

Chemische Untersuchung einiger Bronze- und Eisenfunde der La Tène-Zeit.

Von
Hans Rupe.

Die nachfolgend mitgeteilten Untersuchungen, welche gemeinsam mit Herrn *Krzyzankiewicz*¹⁾ ausgeführt wurden, schliessen sich an eine kleine Arbeit an, welche schon vor einiger Zeit in den Verhandlungen der Basler Naturforschenden Gesellschaft veröffentlicht worden ist.²⁾

Aus vereinzelt, zusammenhanglosen Analysen prähistorischer Gegenstände lässt sich natürlich nur wenig ableiten. Werden jedoch die Funde einer bestimmten, genau begrenzten Kulturepoche systematisch so weitgehend als möglich untersucht, so wird es auch möglich sein, verschiedene Fragen mit Hilfe der Analyse zu beantworten oder doch der Antwort nahe zu bringen.

Solche Fragen sind z. B.: Lassen sich aus den Analysen Schlüsse ziehen über die Technik der Metallgewinnung sowohl als der Metallverarbeitung zu einer bestimmten Zeit? Sind Fortschritte festzustellen gegenüber der Technik einer früheren Epoche? Ferner: Können die Analysen Aufschluss geben über die Herkunft der Gegenstände, ob sie im Fundlande selbst angefertigt wurden oder ob sie Importware vorstellen? Und wenn das letztere der Fall war, woher kamen sie?

Gelänge es jedesmal, diese Fragen mit Sicherheit zu beantworten, dann könnte der Chemiker dem Prähistoriker schätzbare Dienste leisten.

Die von uns untersuchten Bronzen und Eisen gehören der sog. *La Tène-Zeit* an. Sie hat ihren Namen von der kleinen Ortschaft La Tène am Neuenburgersee (bei St. Blaise), wo zuerst nam-

¹⁾ *St. Krzyzankiewicz*: Chemische Untersuchung schweizer. Bronze-funde der La Tène-Zeit. Untersuchung vorgeschichtlicher Eisenfunde. Dissertation Basel 1909. Posen, Verlagsbuchdruckerei Winiewicz.

²⁾ Verhandlungen der naturforschenden Gesellsch. in Basel. XVIII. I.

hafte Funde aus dieser Kulturepoche gemacht wurden. Diese beginnt ungefähr ums Jahr 400 v. Chr. und endigt im Jahre 58 oder 50 vor unserer Zeitrechnung. Man teilt sie in drei Perioden ein, die erste, die Früh-La Tène-Zeit, hat noch viele Berührungspunkte mit der vorhergehenden Hallstadt-Zeit gemeinsam. Das Ende der letzten Periode bildet den Uebergang in die römische Kultur.

Die von uns analysierten Bronze- und Eisengegenstände stammen zum grössten Teile aus den Gräbern des *Tessins*; besonders die Gegend um *Bellinzona* und das *Misox* ist oder war ein ergiebiges Feld für Funde aus der La Tène-Zeit, hauptsächlich der früheren Periode. Wir erhielten die Stücke aus dem *Landesmuseum in Zürich*, und wir ergreifen auch hier die Gelegenheit, Herrn Dr. *Viollier* unseren besten Dank auszusprechen für sein freundliches Entgegenkommen und die grosse Liberalität, mit der er uns alles, was er irgend entbehren konnte, zur Verfügung stellte. Die meisten dieser Funde waren sehr gut erhalten und konnten ohne weiteres analysiert werden.

Ferner sind wir Herrn Dr. *Wiedmer*, Direktor des *Berner historischen Museums* zu Danke verpflichtet, von ihm erhielten wir eine Anzahl Funde aus den der La Tène-Zeit angehörenden Gräberfeldern von *Münsingen* und *Tiefenau* im Kanton Bern.³⁾ Leider waren diese Berner Funde nicht alle so gut erhalten, wie die aus dem Tessin.

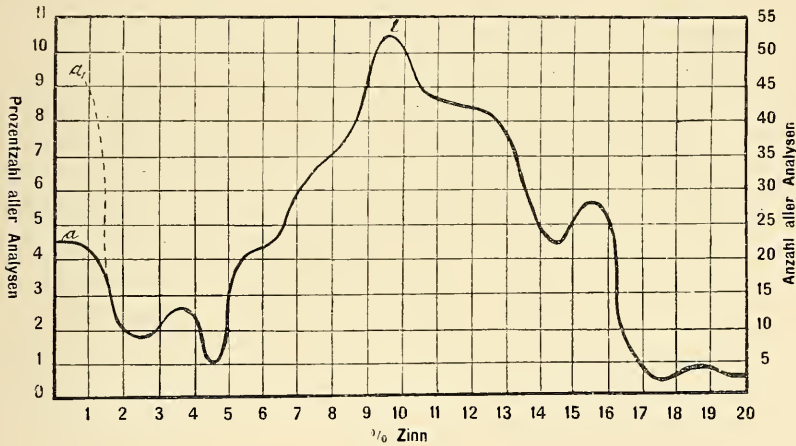
Bronzen der La Tène-Zeit.

Was jedem beim Durchsehen von Analysen der Bronzen aus prähistorischen Zeiten (und wohl auch der Antike?) sogleich auffällt, ist der Umstand, dass nur selten eine Bronze die gleiche Zusammensetzung hat wie eine andere. Ja, es kann direkt als ein Zufall betrachtet werden, wenn einmal zwei Funde aus derselben Gegend annähernd gleich zusammengesetzt sind. Es wurde eben zur Prähistorie niemals fabrikmässig gearbeitet, auch wurde möglicherweise für jeden Gegenstand eine besondere Gussform angefertigt.

