, bei den übrigen Höhen im Mittel rund 30 %. Wir werden aber Bernoulli aber erst gerecht, wenn wir die Höhendifferenzen zwischen den Stationen seiner Reise analysieren.

Von		Nach		Höhendiff.	Bernoulli	Abweichung	in %
Basel	270 m	Waldenburg	531 m	261 m	416 m	155 m	59.4
Waldenburg	531 m	Langenbruck	700 m	169 m	218 m	49 m	29.0
Langenbruck	700 m	Wannenflue	1080 m	380 m	350 m	-30 m	-7.9

Tabelle 1: Vergleich von Bernoullis Höhendifferenzen mit den heutigen Werten.

Tabelle 1 zeigt, dass diese Höhendifferenzen zum Teil beachtlich von den heutigen Werten abweichen, am meisten diejenige von Basel nach Waldenburg. Worin liegen die Gründe für diese Differenzen? Zur Beantwortung dieser Frage werden die drei Haupteinflüsse näher untersucht: Die Messdisposition, die für den Druckgradienten verwendeten Werte und die Genauigkeit der Barometerbeobachtungen.

Die Messungen erstreckten sich über einen Zeitraum von ungefähr 20 Stunden. Bernoulli verwendete dafür nur ein einziges Barometer, welches er mit sich führte. Es wäre ihm somit bei dieser Messdisposition nicht möglich gewesen, grossflächige, meteorologisch bedingte Veränderungen des Luftdrucks während seiner Reise festzustellen. Um diese Fehlerquelle zu vermeiden, hätte er beispielsweise durch seinen Bruder Johannes II (1710–1790), der als Professor der Mathematik im «Engelhof» in seiner unmittelbaren Nachbarschaft lebte, mit einem zweiten Instrument sogenannten «korrespondierende» Beobachtungen anstellen lassen können. Ein solches stationäres Referenz-Instrument hätte die Druckveränderungen aufgezeichnet, und es wäre möglich geworden, die übrigen Ablesungen anhand der in Basel festgestellten Schwankungen des Luftdruckes zu korrigieren. Dadurch wäre der Einfluss des Wetters weitgehend eli-

⁶⁶Die höchste Stelle des «Beretenchopf» (bei Bernoulli mit «Wannenberg» bezeichnet) liegt gemäss Übersichtsplan 1:10'000 des Kantons Solothurn, Blatt 1088.3, auf 1106 m bzw. auf 1104 m gemäss Landeskarte 1:25'000 Blatt 1088 Hauenstein.

miniert worden. Innerhalb des fraglichen Gebietes treten grosse horizontale Druckgradienten nämlich nur bei Extremereignissen auf. Dass Bernoulli auf ein solches Vorgehen verzichtet hat, zeigt, dass seine Höhenmessung als spontane Beobachtung, nicht als systematisches Experiment zu werten ist.

Dank eines glücklichen Umstandes lässt sich die Frage der zeitlichen Druckänderung aber noch etwas differenzierter beurteilen. Just in jene Tage fällt in Basel nämlich der Beginn der systematischen Aufzeichnung meteorologischer Kennwerte. Der Arzt und Botaniker Friedrich Zwinger (1707–1776), ab 1751 Bernoullis Nachfolger als Professor für Anatomie und Botanik, beobachtete im ersten Halbjahr 1755 dreimal täglich den Luftdruck und die Temperatur. Seine Messreihe wurde anschliessend von Johann Jakob d'Annone (1728–1804) fortgesetzt⁶⁷; sie bildet eine wichtige Quelle zur Basler Klimageschichte⁶⁸. Zwingers Aufzeichnungen belegen, dass der Luftdruck am Nachmittag des 13. und am Morgen des 14. Mai 1755 über Basel sozusagen stabil blieb⁶⁹. Bernoullis Verzicht auf eigene korrespondierende Beobachtungen oder auf den Beizug von Zwingers Referenzmessungen dürfte somit nicht die Hauptursache für die grossen Abweichungen bilden.

