Weiterhin kommen als metastabile Formen noch vor: *α-Tridymit* und *α-Cristobalit*, sowie die unterkühlte Schmelze („*Quarzglas*"). Die im metastabilen Gebiete liegenden Umwandlungspunkte haben dabei (vgl. Fig. 108) die Werte:

$$\alpha\text{-Tridymit} \xrightleftharpoons{117^\circ} \beta\text{-Tridymit},$$

$$\alpha\text{-Cristobalit} \xrightleftharpoons{\text{ca. } 250^\circ} \beta\text{-Cristobalit},$$

$$\beta\text{-Quarz-} \xrightleftharpoons{1550^\circ} \text{Schmelze}.$$

Die Umwandlungsgeschwindigkeiten bei den verschiedenen Umwandlungspunkten sind (bei Abwesenheit umwandlungs-beschleunigender Lösungsmittel — „*Mineralisatoren*" —) sehr gering. Daher kommt es, daß die durch Unterkühlung der Schmelze bzw. von β-Cristobalit oder β-Tridymit erhältlichen Formen des Quarzglases bzw. α-Cristobalits oder α-Tridymits bei Zimmertemperatur „beständig" (metastabil) sind, obwohl bei dieser Temperatur der α-Quarz die einzige wirklich stabile Form ist. Am „instabilsten" ist bei Zimmertemperatur das Quarzglas, da es — vgl. Fig. 108 — gegenüber den anderen den größten Dampfdruck aufweist. Erhöht man durch andauerndes Glühen die Geschwindigkeit der Umwandlung dieses glasig-amorphen Kieselglases in den kristallinen Zustand, so „*entglast*" (= kristallisiert) es denn auch; und zwar geht es — der OSTWALDschen Stufenregel (S. 189) entsprechend — in die nächst stabilere Form, den Cristobalit, über. Zur Kristallstruktur des Siliciumdioxyds vgl. S. 328.

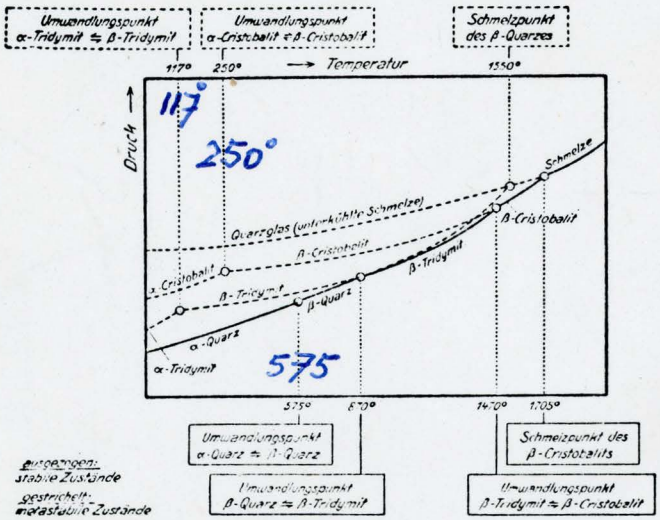


Fig. 108. Zustandsdiagramm des Siliciumdioxyds

Die für den Chemiker wichtigste Form des Siliciumdioxyds ist das „Quarzglas" und das „Quarzgut". Sie entsteht beim Schmelzen von kristallinem Quarz (Bergkristall für Quarzglas, Quarzsand für Quarzgut) und Abkühlen der Schmelze. Schmilzt und entgast man völlig, so erhält man klar durchsichtiges, luftblasenfreies Quarzglas; begnügt man sich mit einem nur teilweisen Schmelzen („*Sintern*") und Entgasen, so entsteht durchscheinend weißes, seidenglänzendes, von zahlreichen Luftbläschen durchsetztes Quarzgut. Quarzglas und Quarzgut („*Vitreosil*", „*Dioxsil*", „*Siloxyd*", „*Sinterquarz*") werden viel zu Schalen, Tiegeln, Destillierkolben und sonstigen chemischen Geräten gegossen, verformt oder geblasen. Die Hauptschwierigkeit bei der Herstellung solcher Geräte besteht in der Vermeidung der Kristallisation (vgl. oben), welche bei den hohen Temperaturen nahe dem Schmelzpunkt während des Abkühlens leicht ausgelöst wird. Quarzgut dient zur Herstellung ganzer chemischer Großapparaturen (z. B. zur Konzentrierung von Schwefelsäure, zur Fabrikation von Salzsäure). Der Vorzug der Quarzgeräte und -apparaturen liegt in ihrer chemischen Widerstandsfähigkeit, ihrer schweren Schmelzbarkeit und in ihrem

2 SiO_2

2 SiO_2

Kristalline Modifikationen von SiO_2 [66] [67]

Die bei verschiedenen Temperaturen unter „normalen" Drücken existenten kristallinen Modifikationen des SiO_2 sind: α- und β-Quarz; α-, β- und γ-Tridymit; α- und β-Cristobalit. Die Stabilitätsgebiete dieser Modifikationen wurden von Fenner [68] (s. Bild IV–2) bestimmt. Danach besteht folgende Reihe enantiotroper Umwandlungen:

$$\beta\text{-(Tief-) Quarz} \xrightleftharpoons{573^\circ C} \alpha\text{-(Hoch-) Quarz} \xrightleftharpoons{870^\circ C} \alpha\text{-(Hoch-) Tridymit} \xrightleftharpoons{1470^\circ C} \alpha\text{-(Hoch-) Cristobalit} \xrightleftharpoons{1713^\circ C} \text{Schmelze}$$

Außerdem können sich Tridymit und Cristobalit bei tieferen Temperaturen in metastabile Modifikationen umwandeln:

$$\gamma\text{-Tridymit} \xrightleftharpoons{117^\circ C} \beta\text{-Tridymit} \xrightleftharpoons{163^\circ C} \alpha\text{-Tridymit}$$

und

$$\beta\text{-Cristobalit} \xrightleftharpoons{180\cdots270^\circ C} \alpha\text{-Cristobalit}.$$

Die Umwandlungen zwischen den Hoch- und Tiefformen verlaufen relativ schnell und spontan, während der Übergang von Quarz in Tridymit und von Tridymit in Cristobalit relativ langsam und meist nur in Gegenwart von Mineralisatoren vor sich geht, so daß sich diese Modifikationen auch leicht überhitzen lassen; auf diese Weise konnte beispielsweise der Schmelzpunkt von α-(Hoch-) Quarz zu $\approx 1450\,^\circ C$ als wahrscheinlichster Wert bestimmt werden (s. [67]). (Die angegebenen Werte schwanken zwischen 1450 und 1770 °C.) Entsprechend ihrer geringen Umwandlungsgeschwindigkeit können Tridymit und Cristobalit (in Form ihrer Tieftemperaturmodifikationen) auch bei normalem Abkühlen auf Raumtemperatur erhalten bleiben. Ebenso läßt sich auch die SiO_2-Schmelze leicht unterkühlen, und man erhält Kieselglas. Die Umwandlungs- bzw. Schmelztemperaturen sind aus Bild III–72 bzw. Tafel III–8 zu entnehmen.

Für die meisten praktischen Zwecke dürfte — wegen zumeist immer vorhandener geringer Fremdbeimengungen — das in Bild III–72 wiedergegebene „klassische" SiO_2-Diagramm nach Fenner weiterhin Gültigkeit haben, wenngleich sich für die Betrachtung der Modifikationsbeziehungen hochreinen Siliziumdioxids nach Flörke [66] ergibt, daß Tridymit in einem derartigen System überhaupt nicht auftritt. Tridymit kann danach nur mit Fremdionen im Gitter existieren, wofür bereits Spuren genügen. Flörke wies dies nach, indem er Tridymit bei 1200···1300 °C elektrolysierte. Dabei wanderten die Verunreinigungen in den Kathodenraum, während an der Anode Cristobalit entstand. Wurde der Versuch unterhalb 1100 °C durchgeführt, so entstand Quarz (nicht Tridymit) anstelle von Cristobalit. Das Gleichgewicht Quarz—Cristobalit wird von Flörke bei etwa 1050 °C angenommen. Die Stabilitätsgebiete des hochreinen SiO_2 ergeben sich demzufolge so, wie in Bild III–73 dargestellt. (Zur Strukturfrage des Tridymits s. I, 4.1.1.6. F. Über verschiedene Tridymitformen s. auch Sosman [67].) Die im Vergleich zum Quarz geringeren Dichten und Brechungsindizes von Tridymit und Cristobalit (Tafel III–8) sind in den relativ größeren Strukturhohlräumen (s. Struktur I, 4.1.1.6. F) zu suchen.

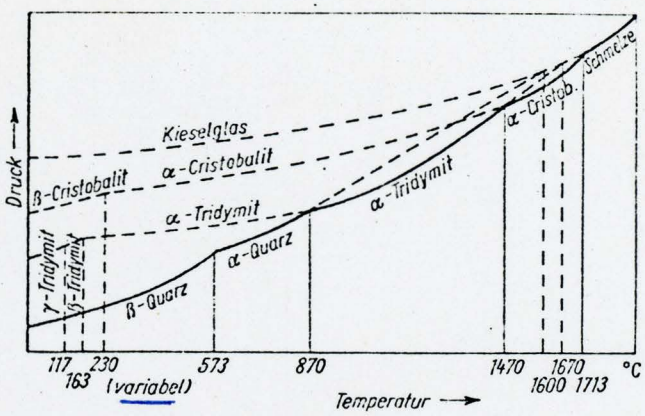
Die $\alpha \rightleftharpoons \beta$-Umwandlung des Quarzes ist von Le Chatelier [69] bereits 1889 bei Messung der linearen Ausdehnung von Quarz in Abhängigkeit von der Temperatur aufgefunden worden. Die Messungen wurden an Würfeln durchgeführt, die aus durchsichtigen Bergkristallstücken herausgeschnitten waren, und zwar sowohl senkrecht als auch parallel zu ihrer kristallografischen Hauptachse (*c*-Achse). Die Wärmeausdehnung wurde außerdem an Würfeln untersucht, die aus feinkörnigem Sandstein herausgeschnitten worden waren und Aggregate von ungeordneten Kristallen darstellten. In allen drei Fällen wurde bei 573 °C ein scharfer Knick in der thermischen Ausdehnungskurve beobachtet, der durch den Übergang von β-Quarz in α-Quarz bedingt ist (Bild III–74a). Die Ausdehnungskurven von Quarz zeigen insofern eine Anomalie, als der α-Quarz einen negativen, der β-Quarz dagegen einen positiven Temperaturkoeffizienten der linearen Ausdehnung aufweist.

Die Umwandlungen von α-Quarz, α-Tridymit und α-Cristobalit in ihre Tieftemperaturmodifikationen sind insofern für die Praxis von wesentlicher Bedeutung, als sie — entsprechend der linearen Dehnung — von beträchtlichen Volumenänderungen begleitet werden, was in manchen Fällen zum Springen (Rissigwerden) von keramischem Material mit verschiedenen SiO_2-Modifikationen führen kann. Erzeugnisse, die größere Mengen Cristobalit enthalten, sind diesbezüglich besonders gefährdet. In Bild III–74b wird die Wärmedehnung von Quarz, Tridymit und Cristobalit beim Erhitzen gezeigt.

2 SiO_2

2 SiO_2

SCHWIETE und STOLLENWERK [71] [72] wandten die Röntgenzählrohrmethode zur Untersuchung der Umwandlung des Quarzes an und benutzten reines Bergkristallpulver, das einem wiederholten Glühen bei 1500 °C unterworfen wurde. In Bild III–75 wird sichtbar, daß der Gehalt an Quarz in Abhängigkeit von der Brenndauer bereits in den ersten 60 min stark abnimmt und bei weiterem Erhitzen asymptotisch den Wert Null erreicht. Bei der Umwandlung bildet sich eine röntgenamorphe Übergangssubstanz, die nach schnellem Durchlaufen eines Maximums immer mehr abnimmt; der Cristobalitanteil steigt zunächst rasch, dann langsamer an. (Tridymit tritt wegen der hohen Brenntemperatur

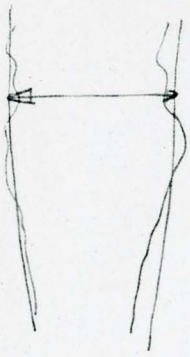


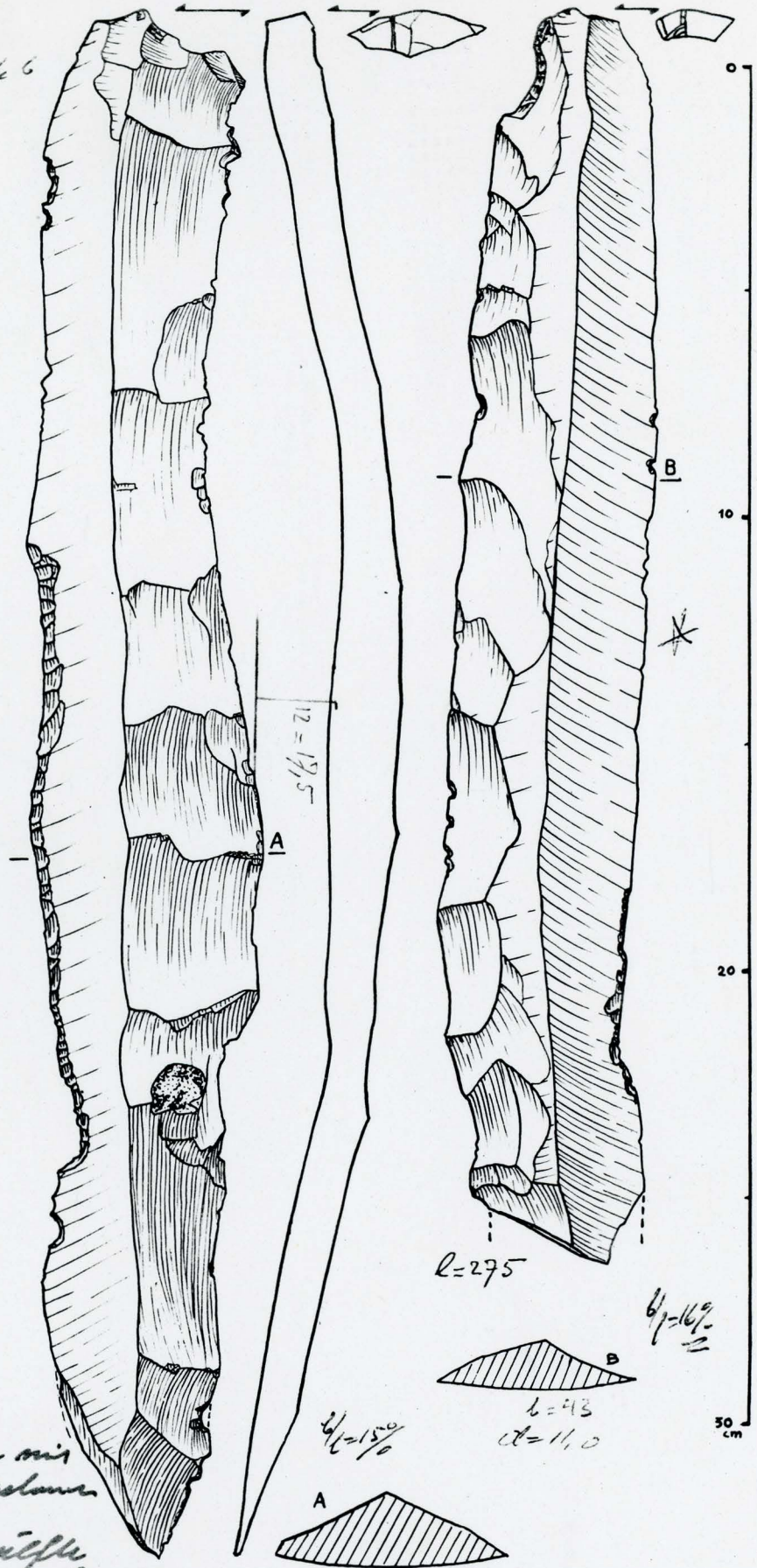
III–72. Schematische Dampfdruckkurven im System SiO nach FENNER

Tafel III–3. Kristalline Phasen im System SiO_2

Modifikation	charakterist. Temp. [°C]	Kristallsystem	Habitus	Dichte [g/cm³]	Optik n_X	n_Y	n_Z	2V; Charakter d. Doppelbrechung	Strukturaufbau (aus [66])
α-Quarz	870 → α-Tridymit	hexagonal	Doppelpyramiden	2,60	1,530		1,540	(+)	Gerüst aus $[SiO_{1/2}]$-Tetraedern mit über Ecken verknüpften, tordierten 6-Ringen
β-Quarz	573 → α-Quarz	trigonal	Prismen rundliche Körner	2,65	1,544		1,553	(+)	
α-Tridymit	1470 → α-Cristobalit	hexagonal		2,30					Gerüst aus $[SiO_{1/2}]$-Tetraedern, über Ecken zu 6-Ringen verknüpft
β-Tridymit	163 → α-Tridymit	trigonal		2,30					
γ-Tridymit	117 → β-Tridymit	rhombisch	Dendrite hexagonale Tafeln	2,27	1,470		1,474	50°; (+)	
α-Cristobalit	1723 Schmp.	kubisch	Oktaeder	2,21		~ 1,47			
β-Cristobalit	230 → α-Cristobalit	tetragonal	Dendrite gezahnte Spieße	2,33	1,484		1,487	(−)	
Coesit		monoklin	hexagonale Platten, Spieße	3,01	1,594	1,595	1,599	64°; (+)	Gerüst aus $[SiO_{1/2}]$-Tetraedern, über Ecken zu 4-Ringen verknüpft
Keatit		tetragonal		2,50 (ber.)	1,513		1,522	(−)	Gerüst aus $[SiO_4]$-Tetraedern
Stishovit		tetragonal		4,35 (synth.) 4,03 (nat.)	1,800		1,845		deformierte hexagonal dichteste Sauerstoffpackung
faseriges SiO_2		rhombisch	Fasern	1,96 bis 1,98					Ketten aus $[SiO_{1/2}]$-Tetraedern, über Kanten verknüpft
Kieselglas		amorph		2,20		1,458			regellose Gerüste aus $[SiO_{1/2}]$-Tetraedern, über Ecken zu 5-, 6- und 7-Ringen verknüpft

Die „max. Klingenbreite" ist ausgemittelt.