Was nun die Zusammensetzung der Bronzen betrifft, so scheint diese eine ganz willkürliche zu sein, wenigstens bei oberflächlicher Betrachtung. War dies aber wirklich der Fall, oder gab man gewissen Mischungen den Vorzug? Herr *Krzyzankiewicz* hat aus mehreren Hundert Analysen das Mischungsverhältnis von Kupfer

³⁾ Vergl. *J. Wiedmer-Stern*: Das gallische Gräberfeld bei Münsingen. Bern 1908. Verlag Gustav Grunau.

und Zinn zusammengestellt. Auf der Zeichnung, Figur 1, woselbst auf die Abscisse die Procente Zinn, auf die Ordinate die Anzahl der Gegenstände von gleichem Zinngehalte in Prozenten aufgetragen sind, sieht man: Die Anzahl der Bronzen, welche die gleiche Zusammensetzung im Kupfer- und Zinngehalte aufweisen, beträgt im Maximum 11⁰/₀. Und zwar findet man in diesen Bronzen das Verhältnis von (rund) 90⁰/₀ Kupfer auf 10⁰/₀ Zinn, alle anderen Legierungen erreichen diese Prozentzahl nicht. In der Tat ist das diejenige Mischung, in welcher die Legierung ihre besten Eigenschaften zeigt: hart, fest, zähe, gut zu giessen und in der Rotglut gut zu schmieden. *Plinius*⁴⁾ bezeichnete diese Bronze als Kampanisches Erz, es wurde von den Phöniziern gebrauchsfertig



Figur 1.

in den Handel gebracht. Unter den von uns untersuchten Stücken hat N. 17 genau diese Zusammensetzung (vergl. Tabelle der Bronze-Analysen auf Seite 28/29); ferner gehören wahrscheinlich die Stücke Analyse Nr. 2, 15, 18, in diese Rubrik. Man muss immer berücksichtigen, dass die in *kleiner* Menge vorhandenen Metalle: Eisen und Blei, als Verunreinigungen des Kupfers zu betrachten und auf das Konto der Kupfer-Procente zu rechnen sind. Man wird deshalb keinen grossen Irrtum begehen, wenn man alle prähistorischen (und wohl auch antiken) Bronzen, deren Zinngehalt zwischen 9 und 11⁰/₀ und deren Kupfergehalt zwischen ca. 88 und 92⁰/₀ liegt, hierzu rechnet. Die Gesamtmenge der analysierten

4) *Plinius*, historia naturalis XXXIV. 9.

Nr.	Gegenstand	%	Cu	Sn	Pb	Fe	As	Sb	Ni	Co	Ag	Zn
1.	Bodenstück eines Bronzeimers	Giubiasco, Grab Nr. 29	92,13	5,94	1,05	0,41	—	—	0,42	—	—	—
2.	Seitenwand " "		84,56	10,59	3,48	0,21	—	—	0,89	—	—	—
3.	Draht um den obern Rand des Eimers		2,30	0,18	97,40	0,12	—	—	—	—	—	—
4.	Niete zur Verbindung des Bodenstückes mit den Seitenwänden des Eimers		90,66	4,21	1,30	—	—	—	—	—	—	—
5.	Bruchstück eines Arminges. Castione, Grab Nr. 27	—	90,78	7,60	0,17	1,06	Spur	—	—	—	—	—
6.	Spiralförmig gewundener dicker Draht einer Fibel. Giubiasco, Grab Nr. 322, stark korrodiert	—	83,96	1,08	0,29	1,40	—	—	—	—	—	13,27
7.	Massiv gegossener Ring. Giubiasco	—	87,58	12,19	0,57	0,16	—	—	—	—	—	—
8.	Massiver halbrunder Ring, mit Disken verziert, von einer Fibel	—	67,24	3,83	26,34	1,71	—	—	—	—	0,21	—
9.	Eichel förmiges Zapfenstück der Fibel, in das der Ring von Nr. 8 passte	—	78,82	3,39	15,34	1,76	—	—	—	—	0,69	—
10.	Bügel der Fibel, bläulich patiniert	Bestandteile einer Fibel, Giubiasco, Grab Nr. 179	67,40	11,23	17,81	1,69	0,52 bis 2,77	—	—	—	0,57	—
11.	Niete, die den Dorn mit dem Bügel verband	—	82,92	3,60	5,67	5,36	—	—	—	—	—	wurde nicht durchanalysiert
12.	Dorn der Fibel	—	90,99	4,17	2,00	0,26	—	—	1,66	—	—	—
13.	Niete, mit der das Windloch verschlossen war	—	90,66	4,21	1,30	—	—	—	—	—	—	nicht durchanalysiert
14.	Bruchstück eines massiv gegossenen Fibelhakens mit dunkelgrüner Patina. Cerinasco, Nr. 88	—	84,96	12,27	0,25	1,35	—	—	—	—	—	—
15.	Bruchstück eines Ohrschmuckes, drahtförmig blau emailiert. Giubiasco, Nr. 302	—	87,89	9,57	1,89	0,63	—	—	—	—	—	—
16.	Bruchstück eines hohlgegossenen Arminges. Tiefenau	—	85,62	14,15	Spur	0,07	—	—	—	—	—	—
17.	Rundes Scheibchen mit einem Loch in der Mitte, durch das eine eiserne Niete ging. Tiefenau	—	90,06	9,62	—	Spur	—	—	—	—	—	—

18.	Bruchstücke eines Fussringes. Münsingen	88,13	8,09	3,64	0,08	—	—	—	—	0,06	—
19.	Bruchstücke hohler, patinierter Fussringe Münsingen, Nr. 121	92,13	6,36	0,70	0,70	—	—	—	—	0,10	—
20.	Fragmente von Fussringen, Form nicht mehr erkennbar. Münsingen Nr. 82	74,27	24,88	0,52	0,29	—	—	—	—	0,03	—
21.	Hohlgeschmiedete Fussringe, ganz patiniert, ursprünglich mit Buckeln versehen. Münsingen, Nr. 68	88,95	8,24	0,80	1,87	—	—	—	—	0,14	—
22.	Gürtelkette, von unkenbarer Form, mit Knochensplittern durchsetzt. Münsingen, Nr. 168	66,28	9,34	22,69	1,51	—	—	—	—	0,18	—
23.	Fussringe, dunkelgrüne Patina, mit Holzsplittern durchsetzt. Münsingen, Nr. 135	83,89	15,58	0,12	0,39	—	—	—	—	0,02	—

Bemerkungen zu den Bronze-Analysen.

Die quantitative Analyse der Bronzen wurde nach den gebräuchlichen Verfahren ausgeführt (Einzelheiten findet man in der Dissertation des Herrn Krzyzankiewicz), es sei hier nur erwähnt, dass Kupfer und Blei, wo es anging, zusammen elektrolytisch abgetrennt wurden.