Zur Analyse des Druckgradienten wurden die Höhendifferenzen aufgrund der Originalbeobachtungen mit der in der heutigen Literatur verwendeten barometrischen Höhenformel ausgewertet⁷⁰. Diese berücksichtigt auch die Temperatur. Bernoulli gibt dazu an, dass das «Thermometer allzeit ungefehr in der Mitte zwischen der

⁶⁷UB BS, Handschriften, L III, 23 (614 Blätter). Anhand von Zwingers Aufzeichnungen wurde die Messreihe bis zum Januar 1755 komplettiert. S. 7 enthält die Messresultate vom 13./14. Mai in übersichtlicher Form.

⁶⁸Riggenbach, Albert: *Collectanea zur Basler Witterungsgeschichte*, Basel 1891, S. 3–6.

⁶⁹UB BS, Handschriften, L I b, 86a, fol. 5v. Allerdings ist zwischen den Werten für «vesper» (Abend) des 13. Mai und demjenigen für «mane» (Morgen) des 14. Mai in Basel ein Druckanstieg von $\frac{1}{2}$ Linie zu verzeichnen (1,1 mm), währenddem Bernoulli in Langenbruck am Morgen einen unveränderten Barometerstand beobachtete. Diese Differenz könnte zwar auf einen horizontalen Druckgradienten hinweisen, dürfte aber eher ein Indiz für die Messgenauigkeit der beteiligten Instrumente sein.

⁷⁰Für die klimatischen Verhältnisse in Mitteleuropa lässt sich der Höhenunterschied zwischen der unteren Druckmessung B und der oberen b bei einer Temperatur von t (° Celsius) berechnen zu $18464 * (\log B - \log b) * (1 + 0.003665 * t)$ (Jordan/Eggert/Kneissl: *Handbuch der Vermessungskunde*, Band 3, S. 439 (Formel 22), Stuttgart 1956). Schon Daniel Bernoulli hatte in der «Hydrodynamica» (Section 10, §§ 25–27) erörtert, wie die logarithmische Beziehung zwischen Druck und Höhe für variable Temperatur korrigiert werden muss.

grössten Kälte und der grössten Hitze» war. Daraus darf geschlossen werden, dass er die groben Temperaturverhältnisse wohl beachtet hat. Dieser Analyse wurde das langjährige Temperaturmittel für den Monat Mai zugrunde gelegt, jeweils auf die mittlere Beobachtungshöhe reduziert⁷¹.

Von	mm Hg	Nach	mm Hg	Temp.	Bernoulli	Heute	Diff.	in %
Basel	730.9	Waldenburg	694.8	12.7°	416 m	425 m	9 m	2.2
Waldenburg	694.8	Langenbruck	676.7	11.2°	218 m	220 m	1 m	0.6
Langenbruck	676.7	Wannenflue	649.1	9.3°	350 m	346 m	-4 m	-1.3

Tabelle 2: Analyse des Druckgradienten: Vergleich von Bernoullis Höhendifferenzen mit denjenigen aus der heutigen Barometerformel.

Tabelle 2 zeigt, dass der von Bernoulli verwendete Wert für den Druckgradienten so gut war, dass die daraus abgeleiteten Höhendifferenzen nur um wenige Prozente von den Werten aus der aktuellen Barometerformel abweichen. Selbst wenn eine etwas höhere Temperatur geherrscht hätte, so würde sich die durchschnittliche Abweichung nur unbedeutend erhöhen. Wir können uns deshalb Riggensbachs Schluss nicht anschliessen, Bernoullis Resultate seien deshalb nicht sehr genau, weil die Temperatur gänzlich unberücksichtigt geblieben sei⁷².

Somit kann der Hauptanteil der Differenzen zwischen den damaligen Resultaten und den heutigen Höhenwerten nur noch durch die Qualität der Barometermessungen erklärt werden. Leider beschreibt Bernoulli sein auf der Reise mitgeführtes Instrument, insbesondere dessen Konstruktionsprinzip, nicht genauer⁷³. Es muss

⁷¹Das langjährige Temperaturmittel der Periode 1755–2000 liegt bei 13,3 °C auf einer Höhe von 317 m. Der Umrechnung auf die mittlere Beobachtungshöhe wurde eine Temperaturabnahme von 0,7 °C pro 100 m zugrunde gelegt.