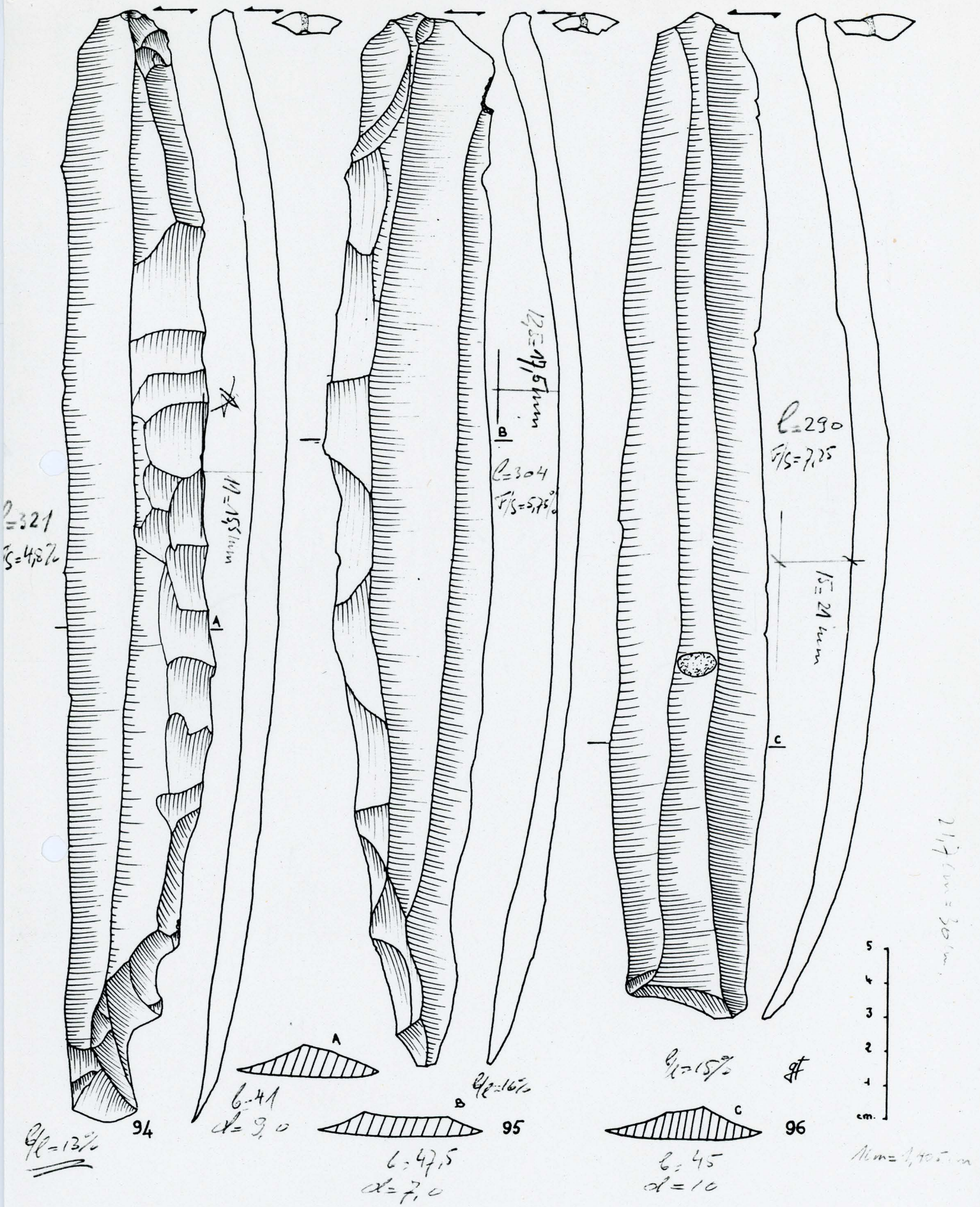
α = Reine Klinge mit wenig Querschneiden

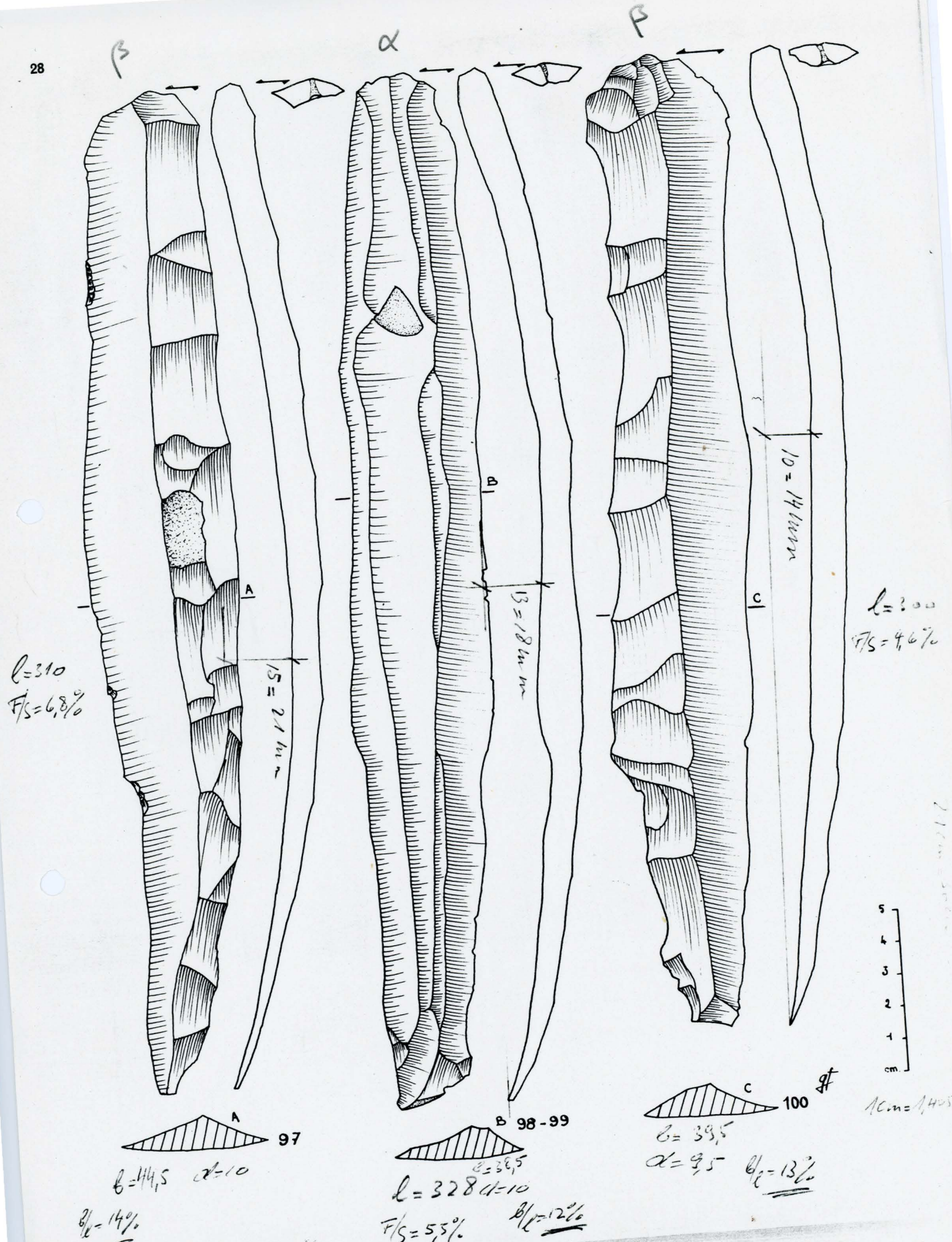
β = Durch die Hälfte mit Querschneiden bis in die Mitte

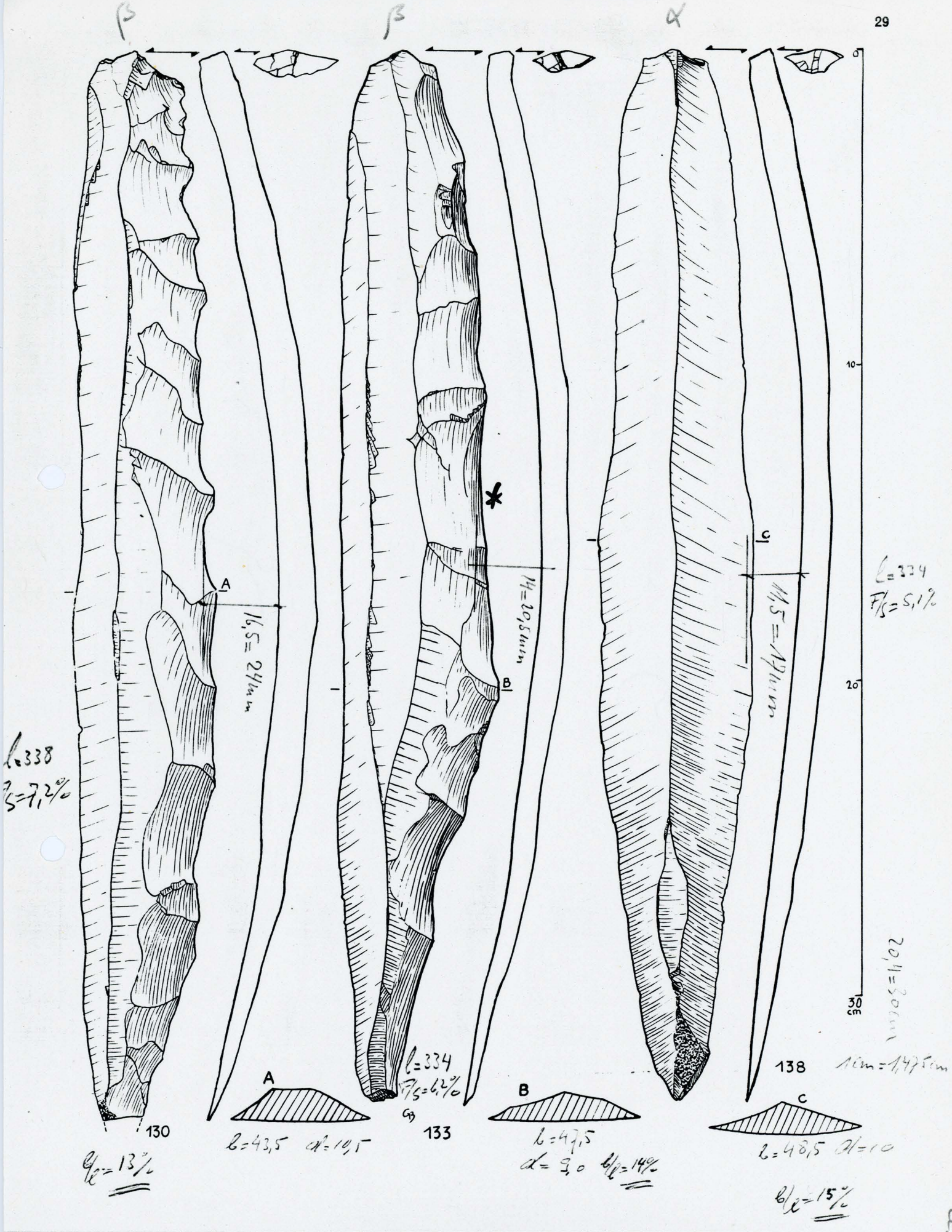
γ = Alles Querschneiden.

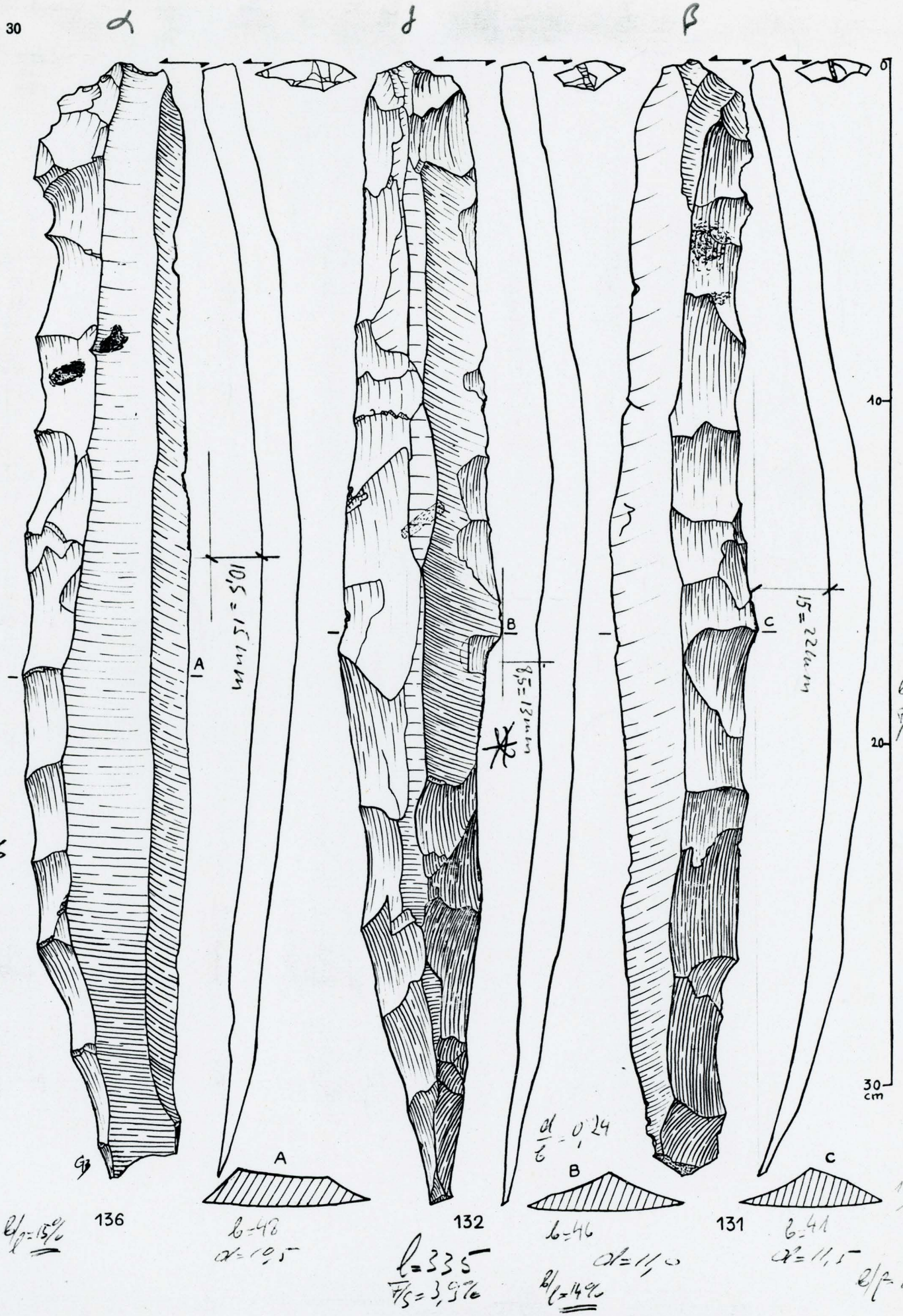
– Examples from „la Crenette" (BAMG # 23, 1972)

(– the handwriting is from my copy!)

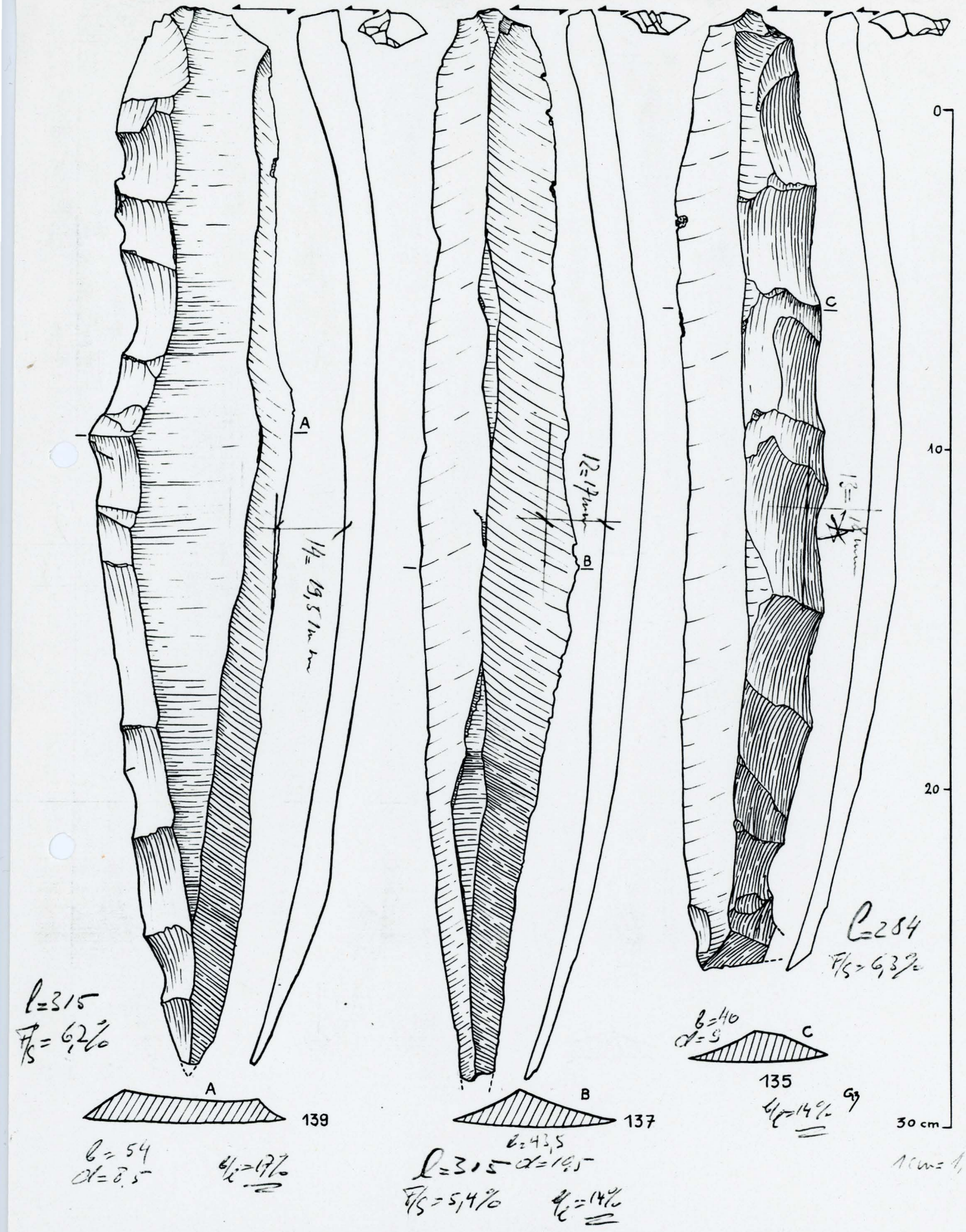

l=321
T/S=4,8%
M=155 mm
A
94
b=41
d=9,0
G/l=13%
B
95
b=47,5
d=7,0
G/l=16%
l=304
T/S=5,75%
L=195 mm
C
96
b=45
d=10
G/l=15%
l=290
T/S=7,25
L=21 mm
5
4
3
2
1
cm.