Von einigen Stücken war nicht genügend Material vorhanden, als dass sie ganz durchanalysiert werden konnten, das gilt für die Analysen No. 4, 11, 13. In einigen Fällen gelang es, stark korrodierte und patinierte Bronzen durch elektrolytische Reduktion zum Metall zu reduzieren, so z. B. das Stück der Analyse No. 3.

Bemerkenswert ist noch, dass beim Auflösen der Bronze No. 8 ein Stückchen Holzkohle zum Vorschein kam; als die etwa 1 bis 1,5 mm dicken Blechstücke des Fibelbügels, Analyse No. 10, nach dem Abwaschen zum Trocknen auf eine geheizte Asbestplatte gelegt wurden, schwitzte die Bronze kleine Zinnkügelchen aus.

Der Guss dieses Stückes muss ein sehr unhomogener gewesen sein, denn seine Zusammensetzung wechselte stark in den verschiedenen Stellen. Die Gegenstände der Analysen No. 18—23 waren alle stark korrodiert und angegriffen; um einigermassen übersichtliche Zahlen zu erhalten, wurden deshalb alle Analysen auf 100 umgerechnet, wie das in solchen Fällen immer getan wird. Der oft sehr geringe Kupfergehalt, wie z. B. bei No. 20, im Vergleiche zur gefundenen Zinnmenge, ist jedenfalls dadurch zu erklären, dass ein Teil des Kupfers in Lösung gegangen ist, vermutlich als Chlorid, während sich das Zinn als widerstandsfähiger erwies. Dies ist oft bei ägyptischen Bronzen beobachtet worden, die in chloratriumhaltigem Boden gelegen hatten.

Die Münsinger Funde enthalten alle etwas Kobalt; dies deutet darauf hin, dass das Material aus derselben Quelle stammte.

Gegenstände, in welchen das Verhältnis von Kupfer zu Zinn von 90 zu 10 sich findet, beträgt dann ungefähr 30%.

Ob die übrigen Kompositionen, welche mehr oder weniger Zinn enthalten, zufällige oder beabsichtigte sind, wird sich nicht mit Sicherheit feststellen lassen, doch neige ich mich der letzteren Ansicht zu. Es wird den alten Giessern wohl bekannt gewesen sein, dass die Eigenschaften der Bronze sehr vom Zinngehalt abhängig sind. Die Mischungen mit 5% und weniger sind weicher und leichter zu bearbeiten; steigt der Zinngehalt über 15%, so wird die Legierung härter, von 30% Zinn an wird die Bronze so hart, dass sie nur schwierig mit der Feile zu bearbeiten ist.⁵⁾

Etwas anderes ist es mit den Bronzen, die nur 1,5% und weniger Zinn enthalten. Diese sind recht häufig, nach unserer Statistik gehören ihr 5% der Funde an. Schon in meiner früheren Mitteilung erörterte ich diese Frage, da wir damals schon eine so zinnarme Bronze angetroffen hatten, auch hat man sich von anderer Seite mit dieser Angelegenheit befasst.⁶⁾ Zu meiner damals geäußerten Ansicht: die sehr zinnarmen Bronzen seien gar nicht als Bronzen aufzufassen, sondern als Kupfergegenstände, zu denen zinnhaltiges Kupfererz benützt worden sei, möchte ich auch heute noch stehen, ohne weiter auf diese Sache hier wieder einzugehen. Wir fanden diesmal nur ein hieher zu rechnendes Stück, die Bronze-Analyse Nr. 6, und ich möchte dieses als Beweis für meine Ansicht vorschieben. Denn hier begegnen wir zum erstenmale einer *Zinklegierung*, an Stelle des Zinns tritt hier das Zink. Dieses Metall jedoch war den prähistorischen Metallarbeitern nicht bekannt,⁷⁾ erst gegen das Ende der römischen Republik und zur Kaiserzeit wurde es, nach der Besetzung Englands, von den Römern von dort exportiert. Wir behaupten deswegen auf Grund dieser Analyse, nach der das Stück gar keine Bronze sondern Messing ist: es gehört nicht mehr der prähistorischen, sondern der Römerzeit an. Interessant ist nun die Angabe des Landesmuseums über diesen

⁵⁾ Vergl. *Beck*, Geschichte des Eisens. B. I. 47. 1884.

⁶⁾ Vergl. Katalog über die Bronze-Sammlung des Britischen Museums. S. 6. (London 1904.)

⁷⁾ Eine Bemerkung von *Aristoteles* lässt darauf schliessen, dass gelegentlich schon *Messing* erhalten wurde durch Verschmelzen von Kupfer mit Zinkoxyd. Doch ist dies sehr unsicher. Erst *Dioskorides* (in der *materia medica*) und *Plinius* kennen sicher das Zinkoxyd und seine Verwendung zur Darstellung von Messing, sie nennen es *καδμεία* oder *cadmia*. *Plinius* bezeichnet Messing bereits als *aurichaleum*. Das Wort *Zink* kommt zum erstenmale bei *Basilius Valentinus* (15. Jahrh.) vor. (Vergl. auch: *Kopp*, Geschichte der Chemie, IV. 113.)

Fund: *Galloromanisches Grab* von *Giubiasco*, aus der Zeit vom Jahre 50 vor Chr. Dies ist aber gerade der Zeitpunkt, in welchen allgemein das Ende der La Tène-Periode und der Anfang der römischen Kultur in unseren Gegenden verlegt wird.

Es ist aber vollkommen klar, dass wenn jemand Messing darstellen, d. h. Zinn durch das billigere Zink ersetzen wollte, die absichtliche Zugabe von 1% Sn für ihn keinen Zweck haben konnte, sondern es wurde eben zinnhaltiges Kupfer verbraucht.