⁷²Riggensbach (wie Anm. 68), S. 3.

⁷³Über das verwendete Barometer enthält leider auch die von Daniel Bernoulli unterzeichnete «Specification der in dem Collegio Phÿsico sich befindlichen Instrumenten den 2^m 8bris 1755» (StABS, Erziehung DD 18) keine weiteren Angaben, denn sie erwähnt unter der Nummer 117 bloss «Eine Collection von Barometris und Thermometris» Weitere Nachforschungen nach Bernoullischen Barometern im Historischen Museum, im Museum der Kulturen, im Naturhistorischen Museum und im Institut für Physik der Uni Basel blieben leider erfolglos. Die Barometer jener Zeiten waren aufgrund ihrer Konstruktion in Form von langen, dünnen Glasröhren ohnehin sehr anfällig auf Zerbrechen. Dies mag ein Grund dafür sein, dass im Vergleich zu den Thermometern weniger Instrumente erhalten geblieben sind. D'Annone benutzte für seine Beobachtungsserie (siehe Anm. 67) ein Barometer von Micheli du Crest («Acta Helvetica», III, 401–402, Basel 1758).

sich um ein Quecksilberbarometer mit einer Ablese-Skala in französischen Zoll und Linien gehandelt haben. Das Instrument dürfte etwa 85 cm lang gewesen sein. Die Beobachtungen wurden mit einer Auflösung von $\frac{1}{4}$ Linie (ca. 0,5 mm) notiert, was auch gleichzeitig etwa der Ablesegenauigkeit entsprechen dürfte. Dies hätte bei einem fehlerlosen Instrument eine Höhengenaugigkeit von 5–6 m erlaubt. Wenn aber in einem derartigen Gerät das Vakuum über dem Quecksilber nicht vollständig ist und sich Luft in der Glasröhre befindet, so können dadurch die Messungen grob verfälscht werden. Bei einem derart empfindlichen Gerät aus dünnem Glas, das auf einer mehrstündigen Reise mittransportiert wird, ist ein solcher Mangel durchaus denkbar⁷⁴. Es darf daher vermutet werden, dass das Messinstrument das schwächste Glied bei der Höhenbestimmung war.

Würdigung

Bernoulli hat die Höhendifferenz von Basel zum Jura zu hoch bestimmt. Ist dies ein Zufall, oder hätten die Höhen ebensogut zu tief ausfallen können? Diese Frage liegt nahe, wenn man die Parallelen in einem ähnlichen topographischen Schlüsselwerk betrachtet, welches praktisch zeitgleich und nur etwa 11 km östlich der Wannenflue entstanden ist: Im Sommer 1754 zeichnete der Genfer Staatsgefangene Micheli du Crest auf der Festung Aarburg das älteste Alpenpanorama, den «Prospect Geometrique des Montagnes neigeées»⁷⁵. Micheli gelang es zwar, die Meereshöhe seiner Gefängniszelle mit einer immerhin vierjährigen barometrischen Messreihe nur um 7,5 m zu hoch zu bestimmen. Die daran anschliessende trigonometrische Höhenmessung von 40 Alpengipfeln ergab aber wegen der fehlerhaften Distanzangaben der Scheuchzerkarte viel zu hohe Werte; mehr als ein Viertel davon hätten höher als 5000 m sein sol-

⁷⁴Riggenbach (wie Anm. 68), S. 1 beschreibt in Anm. 2 ein «Barometrum novum communi multo accuratius», konstruiert von Daniels Vater Johannes I Bernoulli (1667–1748) (opera Tom. II, Nr. 98, p. 204), welches wohl kleinere Änderungen des Luftdrucks besser erkennen liess als gewöhnliche Instrumente, sich aber aufgrund seiner Konstruktion offenbar nicht zu genauen Messungen eignete.