β
α
β
A
B
C
l=310
F/S=6,8%
S = 21 mm
B = 18 mm
D = 14 mm
l=300
F/S=4,6%
97
98-99
100
b=44,5 α=10
b/l=14%
b=38,5
l=328 α=10
F/S=5,5%
b/l=12%
b=39,5
α=9,5
b/l=13%
5
4
3
2
1
cm.
1Cm=1,405


β
β
α
A
B
C
16,5 = 24mm
14 = 20,5mm
14,5 = 19mm
l = 338
F/S = 7,2%
l = 334
F/S = 6,2%
l = 334
F/S = 5,1%
130
133
138
A
B
C
l = 43,5 a = 10,5
l = 47,5
a = 9,0 b/l = 14%
l = 48,5 a = 10
b/l = 13%
b/l = 15%
1cm = 1,475cm
20 = 30mm

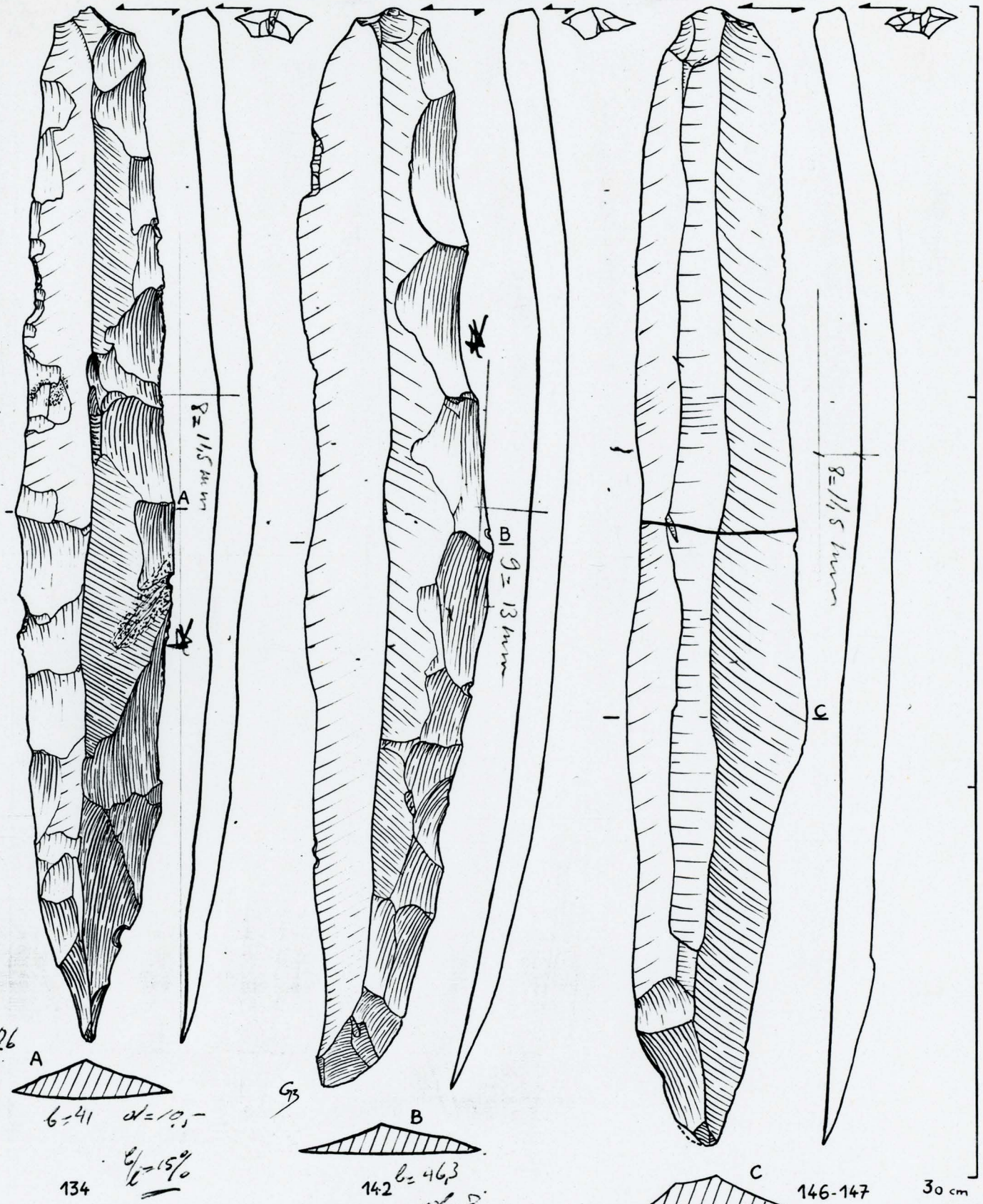

α
δ
β
A
B
C
10
20
30
cm
l=326
F/S=1,1%
l=325
F/S=6,8%
l=335
F/S=3,9%
b/l=15%
b/l=14%
136
132
131
b=40
b=46
b=41
b=19,5
b=11,0
b=11,5

α α β


A
B
C
12=17mm
14=19,5mm
13=18mm
0
10
20
30 cm
l=315
F/S=6,2%
l=284
F/S=6,3%
b=40
α=5
135
G3
4/l=14%
139
b=54
α=8,5
4/l=17%
137
b=43,5
l=315
α=19,5
F/S=5,4%
4/l=14%
1cm=1,405m

CC.6.2.16.9

γ α α



$\frac{b}{d} = 0,26$

A

b = 41 d = 10,5

b/l = 15%

134

l = 269

F/S = 4,3%

B

142 b = 46,3

d = 8.

l = 276 b/l = 17%

F/S = 4,2%

C

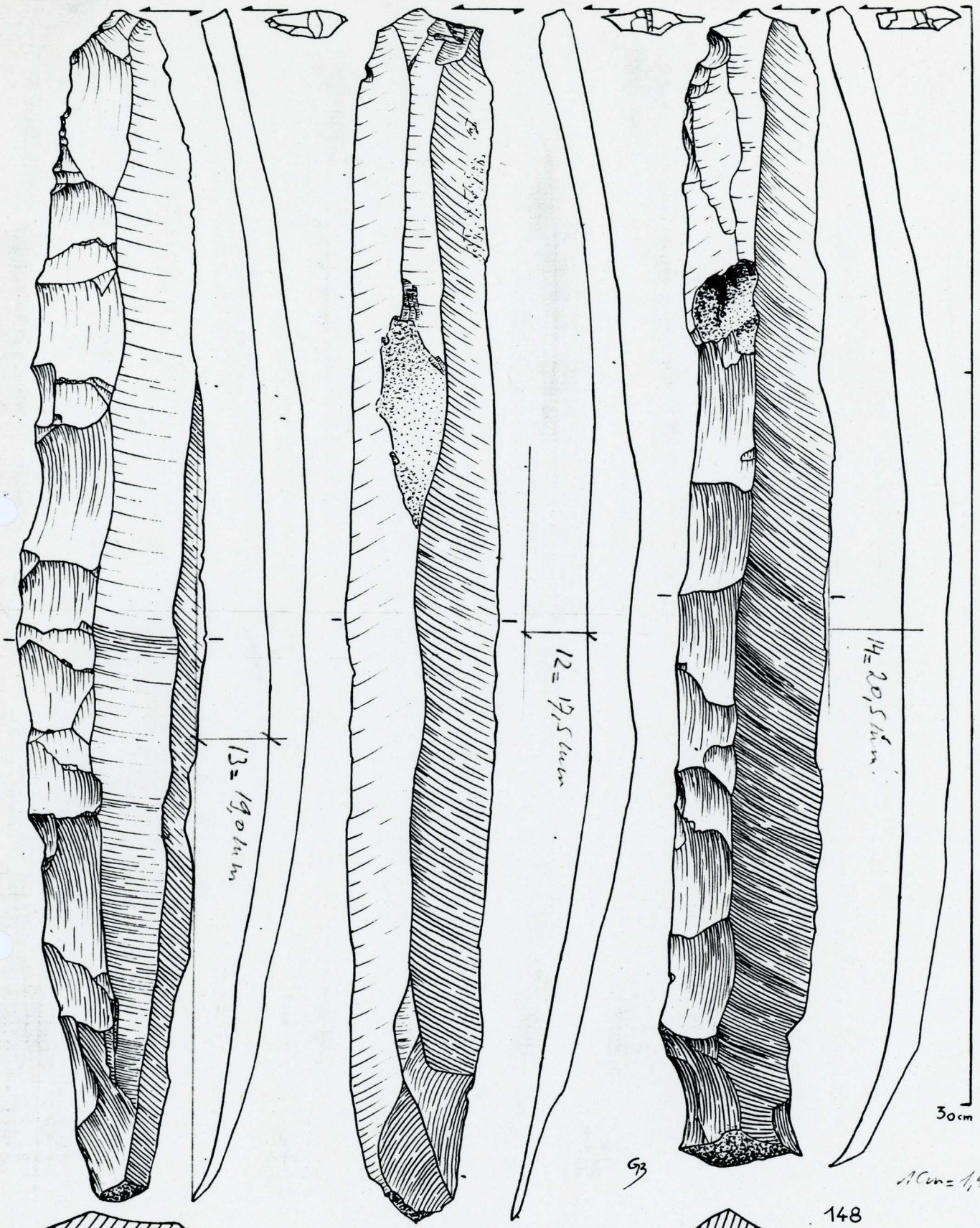
146-147

b = 46

l = 292 d = 12

F/S = 3,9% b/l = 16%

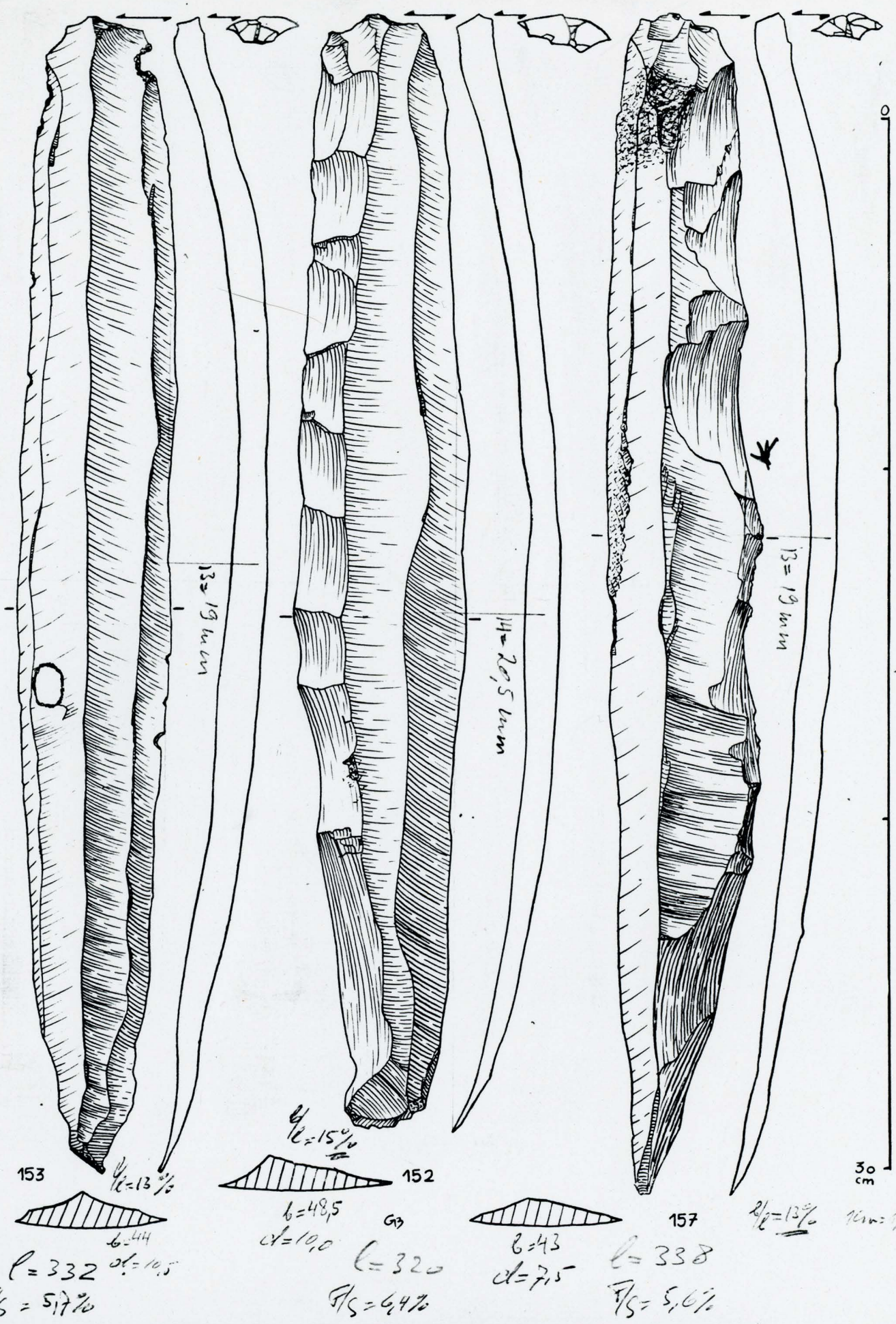
1 cm = 1,405 cm

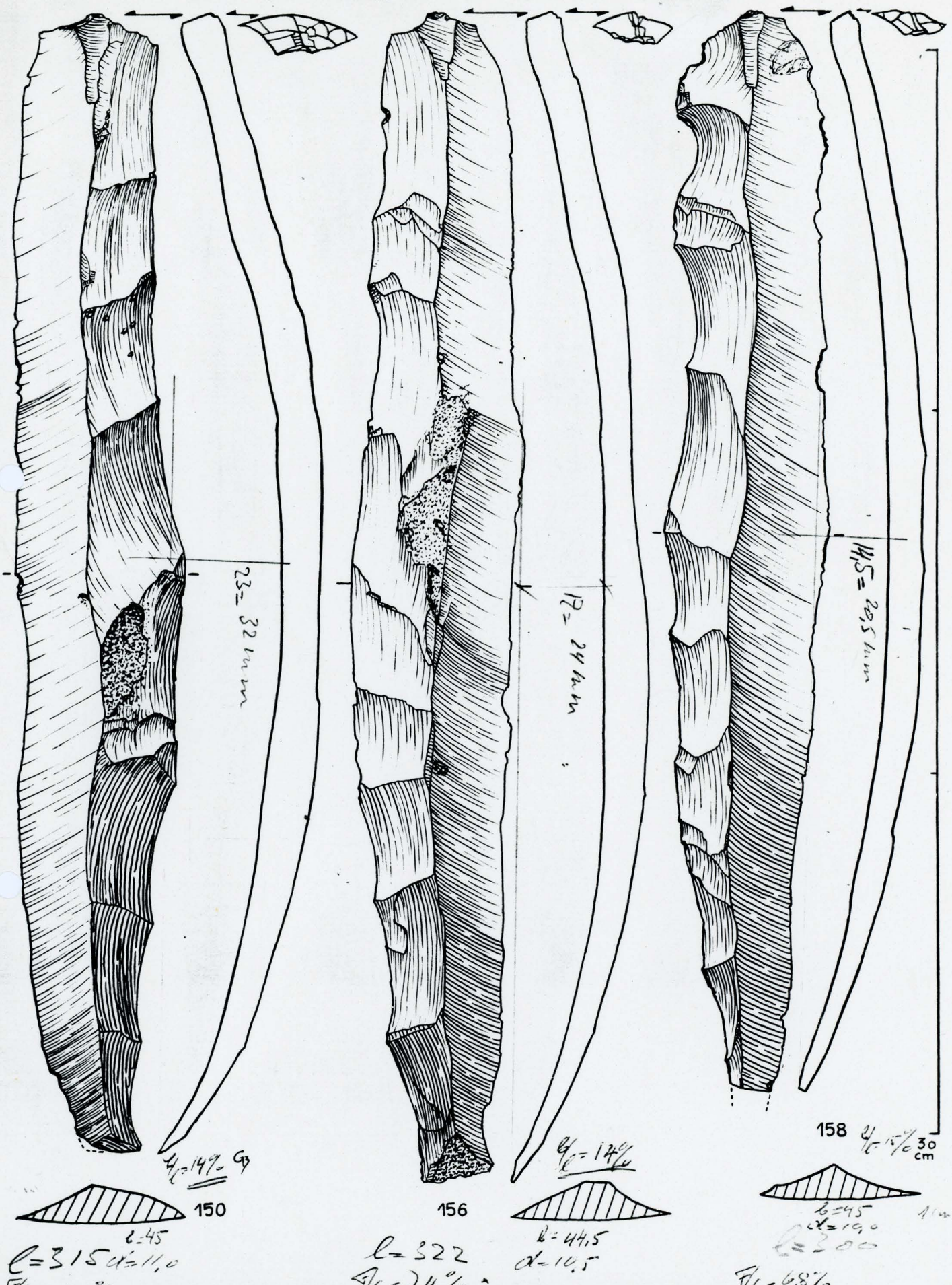


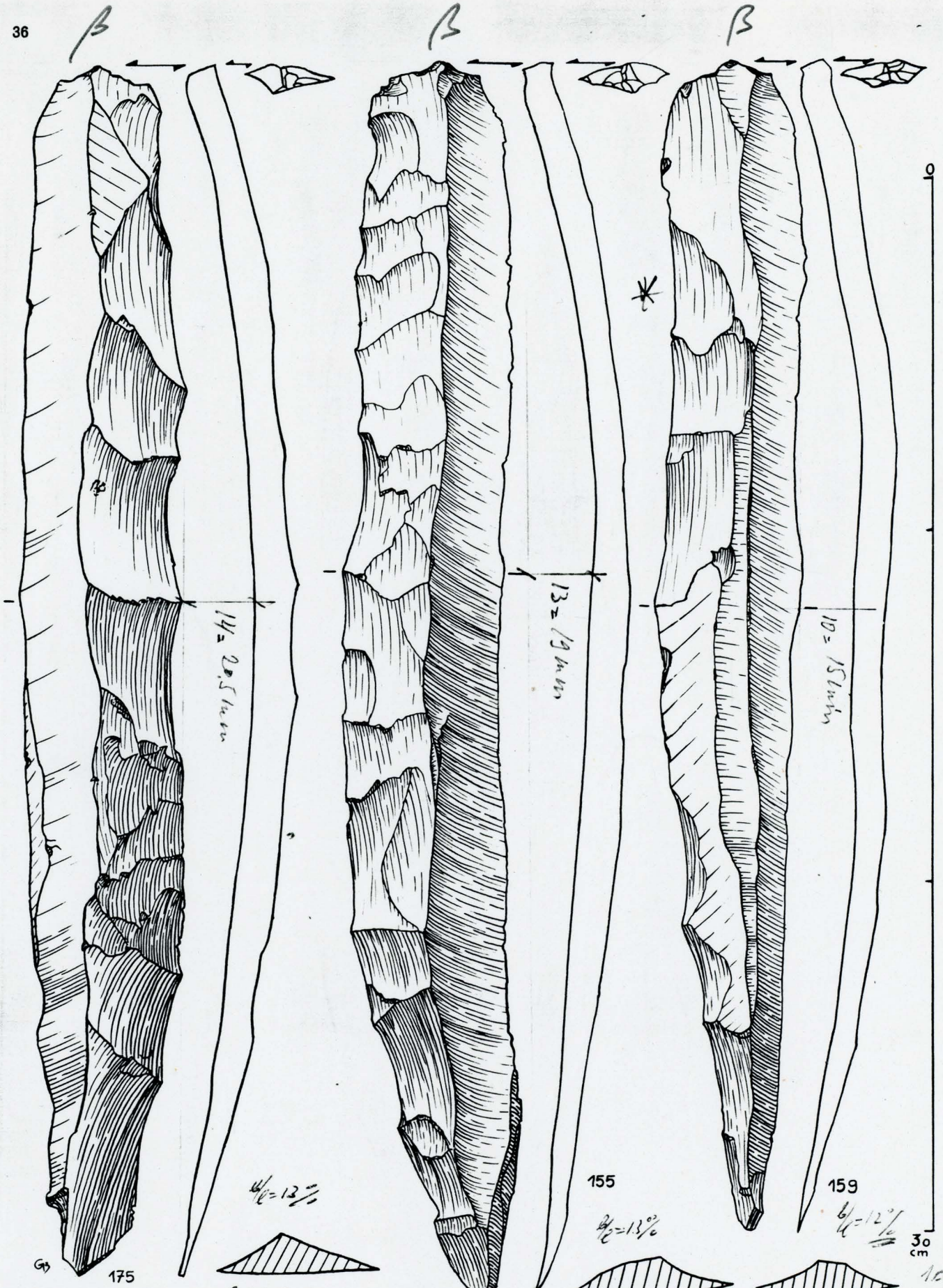
143 b=51 d=9,5
l=324
F/S = 5,9%
b/l=16%

144 b=41 d=14,5
l=330
F/S = 5,3%
b/l=12%

148 b=40 d=12,5
l=315
F/S = 6,5%
b/l=13%


α
α
β
β = 19 mm
H = 20,5 mm
β = 19 mm
0
30 cm
153
152
157
b/l = 13 %
b/l = 15 %
b/l = 13 %
b = 44
d = 10,5
l = 332
F/S = 5,17 %
b = 48,5
d = 10,0
G3
l = 320
F/S = 6,47 %
b = 43
d = 7,5
l = 338
F/S = 5,6 %
16 m = 14,75


23 = 32 mm
12 = 24 mm
14,5 = 28,5 mm
4/c = 14%
4/c = 17%
4/c = 15%
30 cm
150
156
158
b = 45
b = 44,5
b = 45
α = 11,0
α = 10,5
α = 10,0
l = 315
l = 322
l = 280
F/S = 10%
F/S = 7,4%
F/S = 6,8%