Interessant ist auch in manchen Fällen der *Bleigehalt*. Wenn dieser 1—2% nicht übersteigt, so ist der Zusatz nicht als ein absichtlicher zu bezeichnen, denn Bleiglanz und dergl. begleitet sehr häufig die Kupfererze. Beträgt er dagegen mehr, so ist das Blei absichtlich zugesetzt. Das mag hin und wieder geschehen sein, um eine möglichst weiche Bronze, die sich leicht mit der Feile oder dem Grabstichel bearbeiten lässt, zu erzielen; häufig aber haben wir es zweifellos mit einer bewussten Verschlechterung, mit einer prähistorischen Fälschung zu tun. Man wollte einfach an dem teuren Zinn sparen, denn Blei war schon im grauen Altertume billig und leicht zu beschaffen. Das ist sicher der Fall bei den Bestandteilen einer Fibel, Analysen Nr. 8 und 9 und 10. Schwer zu verstehen ist die Zusammensetzung der Gürtelkette, Analyse Nr. 22 (aus *Münsingen*), denn hier wollte man nicht Zinn, sondern Kupfer sparen, es ist dies ein sehr vereinzelter Fall. Analyse Nr. 3 zeigt uns, wie ein Draht, der um den oberen Rand eines Bronzeimers geschlungen war (*Giubiasco*), aus reinem Blei besteht, die kleine Menge Kupfer rührt von dem Bronzeblech selbst her, mit dem er fest verbunden war. Dieser sehr seltene Fall ist jedenfalls auf eine spätere Reparatur zurückzuführen, ursprünglich befand sich dort jedenfalls ein Bronze- oder ein Eisendraht, denn nur ein starker, widerstandsfähiger Draht konnte hier dem Zwecke genügen, das dünne Bronzeblech des Eimers vor dem Verbiegen und Zusammendrücken zu bewahren, wenn das Gefäß im gefüllten Zustande getragen wurde.

Interessant ist, dass unter den in *Velem St. Veit* (in Ungarn) gemachten Ausgrabungen, die vornehmlich der dritten, letzten La Tène-Periode angehören, viele Bronzegegenstände gefunden wurden, in welchen an Stelle von Zinn *Antimon* gebraucht worden ist.⁸⁾ Es finden sich nämlich gerade dort ausgedehnte Antimonlager, und die glückliche Benutzung dieses dem Zinn in seinem chemischen

⁸⁾ Archiv für Anthropologie 1904. B. II. 41. 1905. B. III. 233. Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. 1900. 359.

Charakter vielfach ähnlichen Elementes machte die Bewohner Ungarns in der späteren La Tène-Zeit vom ausländischen Bronze- oder Zinn-Import unabhängig.

Unter den berühmten *Hallstadtfunden* (die einer prähistorischen Periode angehören, welche La Tène zeitlich gerade vorausgeht, ja sich vielfach mit ihr berührt), sollen Bronzen gefunden worden sein, in denen das Zinn mehr oder weniger vollständig durch Nickel ersetzt ist.⁹⁾

Um noch kurz auf zwei der von uns untersuchten Gegenstände zurückzukommen, möchte ich folgendes darüber bemerken:

Wir erhielten aus dem Landesmuseum ziemlich grosse Bruchstücke eines *Bronzeimers*, einer „*situla*“ (aus einem Grabe von *Giubiasco*), wie sie für die Früh-La Tène- und die Hallstadt-Periode so charakteristisch sind. Das sehr dick und solide gegossene Bodestück (Analyse Nr. 1) (unterer Durchmesser = 11 cm), war mit Hilfe von 11 Nieten mit der Seitenwand verbunden, oder besser mit den Seitenwänden. Diese waren aus sehr dünnem Bleche angefertigt (Analyse Nr. 2); ursprünglich mag das Blech aus einem oder nur wenigen Stücken bestanden haben, im Laufe der Zeit aber wurden diese wertvollen Gegenstände immer und immer wieder geflickt, indem man auf die Löcher neue Stücke aufnietete. Man kann das sehr schön an den zahlreichen derartigen Eimern des Landesmuseums sehen, von denen einige Seitenwände haben, die nur noch aus Flickern bestehen. (Analyse Nr. 4 einer Niete.) Die Nieten standen aussen etwa 1 mm hervor, waren im Inneren aber sorgfältig abgeklopft. Gerade umgekehrt waren die Niete bei den Hallstadt-Gefässen bearbeitet.¹⁰⁾ Der obere Rand war wie üblich ungebogen, gewöhnlich befand sich dort zur Verstärkung ein dicker Bronze- oder Eisendraht, hier aber ein Bleidraht, der natürlich seinen Zweck gar nicht erfüllen konnte (Analyse 3). Ferner eine merkwürdige *Fibel*.¹¹⁾

Sie kommt ebenfalls aus einem Grabe bei *Giubiasco* und gehört dem etruskischen Früh-La Tène an. Sie bildete den charakteristischen beiderseits zugespitzten Bügel, der in der Mitte schotenförmig ausgebaucht ist. An dem einen Ende befindet sich der Dorn, der durch Umdrehen zu drei Windungen federnd gemacht wurde.

⁹⁾ Beck, Geschichte des Eisens. B. I. 626. (1884.)

¹⁰⁾ Sacken, das Grabfeld von Hallstadt, Wien 1868.

¹¹⁾ Die Fibeln vertraten die Stelle unserer heutigen „Sicherheitsnadeln“, waren aber zugleich Schmuckstücke. Sie waren der Mode unterworfen und ihre Form veränderte sich z. B. sehr wesentlich von Anfang bis zum Ende der La Tène-Zeit.

Er endigte in die etwas gewölbte Nut. Der Bügel war mit sehr leicht eingravierten, in Schneckenlinien verlaufenden Linien verziert.

Die Fibel war schwer; wir vermuteten, sie sei ganz oder wenigstens teilweise massiv. Als sie in einen Schraubstock gespannt wurde, da mit Hilfe einer Laubsäge ein feines Stück heraus gesägt werden sollte, zersprang sie, so spröde war das minderwertige bleihaltige Material geworden (Analyse 10); die wechselnde Zusammensetzung zeigt den unhomogenen Guss an. Die dünne Hülle war mit einem feinen, orangegelben Tone gefüllt. Quer durch den Bügel gingen einige Niete, die Nietköpfe waren so geschickt verhämmert, dass man sie von aussen kaum wahrnehmen konnte. Es konnte ferner ein durch das ganze Innere verlaufendes Windloch (durch das beim Giessen die Gase entweichen) gefunden werden, seine beiden Mündungen aber waren sehr sorgfältig mit zwei kleinen Nägeln verschlossen.

Analyse Nr. 11: Niete, die den Dorn mit dem Bügel verband,
 „ Nr. 12: der Dorn,
 „ Nr. 13: ein Nagel, der das Windloch verschloss.

Eisen der La Tène-Zeit.