⁷⁵Rickenbacher, Martin: Das Alpenpanorama von Micheli du Crest-Frucht eines Versuches zur Vermessung der Schweiz im Jahre 1754, Cartographica Helvetica, Sonderheft 8, Murten 1995, S. 14–15.

len. So ungleich die beiden Forscher Bernoulli⁷⁶ und Micheli du Crest auch gewesen sein mögen, aber der Richtungssinn der Abweichungen ihrer Resultate von der Wirklichkeit ist ihnen gemeinsam. Mit ihrer «Überhöhung» des Phänomens «Gebirge» erweisen sie sich nicht nur als typische Vertreter des 18. Jahrhunderts, sie liefern geradezu das wissenschaftliche Fundament für die damalige Haltung gebildeter Kreise.

Dass die Messgrösse «Höhe» für die Mitte des 18. Jahrhunderts noch etwas Neues war, lässt sich auch an einem anderen Detail aufzeigen: Die von Bernoulli bestimmten Höhenkoten wurden von Emanuel Büchel nicht in seine Karte «Ammt Waldenburg» übernommen. Diese ist wenige Seiten nach der «Abhandlung» dem 13. Stück der «Merkwürdigkeiten» beigelegt (Abb. 11). Dem mag man entgegen halten, dass sie vermutlich bereits gestochen war, als der Physiker sein Manuskript an Bruckner ablieferte. Nun fehlen die vier Höhenwerte aber auch in der von Bruckner 1766 herausgegebenen, ebenfalls von Büchel gezeichneten Karte des «Canton Basel» (Abb. 12). Büchel wäre der erste Kartenautor gewesen, welcher Koten in eine Karte aus der Region Basel eingetragen hätte. Offensichtlich waren Höhenangaben für einen damaligen Kartographen etwas derart Neues, dass man zunächst nicht einmal auf die Idee kam, solche Werte auch kartographisch wiederzugeben⁷⁷.

Die Fortschritte in der Landesvermessung, die in den vergangenen rund 250 Jahren erzielt wurden, sind unverkennbar: Wir verfügen heute über sehr genaue Fixpunktnetze für Lage und Höhe, und das Landschaftsbild ist in einem Kartenwerk dargestellt, welches sich eines Weltrufs erfreuen darf. Auch wenn wir die Abweichungen zwischen den alten und den heutigen, «wahren» Werten als relativ gross bezeichnen, so darf diese Bewertung nicht als Negation der damals erzielten Leistung verstanden werden. Diese besteht denn aus

⁷⁶Es ist denkbar, dass die Höhenbestimmungen des «Prospect Geometrique» eine weitere, allerdings von Bernoulli nicht erwähnte Motivation zu seinen eigenen Messungen bildete. Aus dem Brief von Micheli du Crest an Daniels Bruder Johannes II Bernoulli vom 23. Juli 1755 (UB BS, Handschriften, L I a, Bd. 711, Nr. 289), geht hervor, dass der Gefangene sein im Januar 1755 fertiggestelltes Alpenpanorama auch nach Basel geschickt hatte, wo es im Hause Bernoulli offenbar eine gute Aufnahme fand: «Or que je vous aie adressé mon dessein des montagnes, la chose etoit de ma part d'autant plus naturelle qu'etant Professeur en Mathematique vous en etiez un Juge naturel. Et je suis bien charmé quil ait merité l'honneur et lavantage de votre approbation.»

⁷⁷Diese Annahme wird dadurch gestützt, dass auch in der um 1802 publizierten «Carte Générale de l'Atlas Suisse» für Basel die «Elevation du niveau de la Mer par [Joachim Eugen] Müller von 890 Pied de F.» in einer Tabelle in der unteren rechten Blattecke und nicht direkt in der Karte angegeben wurde.