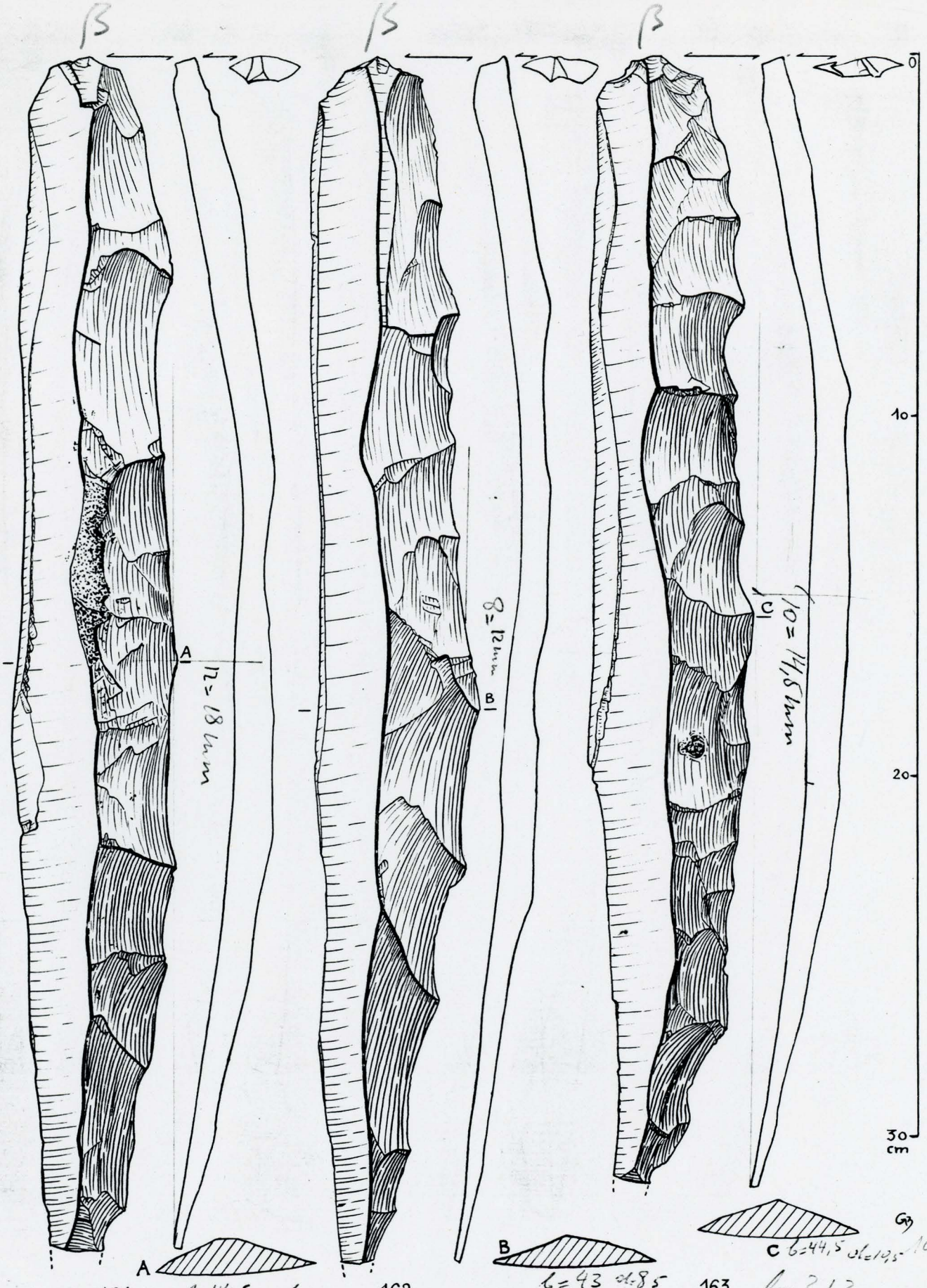


l = 336
F/S = 6,1 %
b = 44,5
d = 11,5

l = 341
F/S = 5,6 %
b = 44,5
d = 10,0

l = 325
F/S = 4,[illegible] %
b = 40
d = 9,5

1 cm² = 1,975


β
β
β
A
B
C
12 = 18 mm
8 = 12 mm
10 = 14,5 mm
0
10
20
30 cm
A
B
C
161
162
163
l = 333
F/S = 5,4%
b/l = 13%
l = 332
F/S = 3,2%
b/l = 13%
l = 313
F/S = 4,6%
b/l = 14%
b = 44,5 d = 10
b = 43 d = 8,5
b = 44,5 d = 10,5
20,4 = 30 cm
10 cm = 14,5

α α β

A B C

13,5 = 19 mm

g = 13 mm

18,5 = 23 mm

0 10 20 30 cm

A B C

b=45 α=8 167 b/l=15% l=306 F/S=4,4%

b=43 α=10,5 168 g/l=14% l=307 F/S=4,2%

b=41 α=10 160 l/l=14% l=288 F/S=8%

1cm=1,405

β α β

A B C

169 166-165 164

b=47,5 d=10

b=47 d=10,5

b=48 d=12

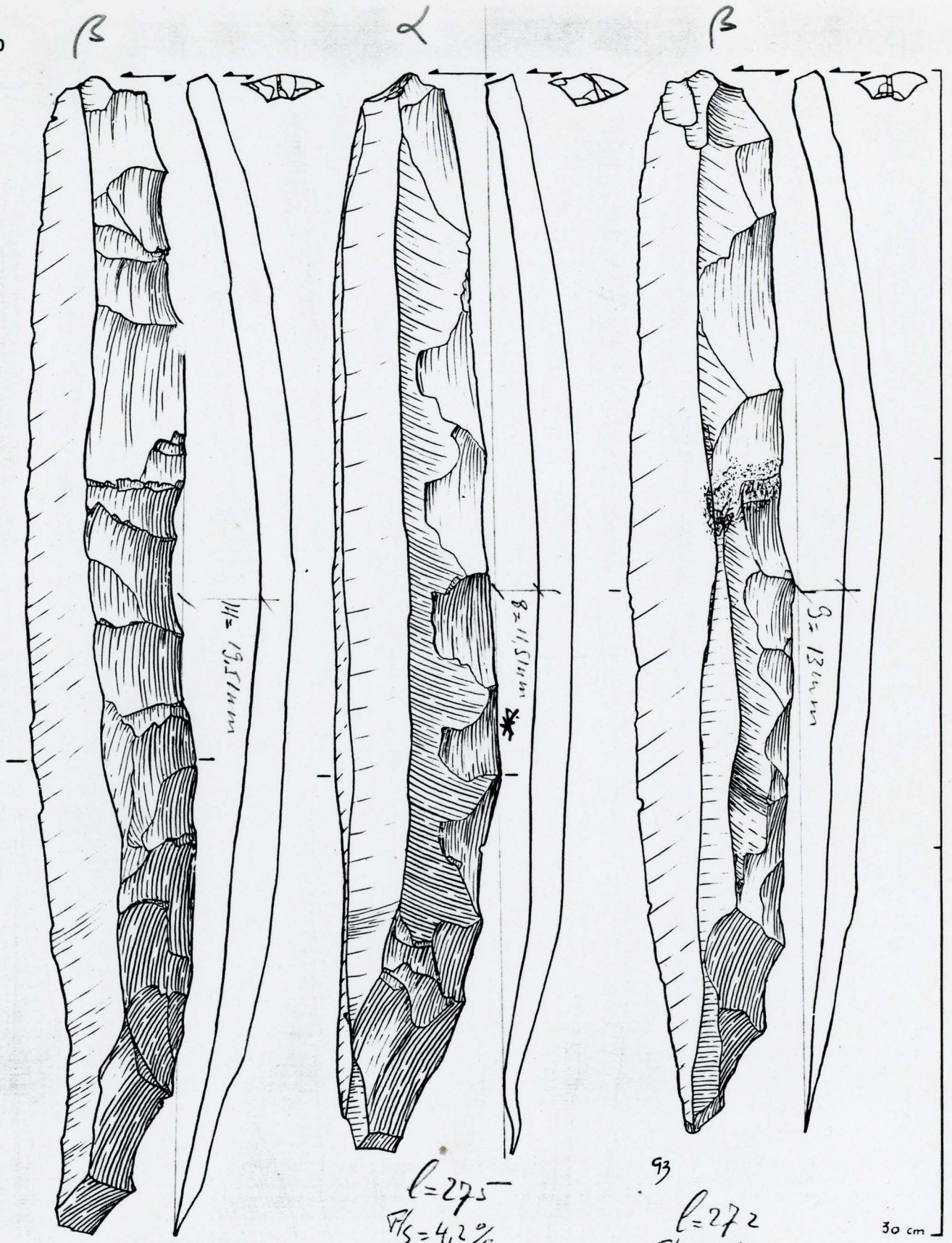
l=300 F/S=4,8% b/l=16%

l=325 F/S=7,7% b/l=15%

l=335 F/S=6,7% b/l=14%

10 20 30 cm

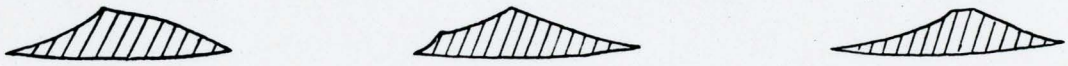
10cm=1,405



l = 298
F/S = 6,5%

l = 275
F/S = 4,2%

93
l = 272
F/S = 4,8%



176
b = 42,1
α = 9
B/l = 14%

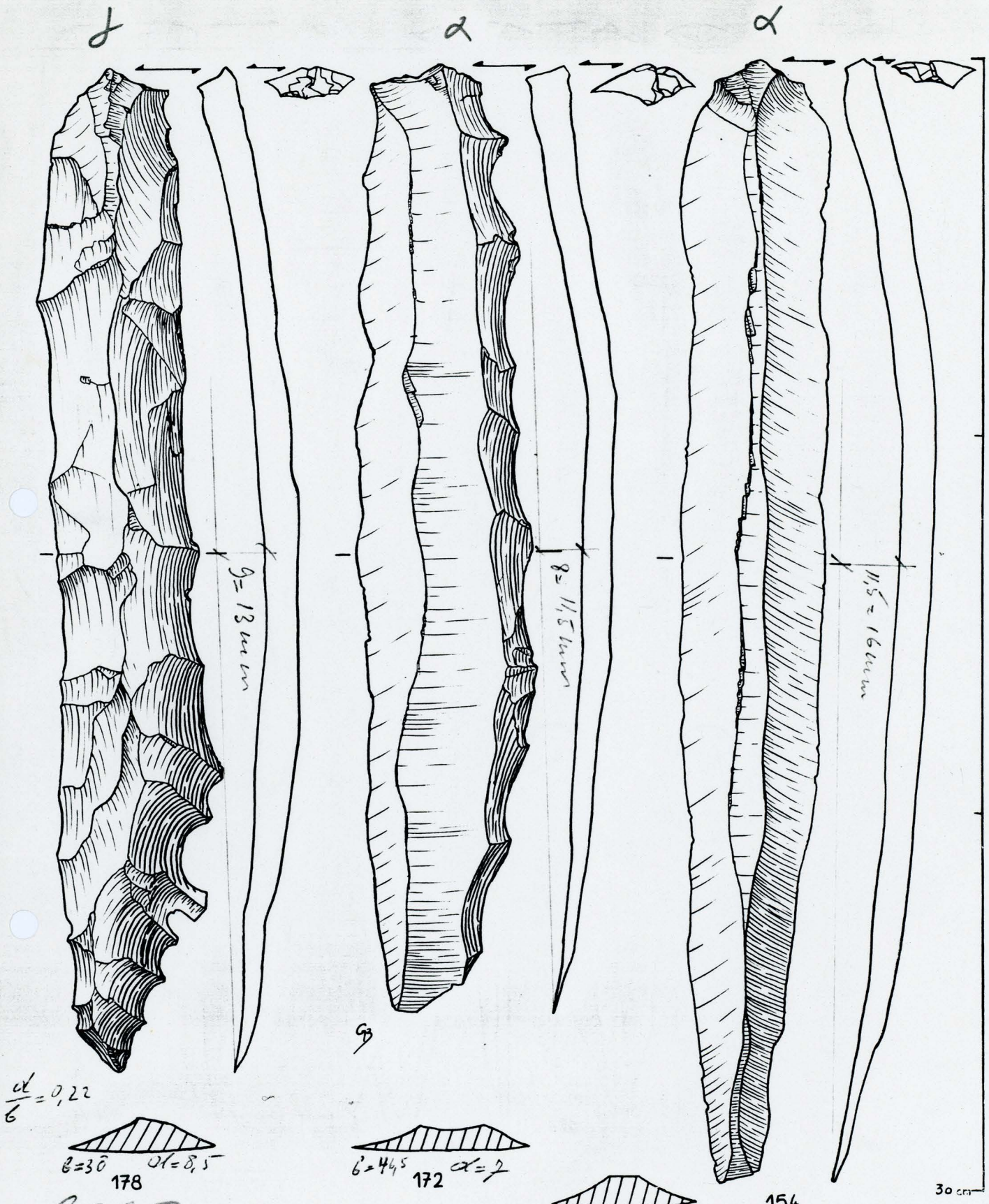
177
b = 42,1
α = 9
B/l = 15%

170
b = 42,1
α = 8,5
B/l = 16%

1 cm = 1,405

21,30 cm = 30 cm

Cc. 6.2/6.18



$\frac{d}{b} = 0,22$

b = 30 d = 8,5

178

l = 265

F/S = 4,9 %

b/l = 14 %

b = 44,5 d = 7

172

l = 250

F/S = 4,6 %

b/l = 15 %

b = 38 cm

d = 9

b/l = 13 %

154

l = 296

F/S = 5,4 %

1 cm = 1,405

β α δ

13 = 15 mm

8 = 12 mm

11,5 = 17 mm

173

b=40 d=11

B/l = 13%

180

b=47 d=10,5

B/l = 13%

174

b=57,5 d=12,2

1 cm = 1,475

B/l = 18%

30 cm

l=351

F/S = 5,4%

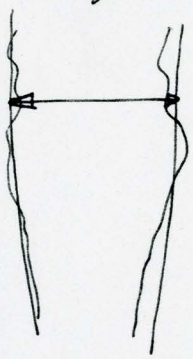
l = 312

F/S = 3,8%

l=326

F/S = 5,2%

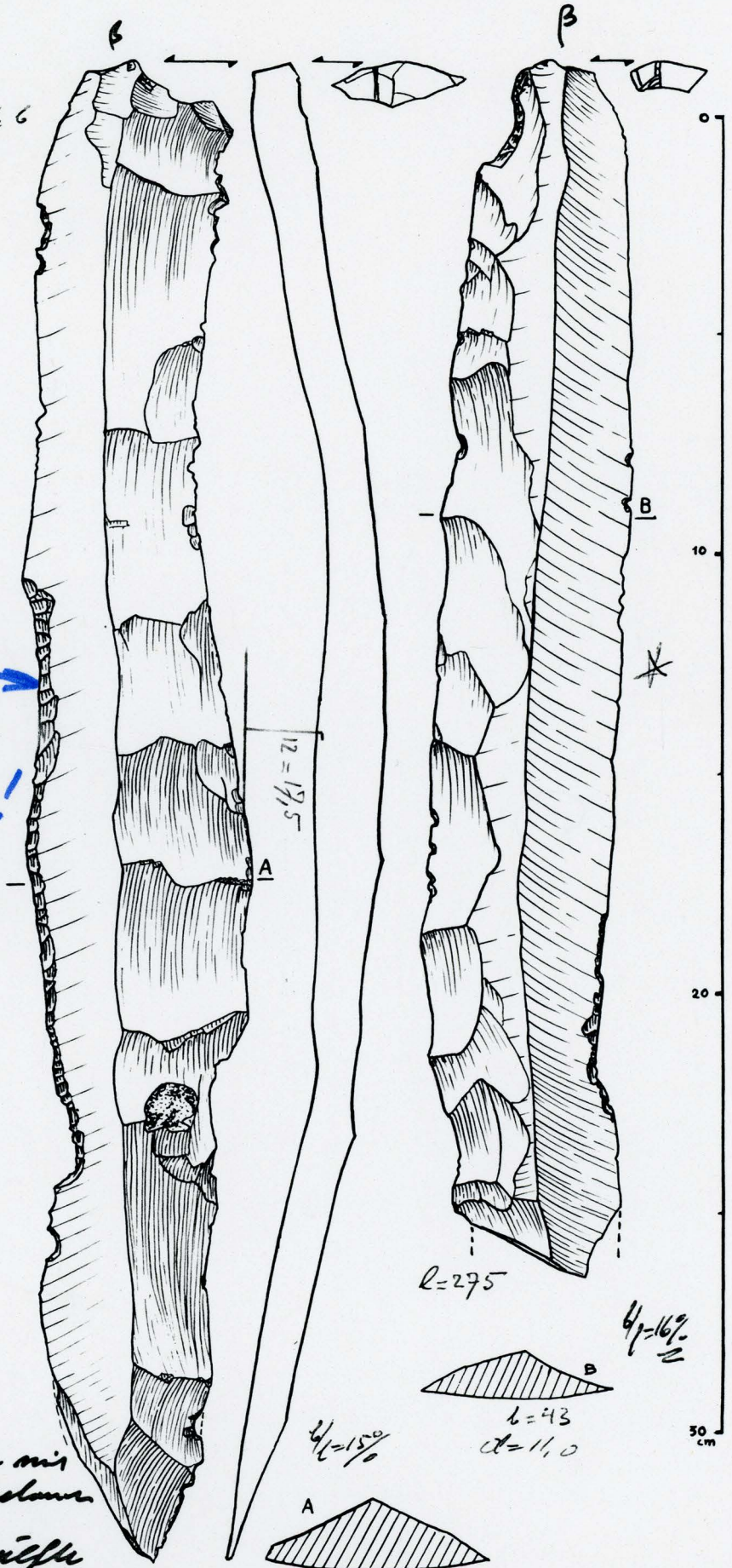
Die „max. Klingenbreite" ist ausgemittelt.



Retouches from the farmers plow!