Untersuchungen von prähistorischem Eisen gibt es noch sehr wenige. Der Grund ist leicht zu verstehen: Eisen wird eben von Luft, Wasser und Salzlösungen ungleich rascher zerstört, als die Bronzen oder das Kupfer. Es ist deshalb jedesmal einem glücklichen Zufall zu verdanken, wenn Eisenstücke aus der Urzeit dieses Metalles unversehrt zu uns gelangt sind. Erfreulicherweise konnten wir aus dem *Züricher Landesmuseum* einige ganz vorzüglich erhaltene Eisenproben der La Tène-Zeit erhalten, drei der analysierten Eisen stammen aus dem *Museum in Bern*. — Bei der chemischen Untersuchung des Eisens handelt es sich in diesem Falle lediglich darum, die wichtigsten Fremdelemente zu bestimmen, die ihm beigemischt sind und seinen Charakter bedingen, das sind: *Kohlenstoff*, *Schwefel*, *Phosphor*, und *Silicium*. Kohlenstoff ist das wichtigste, da es die Härte, Schmied- und Schweissbarkeit bedingt. Ein grösserer *Silicium*-Gehalt härtet das Eisen. Grosse Schädlinge sind *Schwefel* und *Phosphor*. *Schwefel* macht das Eisen rotbrüchig, *Phosphor* dagegen kaltbrüchig.

Die Analysen wurden nach den bewährten Methoden der deutschen Eisenhütten ausgeführt.¹²⁾

¹²⁾ Ledebur, Leitfaden für Eisenhütten-Laboratorien. 8. Aufl. 1908.

Analyse Nr.	Gegenstand	% S	% P	% Si	% C ¹³⁾
1	Sichel	0,0090	0,149	0,033	0,150 0,446 0,724
2	Sichel	wurde nicht bestimmt	0,038	0,038	0,183 0,198 0,206
3	Blechstücke . .	0,018	0,015	0,042	0,156 0,140 0,166
4	Henkelring . .	0,005	0,022	0,065	0,149 0,224 0,349
5	Draht	0,094	0,037	0,168	wurde nicht bestimmt
6	Armring	0,011	0,117	0,021	0,060 0,063 0,066
7	Nagel	0,014	0,300	0,031	0,070 0,137 0,369
8	Nagel	0,013	0,157	0,037	0,119 0,331 0,550
9	Draht	0,012	0,057	0,08	0,14 0,28

Nr. 1. Sehr gut erhaltene *Sichel* (aus dem Tessin, Landesmuseum). Besonders hoch ist der C-Gehalt, der bis 0,6⁰/₁₀₀ geht, d. h. bis zu der im weichen Stahl vorhandenen Menge. In der Tat hat die *Sichel* teilweise Stahlcharakter angenommen (weiteres bei den Aetzfiguren). Der C-Gehalt schwankt wie man sieht innerhalb grosser Grenzen, alle diese prähistorischen Eisen sind eben wegen

¹³⁾ Der Kohlenstoffgehalt wurde an drei Proben ermittelt, welche an verschiedenen Stellen des Fundstückes genommen wurden. Die oft sehr von einander abweichenden C-Mengen zeigen, wie unhomogen das Material in den meisten Fällen war. Nr. 3 und Nr. 6 machen eine Ausnahme.

ihrer primitiven Herstellungsweise sehr unhomogen. Der Gehalt an Schwefel ist sehr gering, der an Phosphor dagegen etwas hoch.

Nr. 2. Fragment einer fast ganz verrosteten Sichel aus einem Grabe von *Giubiasco* (gehört möglicherweise in die spätere La Tène-Zeit). Es konnte nur ein kleiner metallischer Kern herausgeschält werden.

Nr. 3. Blechstücke. Bezeichnet als Fragmente einer „Ciste“.¹⁴⁾

Eine nähere Untersuchung machte es dagegen nicht unwahrscheinlich, dass das Material nicht von einem solchen Gefässe stammte (es fehlten die Nietlöcher, zwei aneinander grenzende Seiten waren zusammengeschweisst), sondern es schien vielmehr ein Stück eines *Brustharnisches* zu sein, wie solche bei den Etruskern z. B. allgemein getragen wurden. Zum Teil waren zwei Bleche durch Schweissung aufeinander befestigt. Wie der ziemlich gleichmässige C-Gehalt zeigt, muss das Eisen durch vieles Ausschämmern homogen gemacht worden sein, das Material ist rein und weich.

Nr. 4. Henkelring einer „Ciste“. Ausgezeichnet erhalten, nur mit einer dünnen Schicht von schwarzem Oxyduloxyd überzogen. Sehr reines Eisen, aber sehr unhomogen, hoher *Silicium*-Gehalt.

Nr. 5. Dicker Draht, um den oberen Rand eines Eimers geschlungen (*Cerinasca*), zeigte beim Zersägen einen Riss. Eine C-Bestimmung konnte leider aus Materialmangel nicht ausgeführt werden. Sehr reines Eisen.

Nr. 6. Dicker Draht, augenscheinlich Bruchstück eines Arminges; Fundort: *Tiefenau* bei Bern. Wie der geringe C-Gehalt beweist, ein sehr weiches Eisen, aber ziemlich phosphorhaltig.

Nr. 7. Ein ausgezeichnet erhaltener Nagel vom *Mont Terri* bei *Cornol*, aus der oberen gallisch-römischen Fundschicht. Unhomogen und viel Phosphor enthaltend.

Nr. 8. Ebenfalls ein Nagel aus *Tiefenau* bei Bern.

Will man nun versuchen, an der Hand dieser Analysen Schlüsse zu ziehen auf Herkunft, Alter und Technik dieser Eisen, so ist darüber folgendes zu bemerken:

In meiner schon erwähnten früheren Mitteilung berichtete ich auch über eine mit Herrn *Hjalmar Braune*, einem schwedischen Eisenhütteningenieur, ausgeführte Untersuchung eines prähistorischen Eisens der La Tène-Zeit. (Draht von einer *situla* (Bronzeimer) aus *Castaneda*.) Es ist dies Analyse Nr. 9; nach ihr lag ein sehr reines Eisen vor, fast frei von Schwefel. Wir kamen damals zu der Ansicht, das Erz, von dem dieses Eisen stammte, könne nicht

¹⁴⁾ Cisten, kübelartige Gefässe, die Seitenwand oft wellblechartig geformt.

im Lande selbst gefunden und verhüttet worden sein, da so reine Erze hier nicht vorkommen. Denn bei dem primitiven Schmelzverfahren jener Zeit wäre es ganz unmöglich gewesen, das Metall schwefelfrei zu erhalten; der stets in den Erzen vorhandene Schwefel wäre bei der niedrigen Temperatur der Schmelze niemals vollständig in die Schlacke übergegangen, sondern zum Teil im Eisen zurückgeblieben.