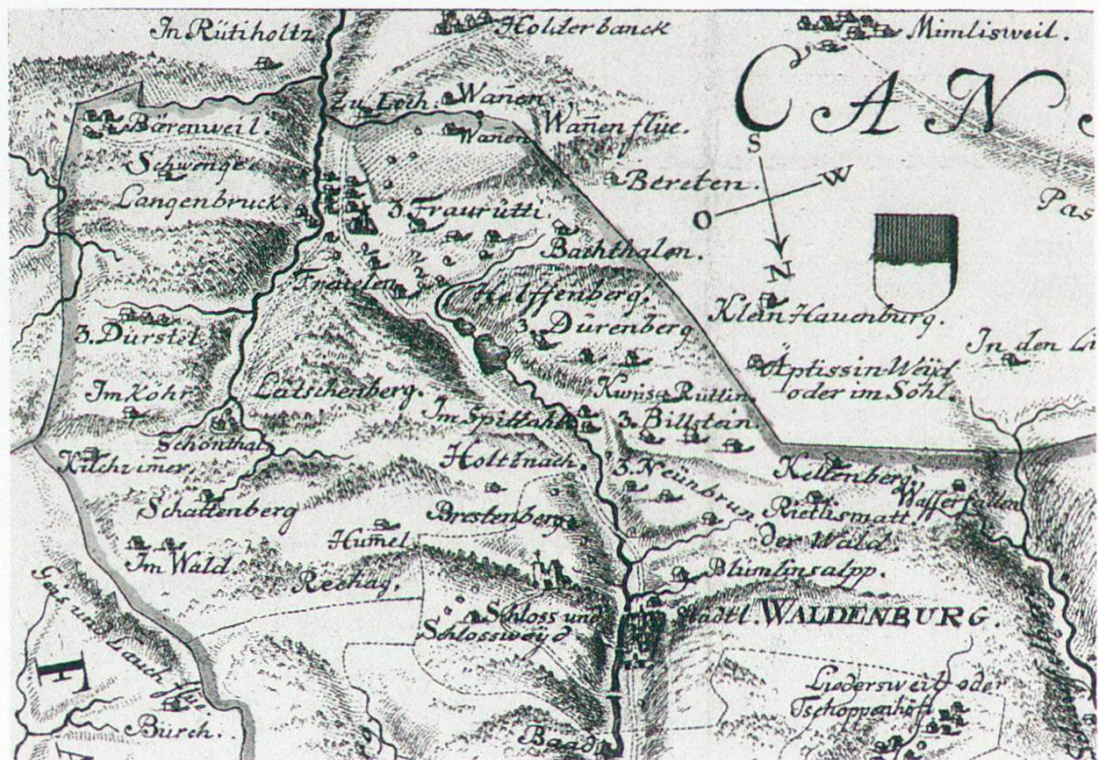


Abb. 11: Die Messgrösse «Höhe» war damals noch etwas Neues: Bernoullis Resultate erschienen weder in Büchels Karte «Ammt Waldenburg» von 1755 ...