F/S = 5,2%

l = 340



α = Reine Klinge mit wenig Querretouchen

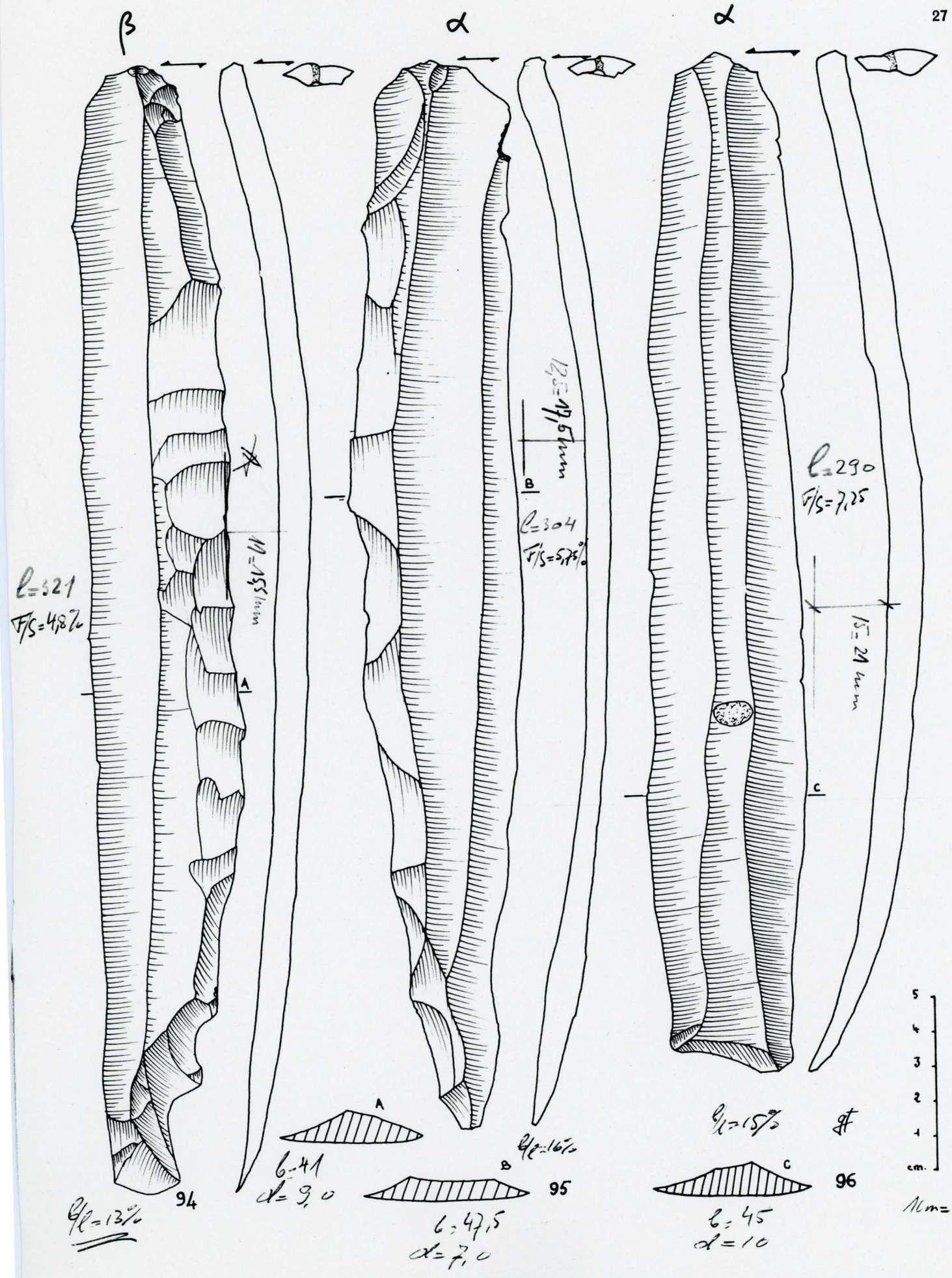
β = Durch die Hälfte mit Querretouchen bis in die Mitte

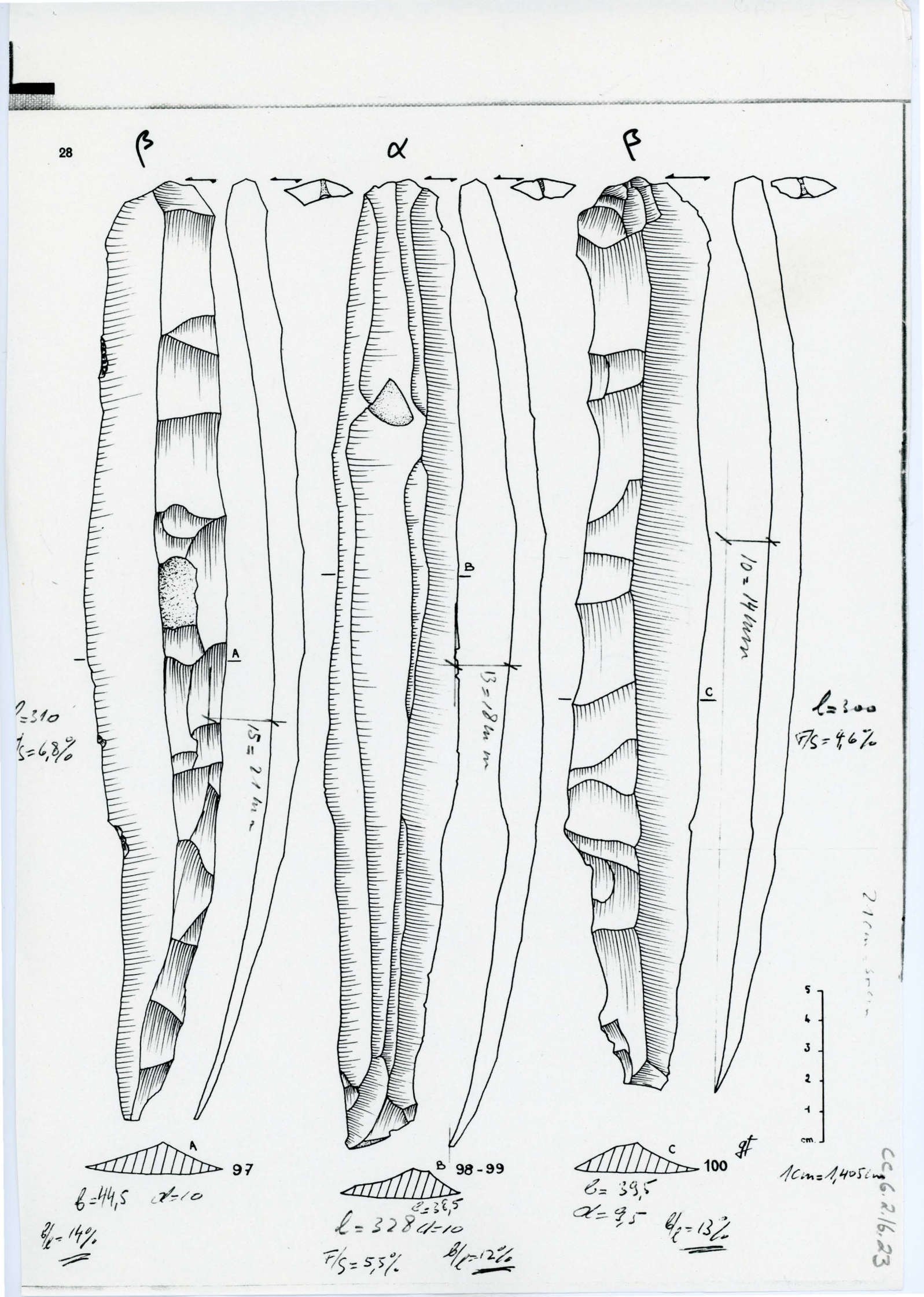
γ = Alles Querretouchen.

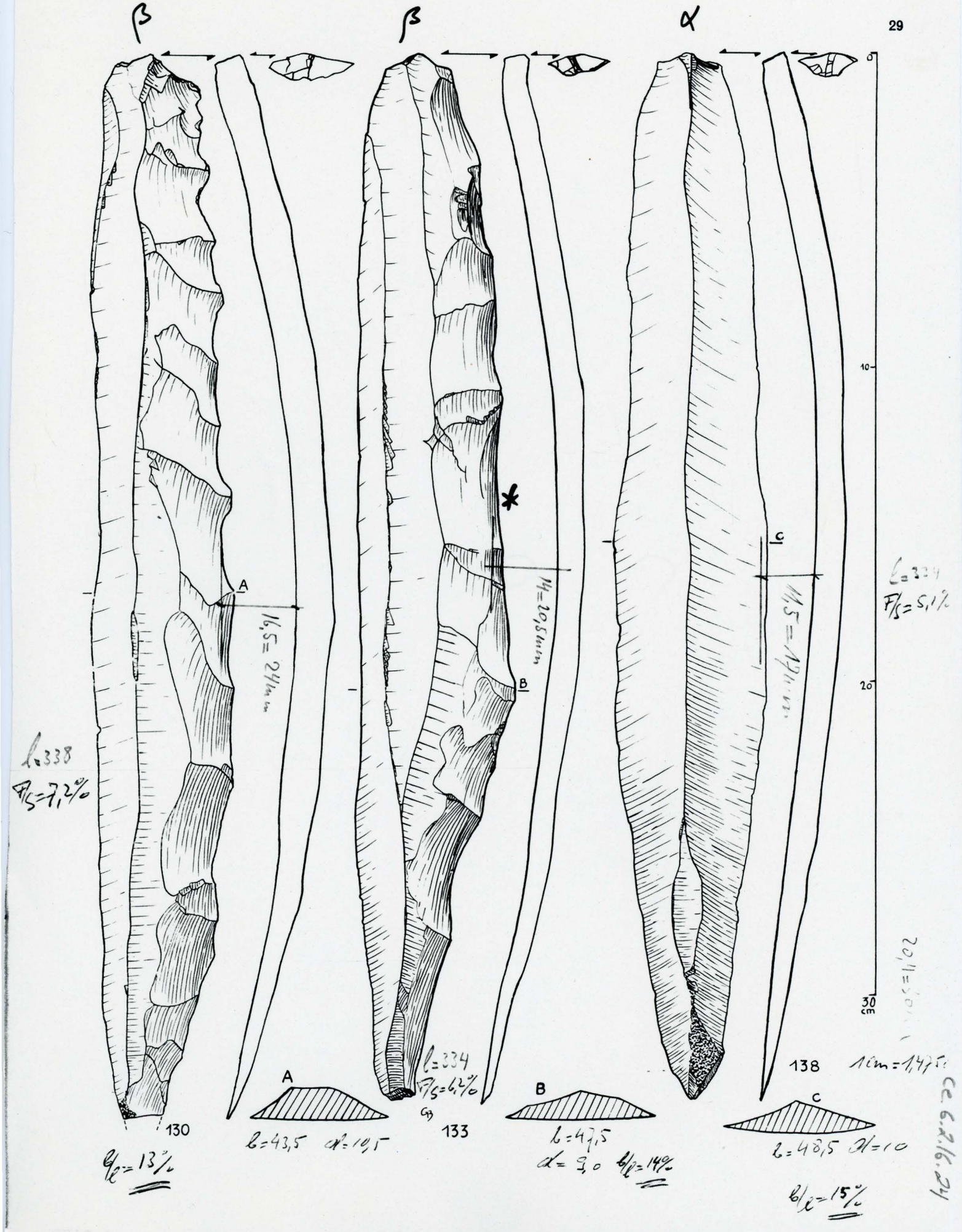
1 cm = 1,475 cm

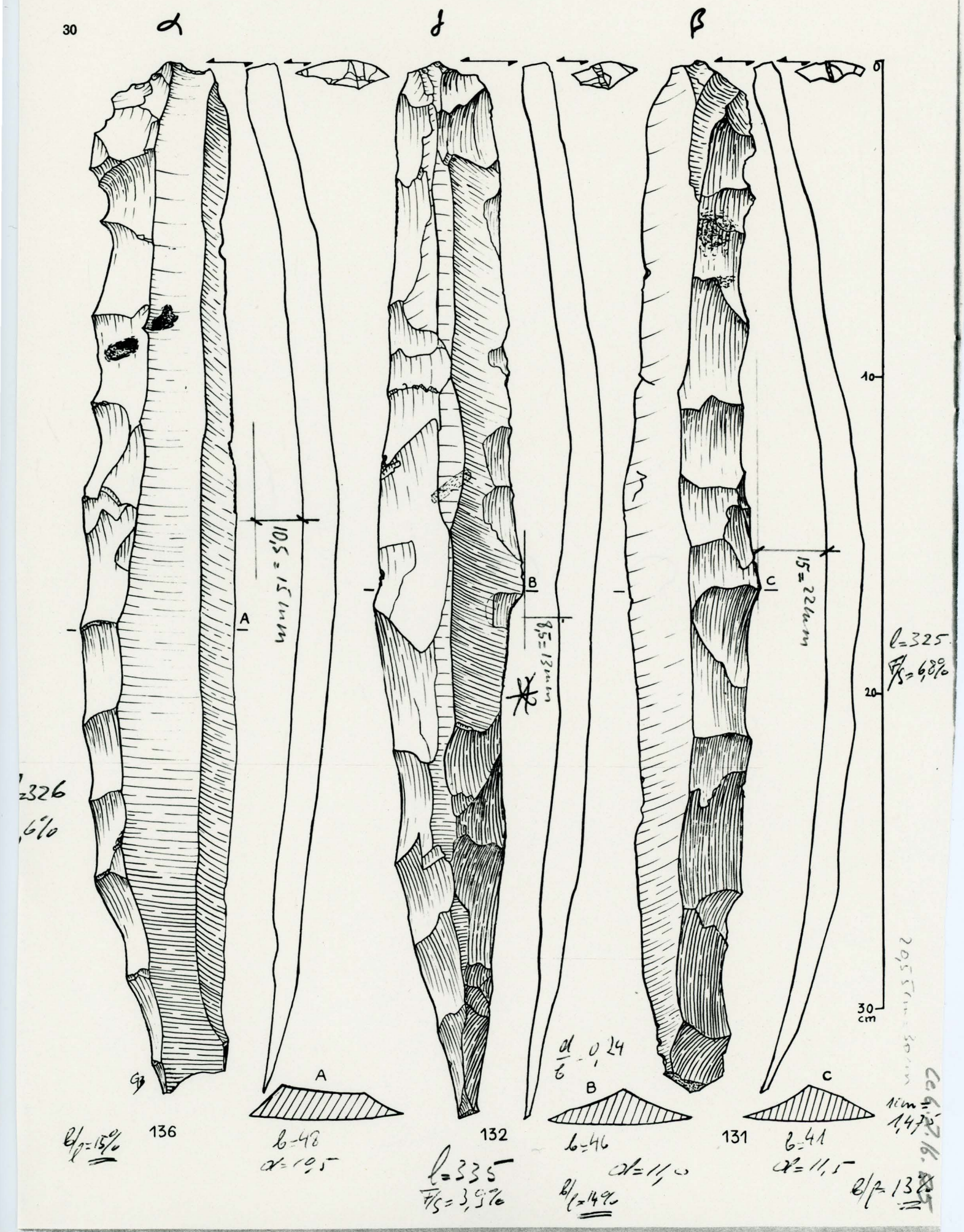
20,4 cm = 30 cm

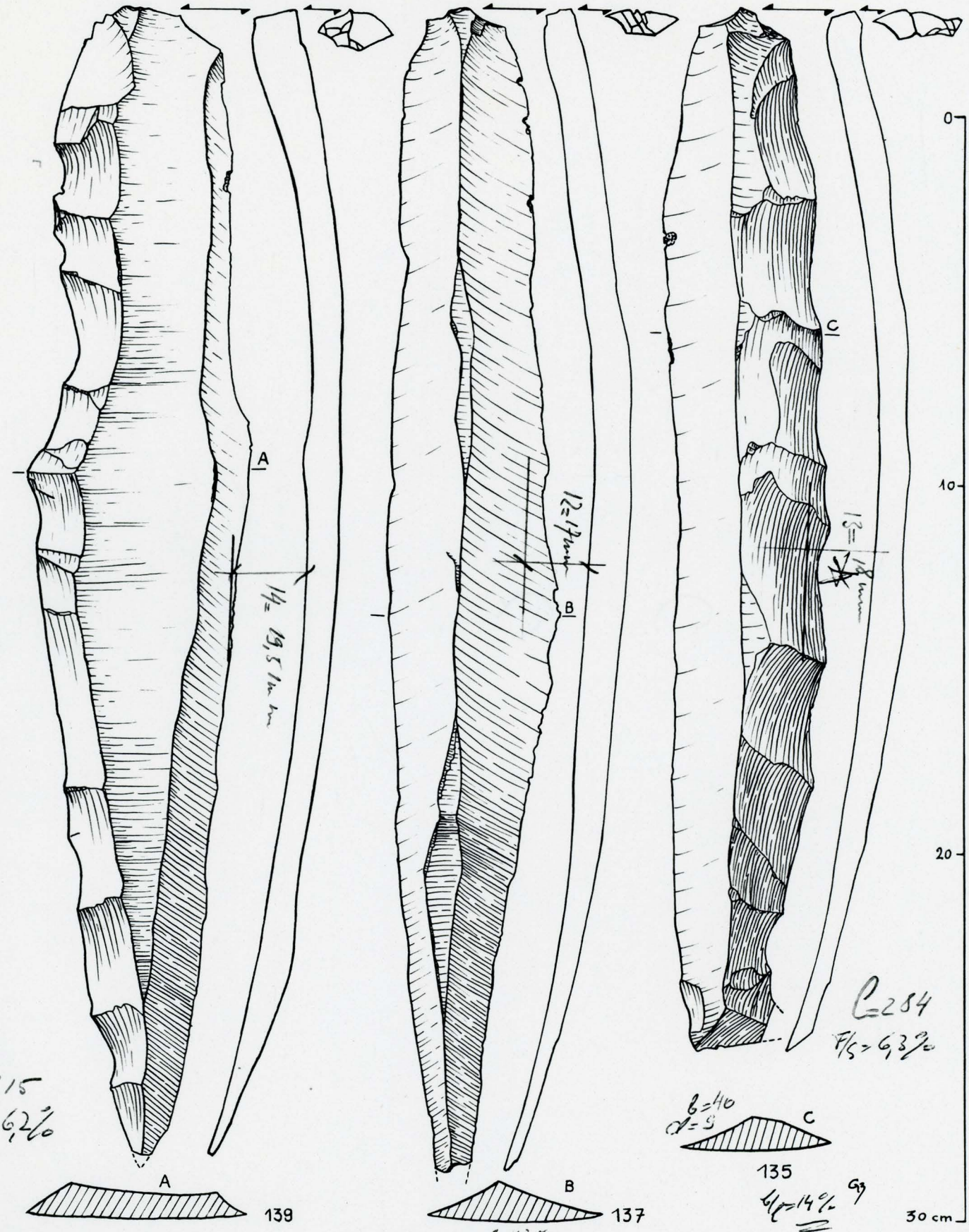
CC.6.2.16.21


β
α
α
l=321
F/S=4,8%
M=15,1mm
A
l=304
F/S=5,75%
B
M=17,6mm
l=290
F/S=7,25
M=21mm
C
A
b=41
d=9,0
B
b=47,5
d=7,0
C
b=45
d=10
94
95
96
b/l=13%
b/l=16%
b/l=15%
5
4
3
2
1
cm.
1cm=1,40m


β
α
β
A
B
C
15 = 21 mm
13 = 18 mm
10 = 14 mm
l=310
F/S=6,8%
l=300
F/S=4,6%
21 cm = 30 cm
5
4
3
2
1
cm.
A
97
b=44,5 d=10
b/l=14%
B
98-99
b=38,5
l=328 d=10
F/S=5,5%
b/l=12%
C
100
b=39,5
d=9,5
b/l=13%
1cm=1,405cm
CC.6.2.16.23


β
β
α
A
B
C
16,5 = 24 mm
14 = 20,5 mm
14,5 = 19,4 mm
l = 338
F/S = 7,2%
l = 334
F/S = 6,2%
l = 334
F/S = 5,1%
130
133
138
1 cm = 1,475
A
l = 43,5 a = 10,5
b/l = 13%
B
l = 47,5
a = 9,0
b/l = 14%
C
l = 48,5 a = 10
b/l = 15%
0
10
20
30
cm