Wir stellten damals fest, dass für dieses Eisen aus *Castaneda* nur *toskanische*, speziell *Elbaner Erze* in Betracht kommen, da nur dort Erze von solcher Reinheit — sie sind fast vollkommen frei von Schwefel und Phosphor — gefunden werden. Das Eisen wäre also aus *etruskischen* Werkstätten gekommen, denn die *Etrusker*, die vorzüglichsten Schmiede und Metallarbeiter des Altertums, haben die Elbaner Erze nachweislich ausgebeutet. Nur der etwas hohe Phosphor-Gehalt war befremdlich, aber Braune wies nach, dass der Brennstoff — in diesem Falle die Holzkohlen — immer etwas Phosphor an das Eisen abgibt. Beim schwedischen Holzkohlenhochofen rechnet man, dass 0,01—0,02⁰/₀ Phosphor aus den Kohlen ins Eisen gelangen, und dies gilt für einen höchst rationalen Betrieb. Aber beim prähistorischen Schmelzprozess wurde jedenfalls das Zehnfache des heutigen Bedarfes an Kohlen verbraucht.

Es ist nun vielleicht gestattet, diejenigen Eisensorten, die sich durch einen grossen Gehalt an *Phosphor oder Schwefel* — oder beiden zusammen — auszeichnen, als Produkte zu bezeichnen, die im Lande selbst, also auf dem Gebiete der heutigen Schweiz hergestellt wurden; diejenigen aber, welche wenig von jenen Elementen enthalten, wären aus dem Süden, aus Etrurien importiert. Diese letzteren wären dann die historisch älteren, die ersteren die jüngeren. Dass diese Prognose in einigen Fällen stimmt, mögen folgende Beispiele zeigen:

Der Nagel Nr. 7 mit dem sehr hohen Phosphor-Gehalt ist uns auch vom Landesmuseum als wahrscheinlich römischen oder spät La Tène-Ursprungs bezeichnet worden, er ist jedenfalls in unseren Gegenden nordwärts der Alpen fabriziert worden. Ebenso dürfte das für den Nagel Nr. 8 gelten, die Berner Funde von *Tiefenau* und *Münsingen* gehen vielfach bis in die dritte La Tène-Periode hinauf. Und so stammt auch der Armring Nr. 6 aus *Tiefenau*, auch er zweifellos der jüngsten La Tène-Zeit angehörig, auch er im Lande selbst hergestellt (hoher Phosphor-Gehalt). Zweifelhaft, ob nördlichen oder südlichen Ursprungs, ist der Draht Nr. 5, der P-Gehalt ist ganz bedeutend geringer als in den oben erwähnten Fällen, dagegen ist der S-Gehalt noch etwas zu hoch.

Aus sehr reinem Materiale bestehen die Eisen der Analysen Nr. 2, 3, 4 und 9; sie dürften jedenfalls aus toskanischen, elbaner Erzen, angefertigt worden sein. Der ausgezeichnet gearbeitete Henkelring (Analyse Nr. 4) aus einem Tessiner Grabe herkommend, verrät die hohe etruskische Technik, es ist ein sehr weiches, gut schmiedbares Eisen; von dem Bleche (Analyse Nr. 3) wurde oben schon angenommen, dass es möglicherweise von einem etruskischen Brustharnisch stammt, und auch die sehr phosphorarme zweite kleinere Sichel dürfte aus Toskana stammen; es sind dies alles Tessiner Funde. Besonders spricht auch für diese Annahme die Zusammensetzung des Drahtes der Analyse Nr. 9. Das sehr phosphor- und schwefelarme Stück war um den oberen Rand eines jener schönen eleganten Bronzeimer, einer *situla*, geschlungen; diese Eimer gehören der frühesten La Tène-Zeit an, ja sie finden sich schon häufig unter den Funden der vorhergehenden Hallstadt-Periode, die sich hier mit jener berührt. Diese Gegenstände sind sicher noch nicht im Norden fabriziert worden. Die schöne, wohlhaltene Sichel der Analyse Nr. 1 enthält wenig Schwefel, aber ziemlich viel Phosphor. Sie dürfte der späteren La Tène-Zeit angehören und im Lande selbst hergestellt worden sein.

Wenn somit die Analyse einige Schlüsse über Alter und Herkunft des Eisens zu ziehen erlaubt, so gibt die Betrachtung der *Aetzfiguren* einigen Aufschluss über die Technik der Eisenhüttenleute jener längst vergangenen Zeiten.

Aetzfiguren entstehen auf blank geschliffenem Eisen durch die Einwirkung von Säuren. Wenn das Eisen ungleichmässig ist, so werden die weicheren Teile rascher von der Säure angegriffen, als die härteren, je unhomogener also ein Eisen hergestellt worden ist, umso ungleichmässiger und abwechslungsreicher wird das Aetzbild.

Die Photogramme¹⁵⁾ auf der Tafel I bedeuten:

Tafel I. A: *Modernes Flusseisen* (Gebr. Röchling)¹⁶⁾ von einem Kohlenstoffgehalt, wie er ungefähr den weichsten von uns untersuchten Eisenproben entspricht. Außerst gleichmässiges Aetzbild, durchaus homogenes Material.

B: Querschnitt des *Drahtes* der Analyse Nr. 5, sehr ungleichmässig, Risse mit Schlackeneinschlüssen.

¹⁵⁾ Zur Herstellung der Aetzfiguren wurde das angeschliffene Eisen blank poliert, dann mit verdünnter Salzsäure oder mit einer alkoholischen Lösung von Pikrinsäure geätzt, rasch abgespült, durch Auftupfen von Filterpapier getrocknet und sogleich in siebenfacher Vergrößerung photographiert. (Die Photographien wurden von Herrn A. Ditisheim ausgeführt.)

¹⁶⁾ Wir verdanken den Herrn Gebr. Röchling in Basel Proben von genau analysierten Eisen.