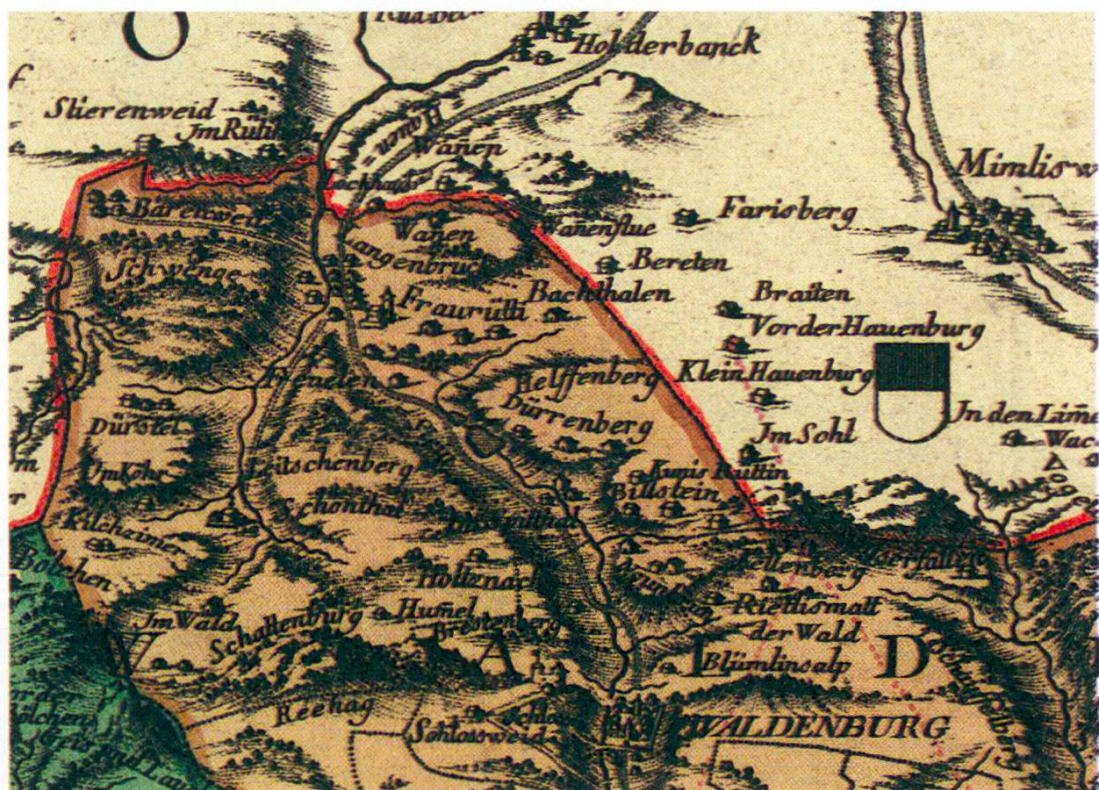


Abb. 12: ...noch in der Karte «Canton Basel» von Bruckner/Büchel aus dem Jahre 1766.

heutiger Optik weniger in der erreichten Genauigkeit, sondern darin, dass sich in Basel Bernoulli als erster mit dem aktuellsten Wissensstand seiner Zeit der schwierigen Aufgabe gestellt hat, die dritte Dimension der ihn umgebenden Landschaft, die Höhe, zu messen. Damit erweist er sich als typischer Vertreter der Aufklärung. Zwar hat er seine Reise auf die Wannenfleue in erster Linie als Experte in Sachen Planimetrie unternommen. Seine Unternehmung ist aber als älteste Höhenmessung in die Vermessungsgeschichte der Basler Landschaft eingegangen.

Dank

Der Autor bedankt sich bei folgenden Personen herzlich für die Mithilfe und für Hinweise: Herrn Max Baumann (Meteo-Station Basel-Binningen), David Courvoisier (Basel), Viola Imhof (Erlenbach), lic.phil. Doris Huggel (Pfeffingen), Martin Mattmüller (Basel), Prof. Dr. Gleb Mikhailov (Moskau), Dr. Fritz Nagel (Basel), Markus Oehrli (Wabern), dipl. Ing. Walter Oswald (Grundbuch- und Vermessungsamt Basel-Stadt), Max Rickenbacher-Hufschmid (Sissach), Roland Schweizer (Vermessungs- und Meliorationsamt Basel-Landschaft, Liestal), Hh Stauffacher (Berlin), Dr. Andreas Verdun (Astronomisches Institut der Universität Bern), David Vogel (Bundesamt für Landestopographie) sowie dem Personal der Universitätsbibliothek Basel und der Staatsarchive von Basel und Liestal.

*Martin Rickenbacher, Dipl.Ing. ETH
Ländteweg 1
3005 Bern*

Abbildungsnachweis

- Abb. 1: Bernoulli (1755), S. 1531.
 Abb. 2: © Bundesamt für Landestopographie (Lehrlingsarbeit von David Vogel).
 Abb. 3: UB BS, Handschriften, H V 123, S. 138.
 Abb. 4: StABL, Altes Archiv Lade L 132, Band 681, No. 8, fol. 18.
 Abb. 5 und 6: StA BS, Grenzakten, E 7.
 Abb. 7: StABL, Planarchiv, A 57 (Original 68 x 62 cm).
 Abb. 8: UB BS, Porträtsammlung, aus: Brucker, Jakob: Bildersaal ber. Schriftsteller, I, 1741ff.
 Abb. 9: UB BS, Porträtsammlung. Emanuel Büchel?? Jk. Andr.' Scheppelin? gg. 1760?
 Abb. 10: UB BS, Handschriften, Falk 72, Nr. 20: «Hauptmann und Ingenieur Fechter» aus den «Imagines basilienses» von Franz Feyerabend (1755–1800).
 Abb. 11 und 12: Kartensammlung des Bundesamtes für Landestopographie, Band 7 und Band 8.