α
δ
β
A
B
C
10,5 = 15 mm
8,5 = 13 mm
15 = 22 mm
0
10
20
30 cm
l=325
F/S=6,8%
l=326
,6%
136
b/l=15%
b=48
α=19,5
132
l=335
F/S=3,9%
α/b = 0,24
b=46
α=11,0
b/l=14%
131
b=41
α=11,5
b/l=13%
1 cm = 1,47 g



l=315
F/S = 6,2%

b = 54
d = 8,5
b/l = 17%

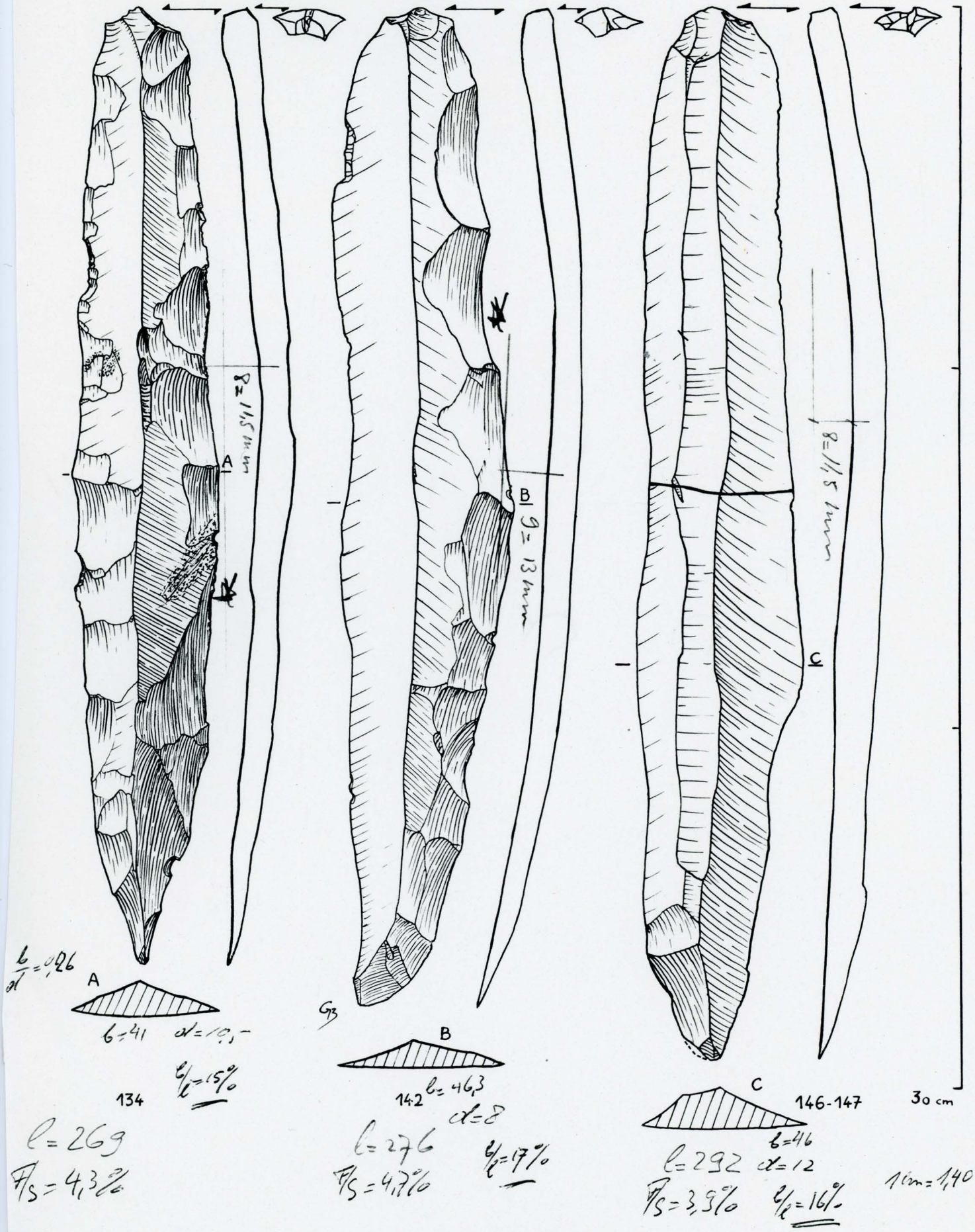
b = 43,5
l = 315 d = 19,5
F/S = 5,4%
b/l = 14%

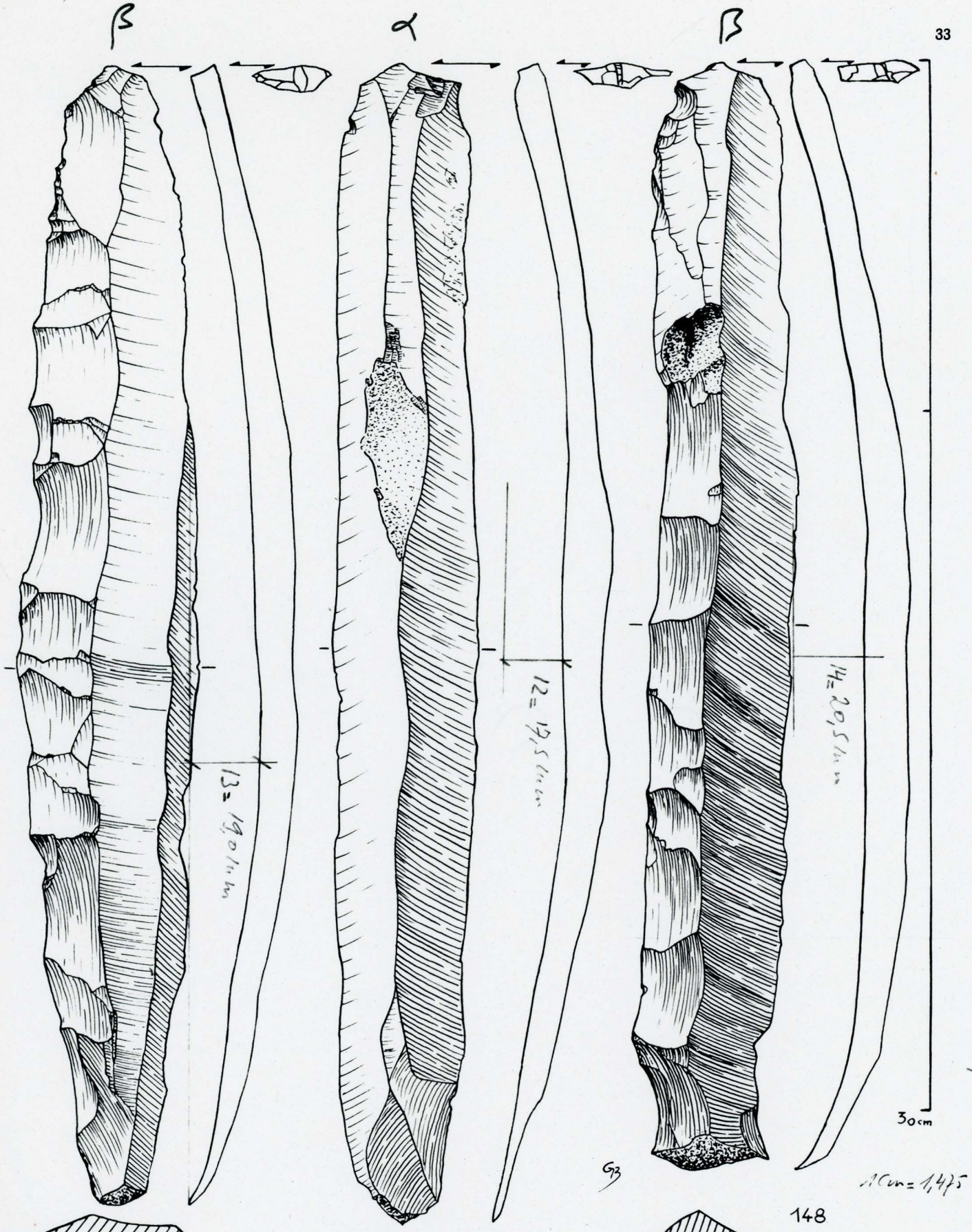
b = 40
d = 5
b/l = 14%

l = 284
F/S = 6,3%

Ce.6.8.16.26

γ α α

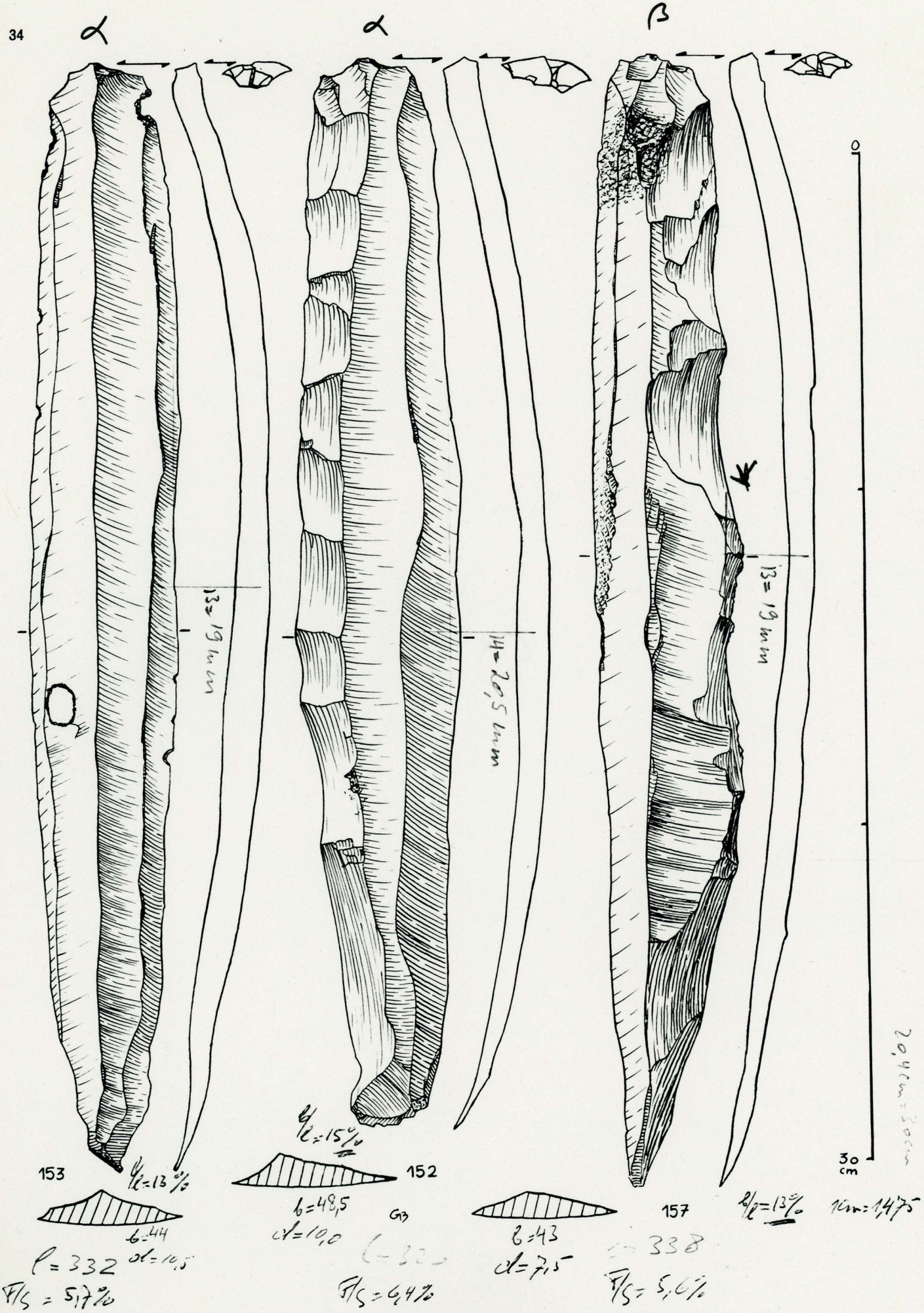

A
B
C
8 = 1,5 mm
9 = 13 mm
8 = 1,5 mm
b/d = 0,96
A
b = 41 d = 10,5
b/l = 15%
134
l = 269
F/S = 4,3%
B
142 l = 46,3
d = 8
l = 276
F/S = 4,7%
b/l = 17%
C
146-147
b = 46
l = 292 d = 12
F/S = 3,9%
b/l = 16%
30 cm
1 cm = 1,405 cm

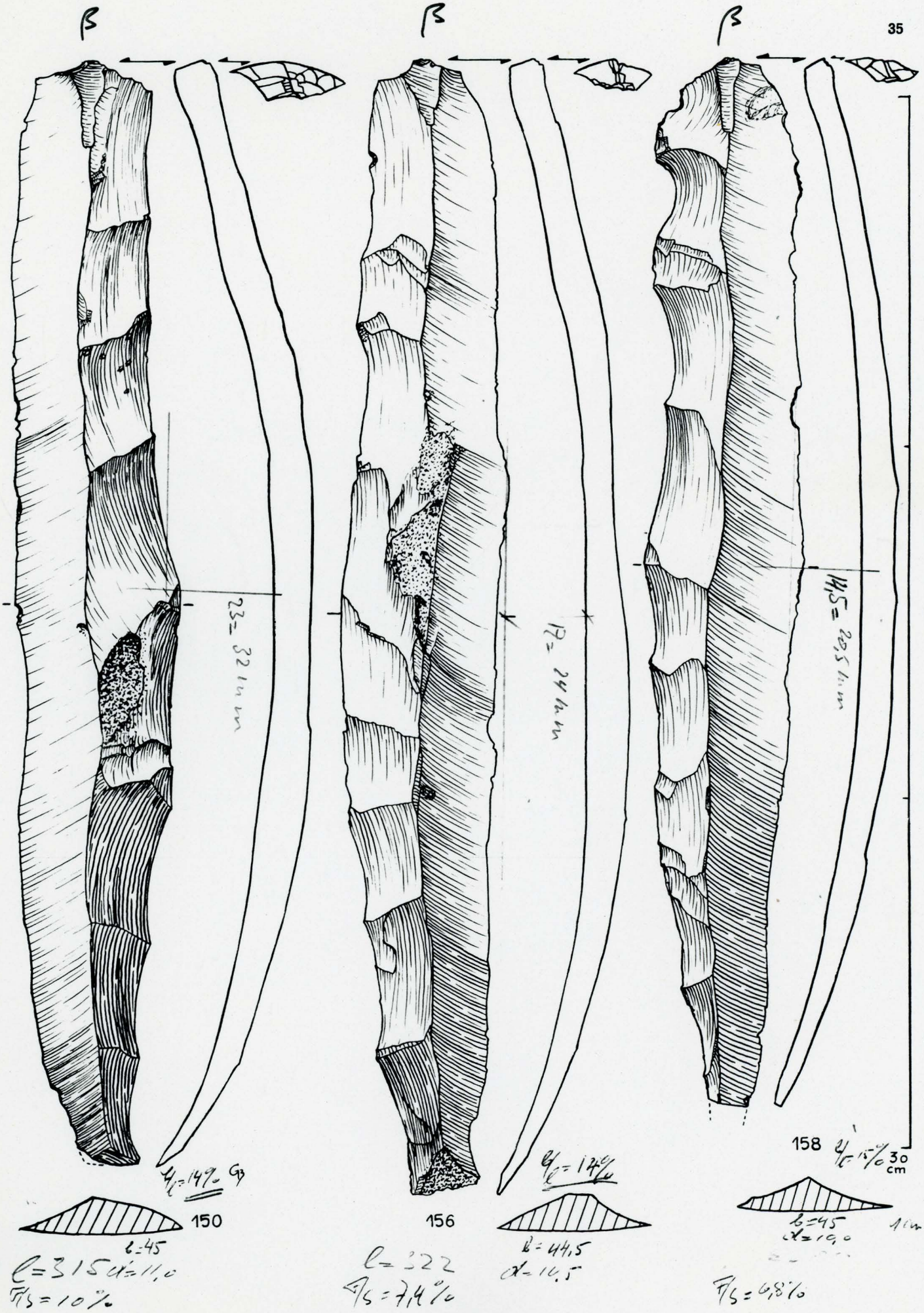


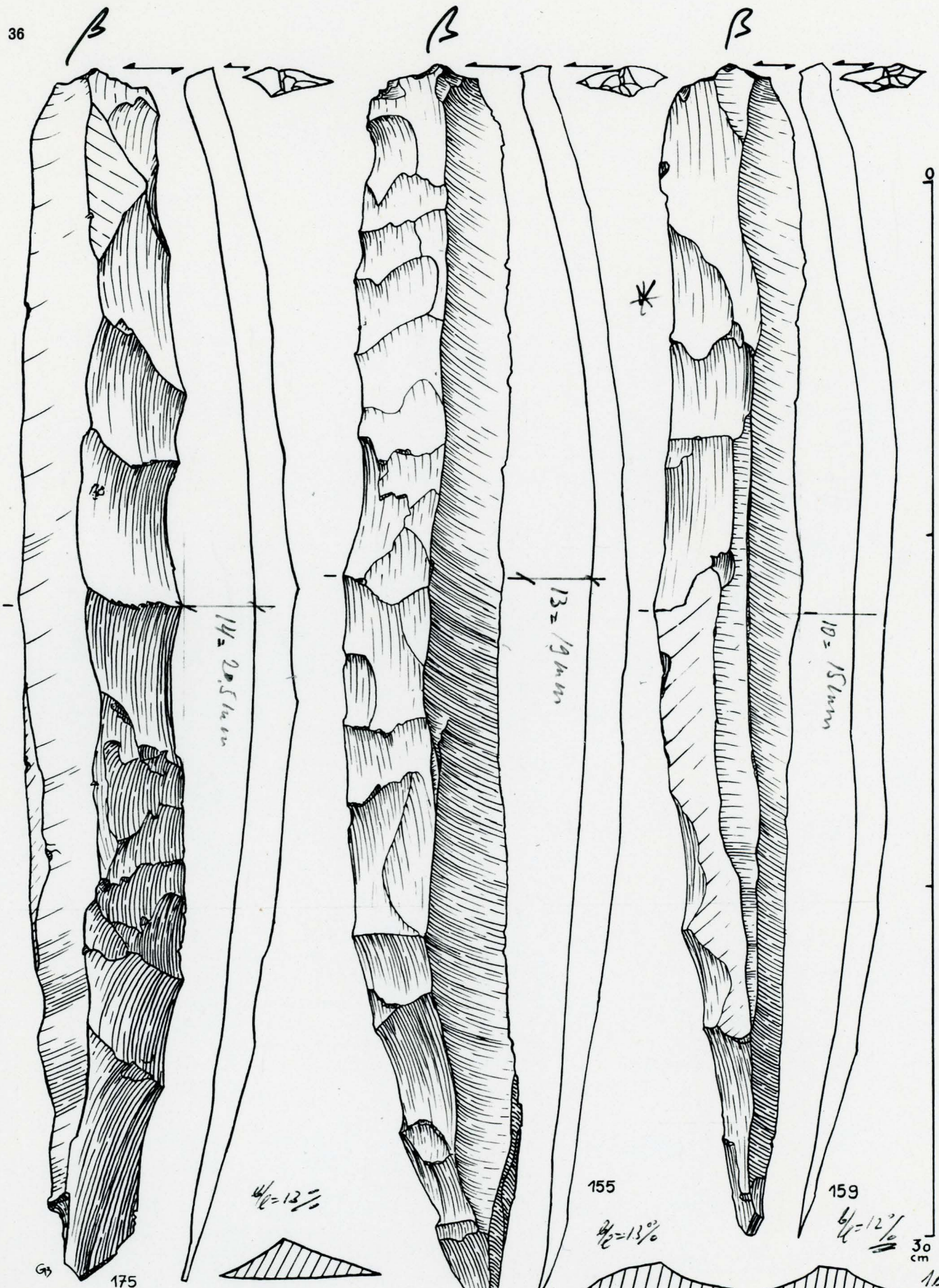
143 b = 51
d = 9,5
l = 321
F/S = 5,9 %
b/l = 16 %