C und D: Querschnitt und Längsschnitt des *Henkelringes*, Analyse Nr. 4. Besser ausgeschmiedet, als B.

E und F: Prächtiges, typisches Beispiel eines *Früh La Tène-Eisens* (sogar vielleicht der Hallstadt-Zeit angehörig?). Es ist der *Draht* von *Castaneda*, Analyse Nr. 9, primitivste Arbeit, schlecht ausgeschmiedet, voll von Rissen und Schlackeneinschlüssen, harte und weiche Partien ganz ungleichmässig verteilt. (E = Querschnitt, F = Längsschnitt.) Man versteht beim Betrachten dieser Aetzfiguren, weshalb der Kohlenstoffgehalt der verschiedenen Teile des Stückes immer ein anderer ist.

G: Querschnitt durch die *Sichel*, Analyse Nr. 1. Die Aetzfigur lässt erkennen, dass die Sichel durch Zusammenlegen und Zusammenhämmern und Schweissen einzelner dünner Bleche — die Umbiegestellen sind gut zu erkennen — dargestellt wurde. Dadurch, dass das Eisen sehr oft im Kohlenofen ausgeglüht wurde, nahm es viel Kohlenstoff auf und bekam den Charakter des weichen Stahles. Es verrät schon eine hohe Stufe der Eisentechnik, und dürfte deshalb, was ja auch der hohe Phosphorgehalt zeigt, der Spät-La Tène-Zeit angehören.

H und I: Querschnitt und Längsschnitt des *Armringes*, Analyse Nr. 6. Besser ausgeschmiedet, als die Eisen der Früh-La Tène-Zeit (die Spalten und Risse fehlen fast ganz), aber das Eisen ist immer noch sehr ungleichmässig. Das gleiche gilt für

K und L: es ist der, möglicherweise römische, *Nagel* vom *Mont Terri*, hübsch ist die durch vermutlich einseitiges Aushämmern erzielte Schichtung des Eisens.

Jedenfalls lassen diese Aetzfiguren deutlich den Fortschritt der Eisentechnik von der Früh-La Tène-Zeit bis zur römischen Zeit erkennen.

Beim Vergleich der Aetzbilder des prähistorischen und des modernen Eisens kommt man zu der Ueberzeugung, dass das Eisen der Schmiede der La Tène-Zeit (und wohl auch zum Teil der römischen und früh-mittelalterlichen) niemals vollkommen geschmolzen gewesen ist.

Wir wissen noch sehr wenig über die Methoden der Eisengewinnung bei den alten Völkern. Die Angaben der Schriftsteller sind sehr dürftig, so dass man sich nur schwer ein genaues Bild machen kann. Zwar ist man, dank der Funde auf *Elba*, *Korsika* usw. ziemlich gut orientiert wie zur römischen Kaiserzeit Eisen gemacht wurde, dafür begegnet man genaueren Angaben über die Eisenbereitung im Norden der Alpen erst im späteren Mittelalter. Bis dahin ist man auf die spärlichen Ergebnisse von Ausgrabungen und zufälligen Funden angewiesen.

Wohl die genauesten Angaben über prähistorische Eisenschmelzen im Norden der Alpen machte der weiland Berner Minen- und Hütteningenieur *A. Quiquerez*. In den 50er und 60er Jahren des verflorbenen Jahrhunderts hat dieser Fachmann eine grosse Reihe — er gibt an mehr als hundert — alte prähistorische Eisenschmelzen und Eisenminen im Berner Jura aufgedeckt und untersucht. Er veröffentlichte verschiedene Abhandlungen über diesen Gegenstand, die wichtigste findet sich in den Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft in Zürich 1871 abgedruckt. *Quiquerez* gibt dort die Abbildung eines von ihm auch im Modell hergestellten Schmelzofens¹⁷⁾ und beschreibt den Hüttenprozess; seine Angaben sind umso interessanter, als sie wie schon gesagt von einem Fachmanne gemacht werden.

Der Ofen bestand aus einer tiegelartigen Röhre, die in den Hang einer Böschung eingeschnitten wurde, die Schachthöhe betrug 2,5—2,7 Meter, der innere Durchmesser 60—70 cm. Die Wände des Tiegels waren mit Ton ausgestampft. Unten ging der Ofen in einen horizontalen Schmelzkanal über, der nach aussen führte. Durch diese Oeffnung trat der Wind ein, er wurde nach der Ansicht von *Quiquerez* nicht durch Bälge hervorgebracht, sondern bloss durch natürlichen Luftzug.

Die zähflüssige Schlacke wurde von Zeit zu Zeit mit eisernen Hacken, die an einem hölzernen Stiele befestigt waren, durch den Luftkanal heraus geholt. (*Quiquerez* hat solche Hacken aufgefunden.) Unter Verbrauch von riesigen Mengen Holzkohle konnte in diesen kleinen Oefen nur eine für unsere heutigen Begriffe winzige Menge Eisen gefertigt werden, *Quiquerez* meint etwa 30—50 Pfund. Berücksichtigt man ferner, dass der Ofen bald repariert, ja erneuert werden musste, dass das Holz und die Erze oft von weit her sehr mühsam herbeigeschafft werden mussten, so wird man *Quiquerez* Recht geben, wenn er meint, das Eisen wäre sehr teuer zu stehen gekommen.

Es ist zweifellos, dass in derartigen Oefen das Eisen niemals vollständig geschmolzen werden konnte. Dafür reichte die Temperatur noch lange nicht, und das mag wohl auch noch für diejenigen primitiven Oefen gelten, bei denen zuerst Luft mittelst einfacher Blasebälge in den Ofen geblasen wurde. Das Eisenerz, das Oxyd, wurde wohl reduziert, aber nicht oder wenigstens nur an wenigen Stellen geschmolzen. Denn das sehr weiche kohlenstofffreie Eisen, das zuerst durch Reduktion entsteht, hat einen so hohen Schmelzpunkt, dass die in den prähistorischen Oefen, ja

¹⁷⁾ Dieses Modell befindet sich jetzt im Museum zu *Basel*.

wohl noch in den Oefen des früheren Mittelalters, erreichten Hitze-
grade zum Schmelzen nicht ausreichten. Man muss bedenken, dass
die Temperatur im Schmelzraum eines modernen Hochofens 1200
bis 1300⁰ beträgt. Dagegen erfordert die blosse Reduktion des
Erzes zu schiedbarem Eisen die Temperatur von 700⁰. Das
reduzierte Eisen bildete einen glühenden Schwamm am Boden des
Ofens, es nahm aus den umgebenden Kohlen Kohlenstoff auf,
aber diese Aufnahme war natürlich keine gleichmässige. Es war
dann der Kunst des Schmiedes vorbehalten, dieses rohe Eisen durch
wiederholtes Glühendmachen und fleissiges, oft wiederholtes Aus-
hämmern mehr oder weniger homogen zu gestalten. Und die Aetz-
figuren zeigen dann auch, in welchem Masse das dem prähisto-
rischen Schmiede gelungen ist. Je mehr Spalten und Schlacken-
einschlüsse vorhanden sind, je mehr dunkle und helle Stellen,
umso weniger gut ist dem Schmiede von anno dazumal seine
Arbeit geraten.