144
b = 41
d = 14,5
l = 320
F/S = 5,3 %
b/l = 12 %

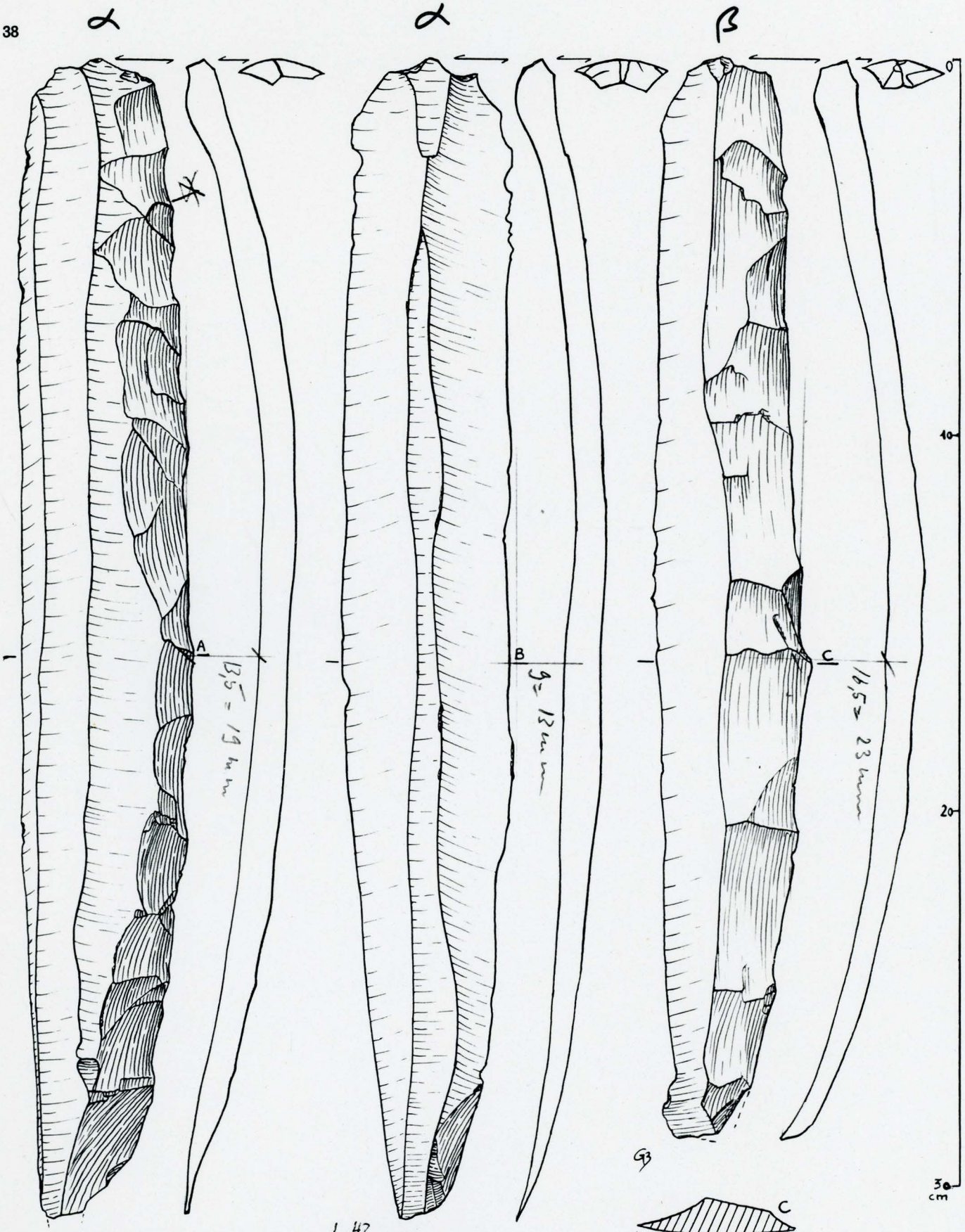
148
b = 40
d = 12,5
l = 315
F/S = 6,5 %
b/l = 13 %


α
α
β
13 = 19 mm
14 = 20,5 mm
13 = 19 mm
0
30 cm
153
152
157
b/l = 13 %
b/l = 15 %
b/l = 13 %
b = 44
d = 10,5
l = 332
F/S = 5,7 %
b = 48,5
d = 10,0
F/S = 6,4 %
b = 43
d = 7,5
F/S = 5,6 %
1 cm = 1,475


β
β
β
23= 32 mm
R= 24 mm
145= 205 mm
4/l=14% G3
4/l=17%
4/l=15%
30 cm
150
156
158
b=45
l=315 α=11,0
F/S=10%
b=44,5
l=322
α=16,5
F/S=7,4%
b=45
α=19,0
F/S=6,8%
1 cm=1,4


β
β
β
14= 28,5 mm
13= 19 mm
10= 15 mm
175
155
159
b/l=13%
b/l=13%
b/l=12%
b=44,5
d=11,5
b=44,5
d=10,0
b=40 d=9,5
F/S=6,1%
F/S=5,6%
F/S=4,0%
0
30 cm
1cm=1,475


β
β
β
A
B
C
12 = 18 mm
8 = 12 mm
10 = 14,8 mm
0
10
20
30
cm
A
B
C
161
162
163
b = 44,5 d = 10
b = 43 d = 8,5
b = 44,5 d = 10,5
ℓ = 333
b/ℓ = 13%
F/S = 5,4%
ℓ = 332
b/ℓ = 13%
F/S = 3,2%
ℓ = 313
b/ℓ = 14%
F/S = 4,6%



b=45
α=8
167
b/l=15%
l=306
F/S=4,4%

b=43
α=19,5
168
b/l=14%
l=307
F/S=4,2%

b=41
α=10
160
b/l=14%
l=288
F/S=8%

1cm=1,405

CG6.27/6.33

β α β

A B C

0 10 20 30 cm

b=47,5
d=10

A

169

T=300

F/S=4,8% B/l=16%

B

166-165

b=47
d=10,5

C=325.