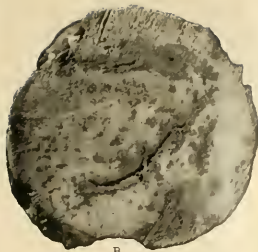
Für das eben Gesagte sind besonders auch die *Schlacken* be-
weisend, welche oft in Massen in der Nähe solcher Oefen gefunden
wurden. Beck¹⁸⁾ in seiner Geschichte des Eisens, gibt gelegentlich
die Analyse solcher Schlacken. Sie enthalten immer noch so grosse
Mengen Eisen, meistens 50⁰/₀ und mehr, dass kaum die Hälfte des
in den Erzen enthaltenen Metalles ausgebracht sein konnte. Dies
spricht mehr wie alles andere für den mangelhaften Schmelz-
prozess, für die niedrige Temperatur im Ofen. Die Schlacken
eines modernen Hochofens sind fast frei von Eisen.

¹⁸⁾ loc. cit. S. 639.

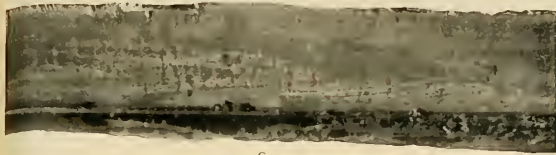
Eingegangen 9. Mai 1910.



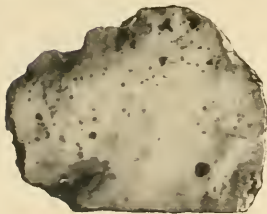
A



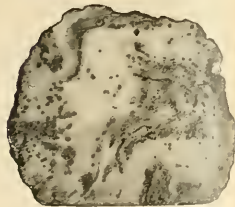
B



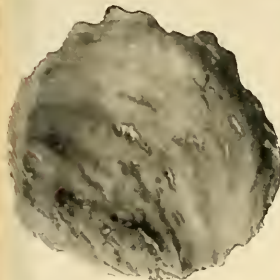
G



C



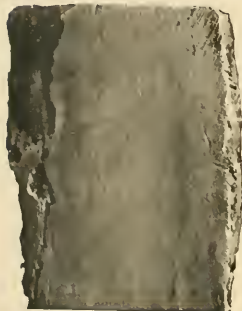
E



H



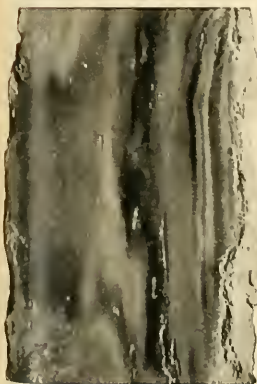
K



D



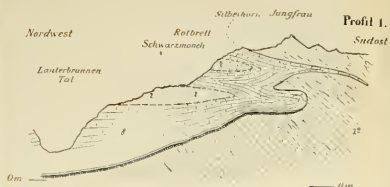
F



J

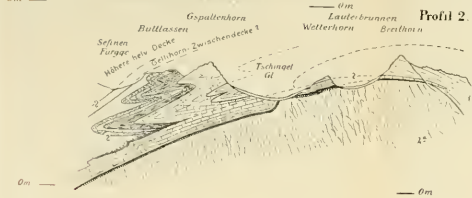


L

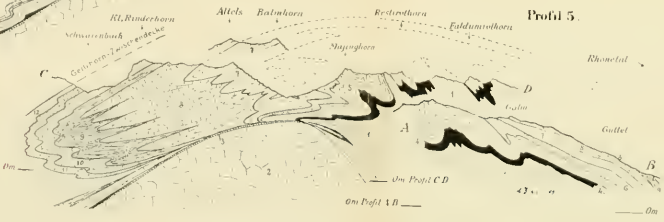
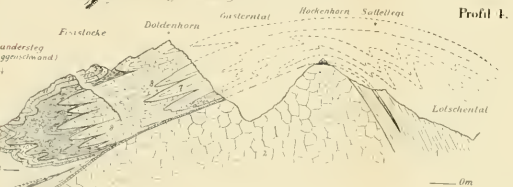
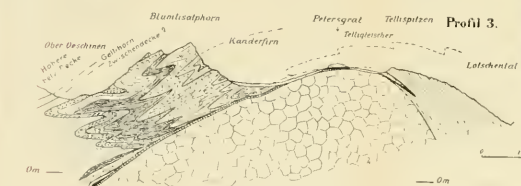


Profil 1.
 Fünf Profilentwürfe durch den Nordwestrand u. das Westende des Aarmassivs.

Nach den Untersuchungen von A Baltzer, Ev Fellenberg & Gerber M Lugon A Troesch, den Aufnahmen E Truningers u. eigenen Beobachtungen zusammengestellt v. A Buxtorf, Jan 1909



- Legende**
- 13 Nummulitenbildungen
 - 11 Haulerstein
 - 10 Valangien
 - 9 Bernissen
 - 8 Malm
 - 7 Dogger
 - 6 Opalinmasschiefer
 - 5 Lias
 - 4 Trias
 - 3 Verrucano (Perm)
 - 2 Gastergranit
 - 2a Gramitischer Gneiss
 - 1 Kristalline Schiefer



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel](#)

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: [21_1910](#)

Autor(en)/Author(s): Rupe Hans

Artikel/Article: [Chemische Untersuchung einiger Bronze- und Eisenfunde der La Tène-Zeit 25-40](#)