F/S=7,7%

b=48
d=12

B/l=15%

C

164

C=335

F/S=6,7%

B/l=14%

1cm=1,45

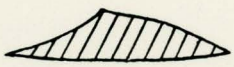
Cc. 2.16.34

β α β

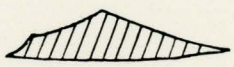
C = 29,8
F/S = 6,5%

C = 27,5
F/S = 4,2%

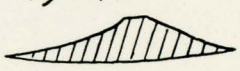
93
C = 27,2
F/S = 4,8%



176
b = 42,1
α = 9
b/l = 14%



177
b = 42,1
α = 9
b/l = 15%

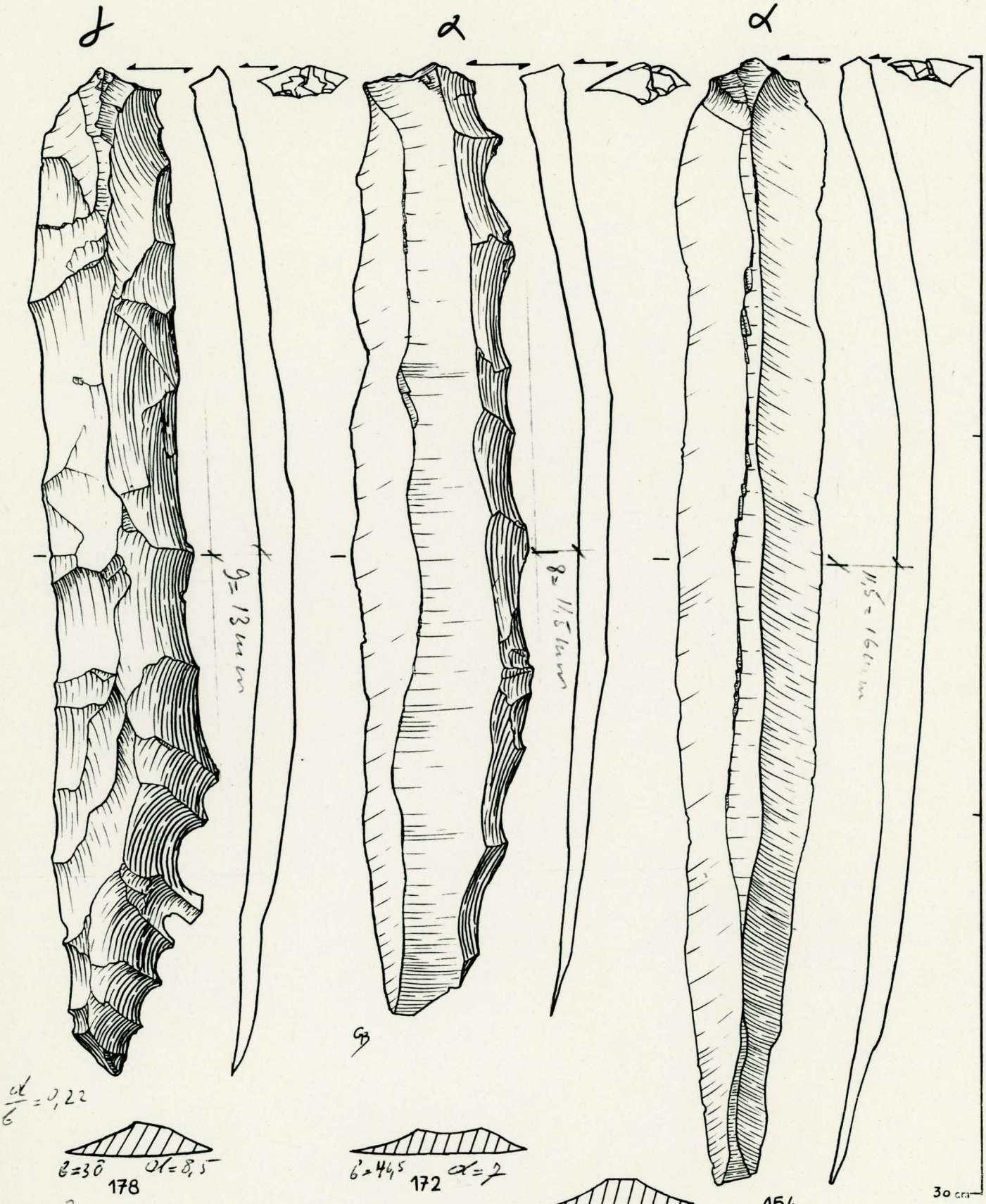


170
b = 42,1
α = 8,5
b/l = 16%

1 cm = 1,405

21,3 cm = 30 cm

CC.6.7.6.35



$\frac{d}{b} = 0,22$

b=30 d=8,5

178

b=26,5

F/S = 4,9%

B/l = 14%

b=46,5 d=7

172

b=20

F/S = 4,6%

B/l = 15%

b=38 cm

d=9

B/l = 13%

154

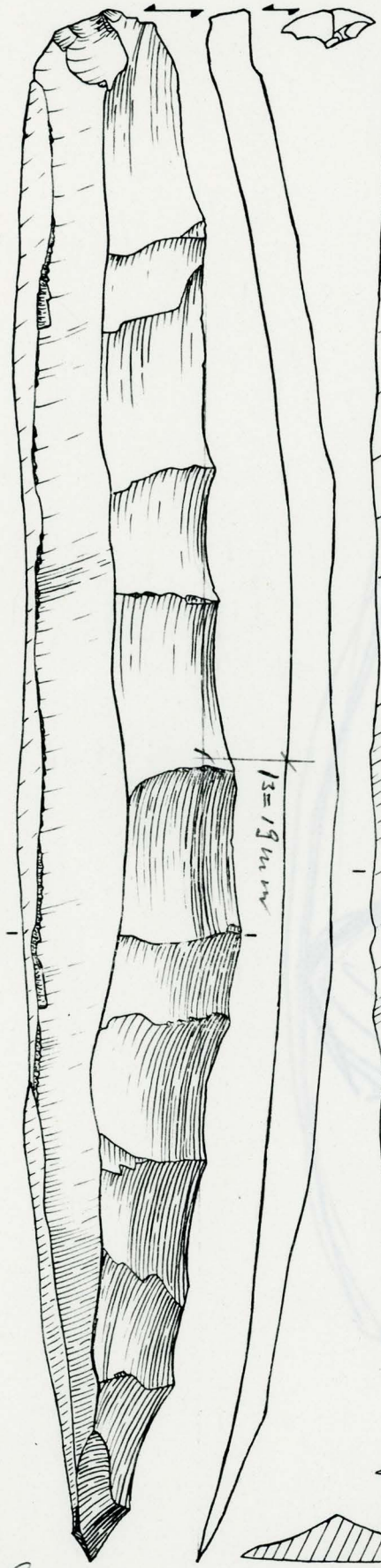
b=29,5

F/S = 5,4%

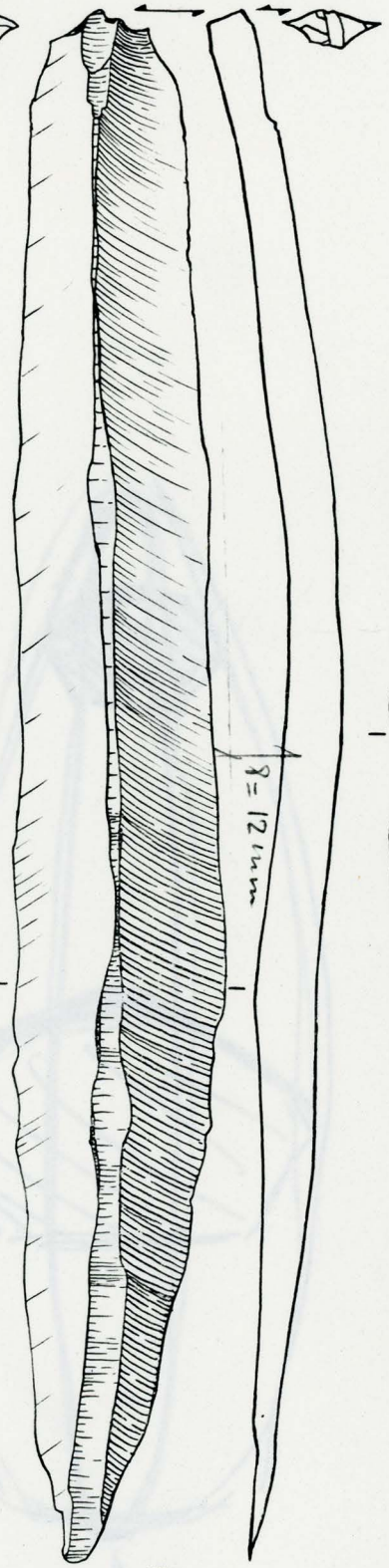
1 cm = 1,405

CC.6.2.16.36

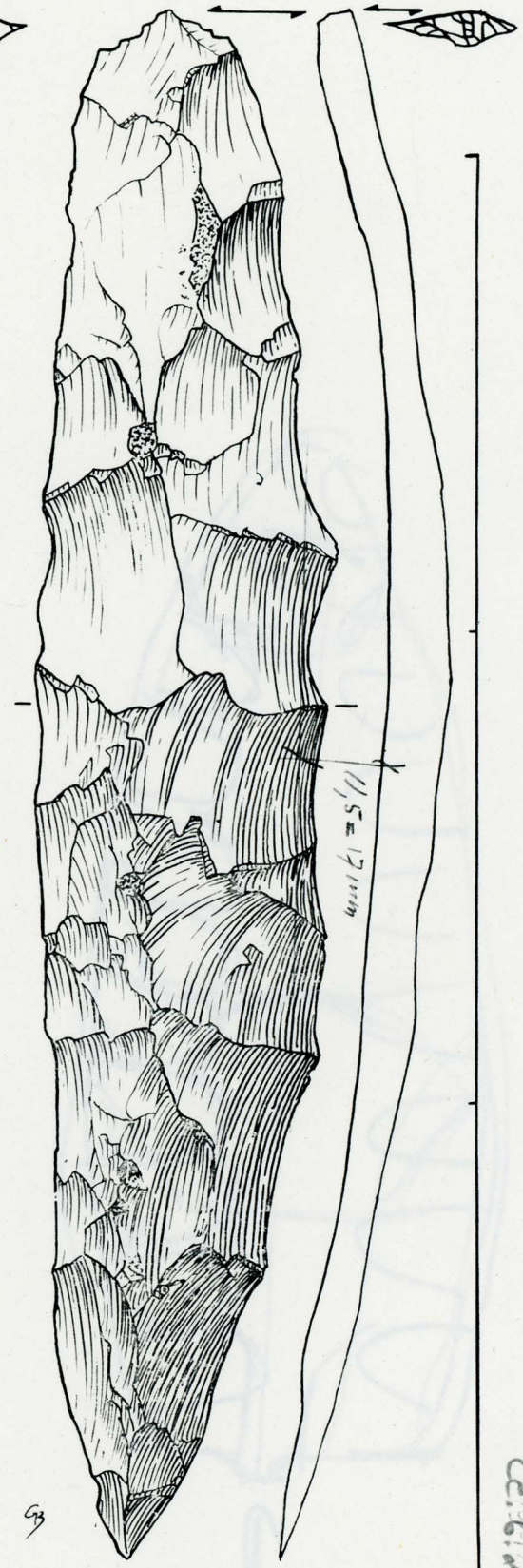
β

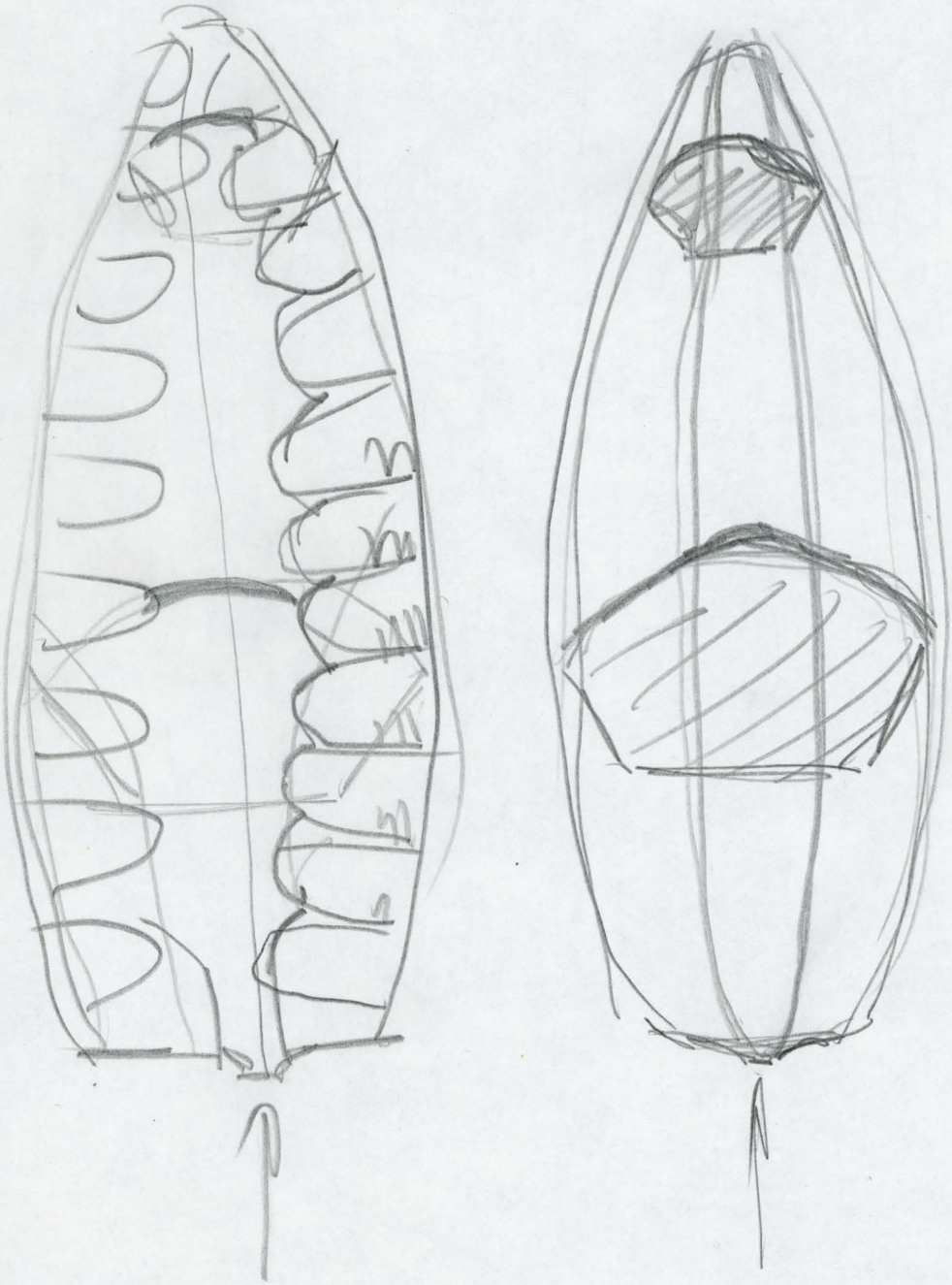


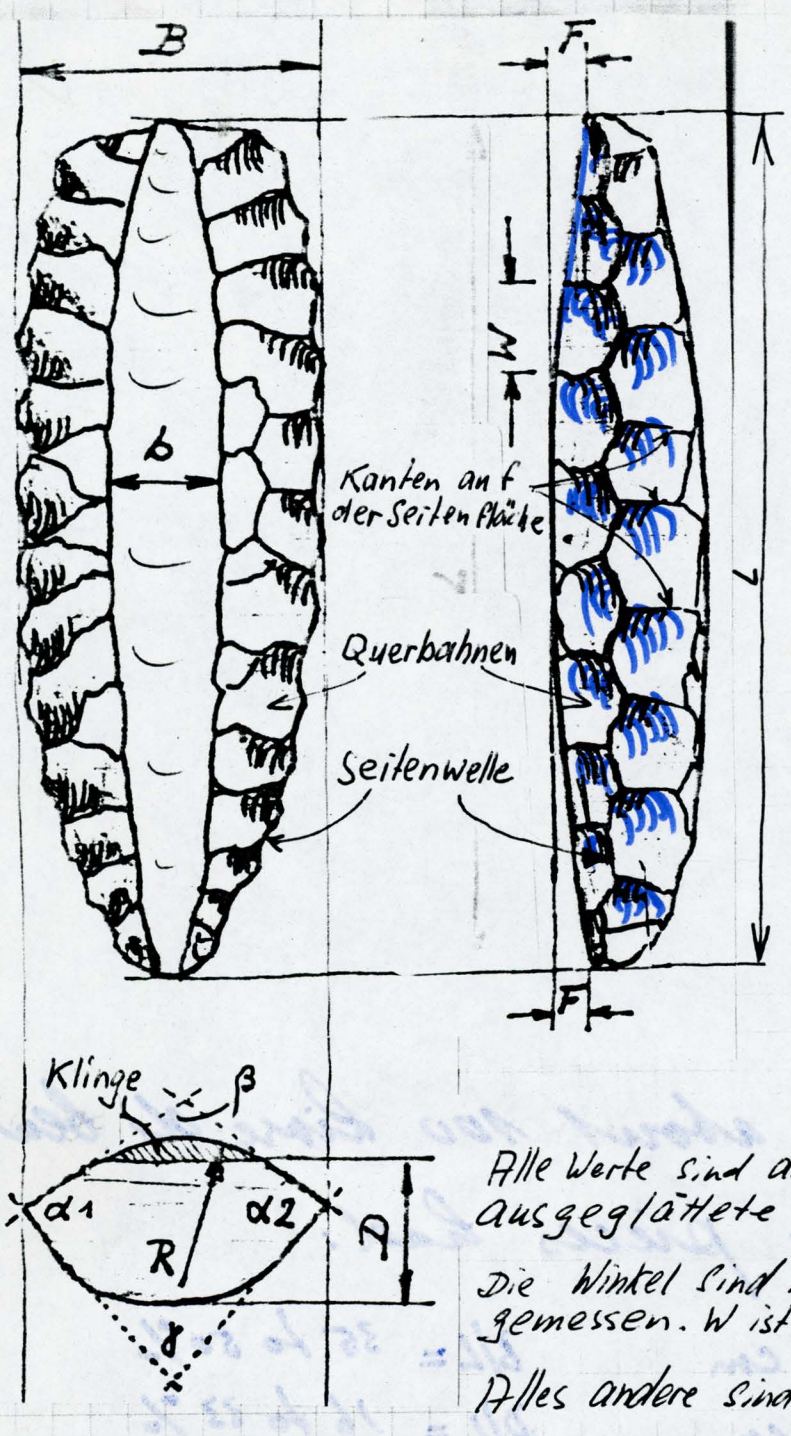
α



δ







L = Länge **Length**

B = Breite **WIDTH**

D = Dicke **THICKNESS**

F = Pfeil, Bogenhöhe **ARCH**

W = Wellenlänge **wave-length**

R = Krümmungsradius **Radius**

b = Breite der letzten Klinge **WIDTH of last blade**

b/L = Klingenschlankheit

F/L = Klingenwölbung

α = Seitenwinkel **side angle**

β = Dachwinkel **roof angle**

γ = Kielwinkel **bottom angle**

$\alpha_1 + \alpha_2 + \beta + \gamma = 360°$

Alle Werte sind auf eine idealisierte ausgeglättete Form bezogen

Die Winkel sind im Bereich von B gemessen. W ist ein Mittelwert

Alles andere sind Maximalwerte

Abb 1. Nukleus des Typus Livre de beurre aus Le Grand Pressigny.

An jedem Fund ~~wurden~~ sind die hier definierten geometrischen Masse bestimmt. Zusätzlich ist festgehalten: Farbe, Anzahl Klingenbahnen oben und unten, Gestalt der Unterseite, charakteristische Grundrissform, Verlauf der letzten Klingenbahn und Ursache des Produktionsabbruches. Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet.

CC.62.16.38

I measured about 100 Lire de beurres!

90% of these pieces had:

L = from	24 to 34 cm	B/L =	35 to 50%
B =	9 to 15 cm	D/L =	16 to 33%
D =	4 to 9 cm	D/B =	35 to 77%
b =	3,8 to 5,0 cm	b/L =	14 to 19%
w =	1,4 to 3,0 cm	F/L =	3 to 8%

α = ideally 80°

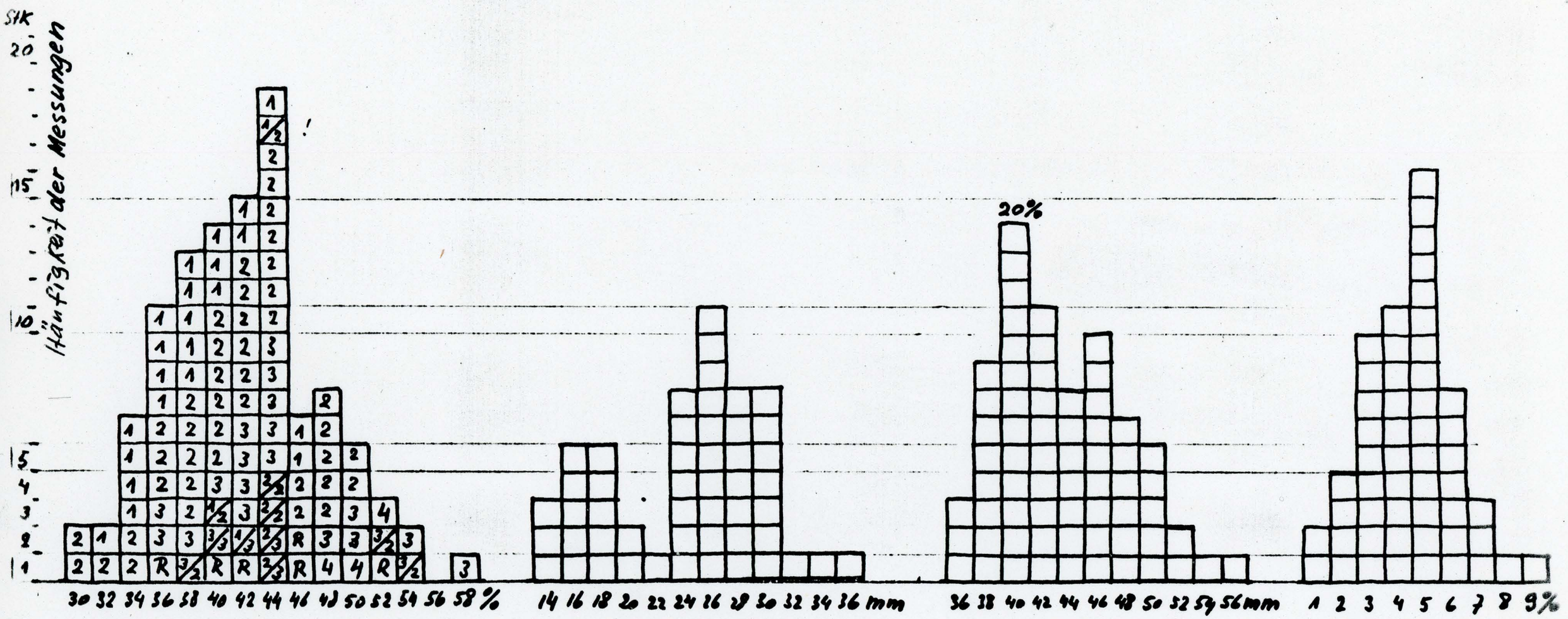
β = " 115°

γ = " 85°

Abb.2 AUSMESSUNG DES "FUNDINVENTARS": HAEUFIGKEITSVERTEILUNG VON ERGEBNISSEN

- [ ] normaler Livre de beurre
- [ ] mini-Livre de beurre (Abb.9)
- [3/2] 3 Klingenbahnen auf der Vorderseite 3 blades front
  2 Klingenbahnen auf der Rückseite 2 " back
- [2] Anzahl Klingenbahnen auf der Vorderseite
  Two blades on front side
- [R] Rohnukleus oder Anfangsnukleus Blank
- [S] Seitenwellenabschlag (Abb. 7)
- % Häufigkeit in % des angegebenen Totals

cc.6.2.16.39



Verhältnis $\frac{B}{L}$ in % (Total=101) Wellenlänge W (Total=50) Klingenbreite b (Total=65) Klingenwölbung $\frac{F}{L}$ in % (Total=52)

Abb. 3 AUSWERTUNG DER MESSUNGEN : HAEUFIGKEITSVERTEILUNG VON ERGEBNISSEN

Event. Abb 2 !?

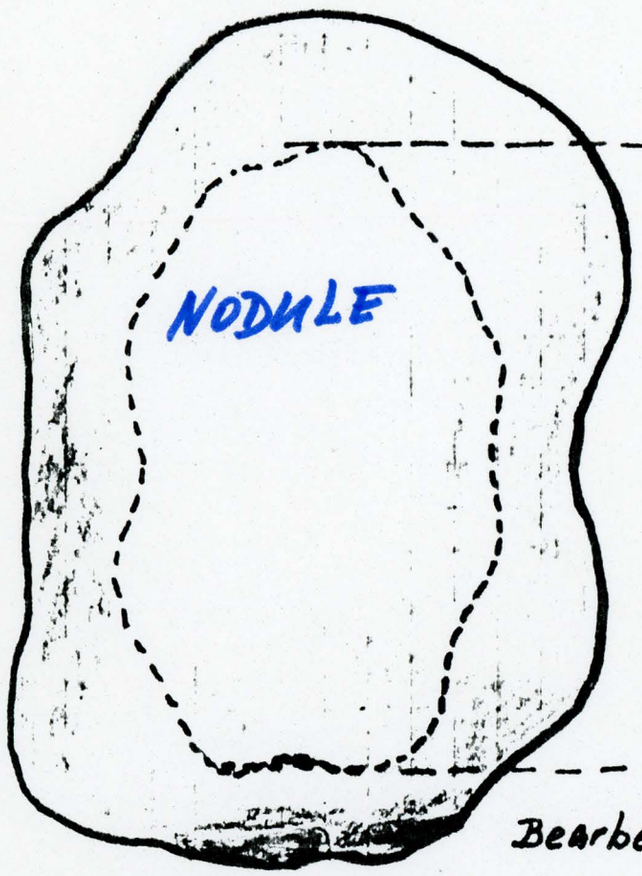
[2] Livre de beurre mit 2 Klingenbahnen

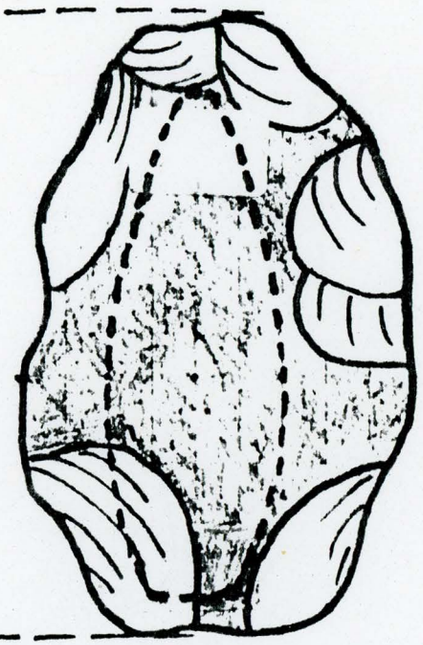
[3/1] 2 Klingenbahnen auf der Vorderseite
1 Klingenbahn auf der Ruckseite

[R] Rohnukleus oder Anfangsnukleus

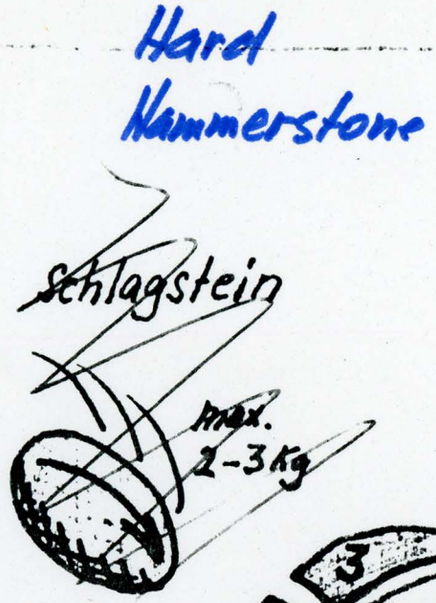
% Häufigkeit in % des angegebenen Totals

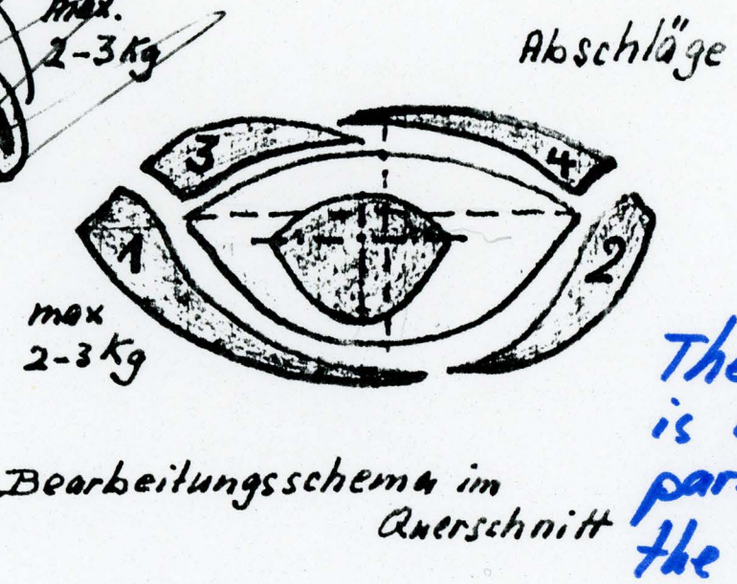
Co. 6.2.16. 40





Bearbeitungsschema im Grundriss.





The core is oriented parallel to the nodule!

Materialbeschaffung:

Rohknollen im Grundriss

Eignungsprüfung:

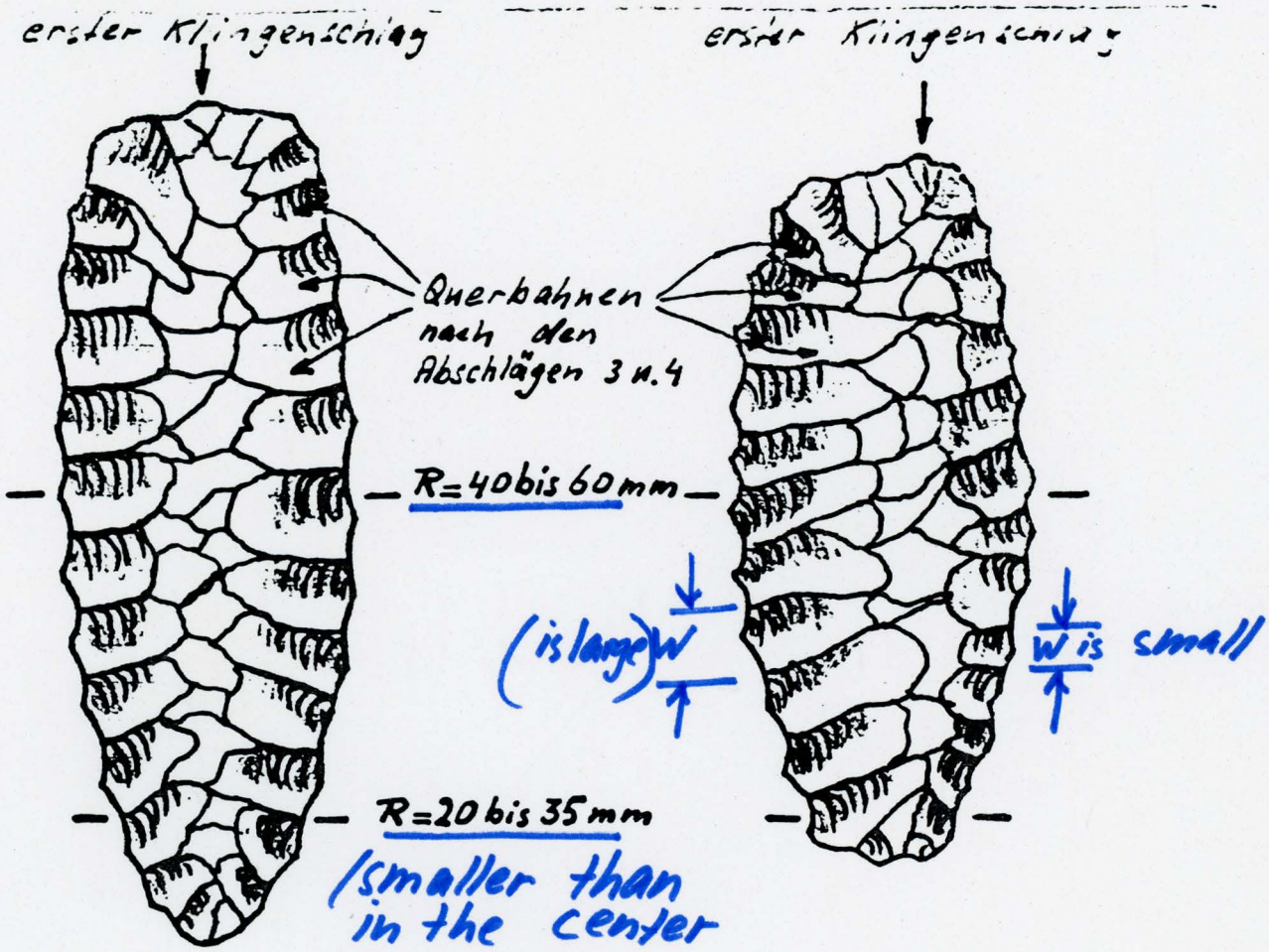
Abschläge mit schweren Klopfsteinen

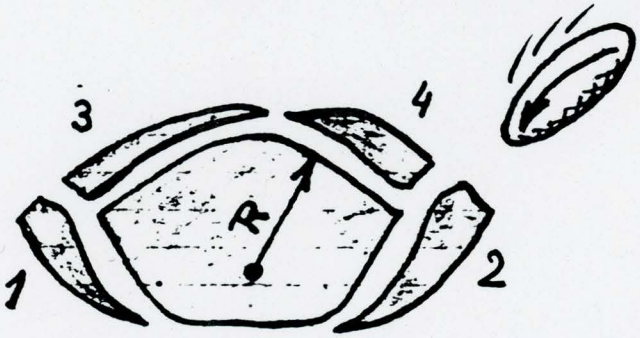
Rohnukleus:

Rohnukleus liegt parallel zum ursprünglichen Rohknollen

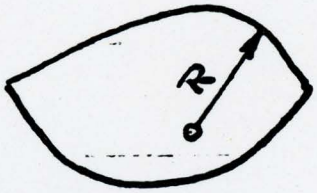
Abb. ~~3~~ 4 PHASE 1 (und 2) DER LIVRE DE BEURRE-TECHNIK: DIE VORBEREITUNG

core before detaching first blade





Symmetrical
symmetrischer Querschnitt
R=Krümmungsradius



asymmetrical
asymmetrischer Querschnitt.
Unterseite kann flach oder gewölbt sein

Abb. ~~5~~ 4 PHASE 2 DER LIVRE DE BEURRE-TECHNIK: DER ROHNUKLEUS

Cc. 6.2.16.42

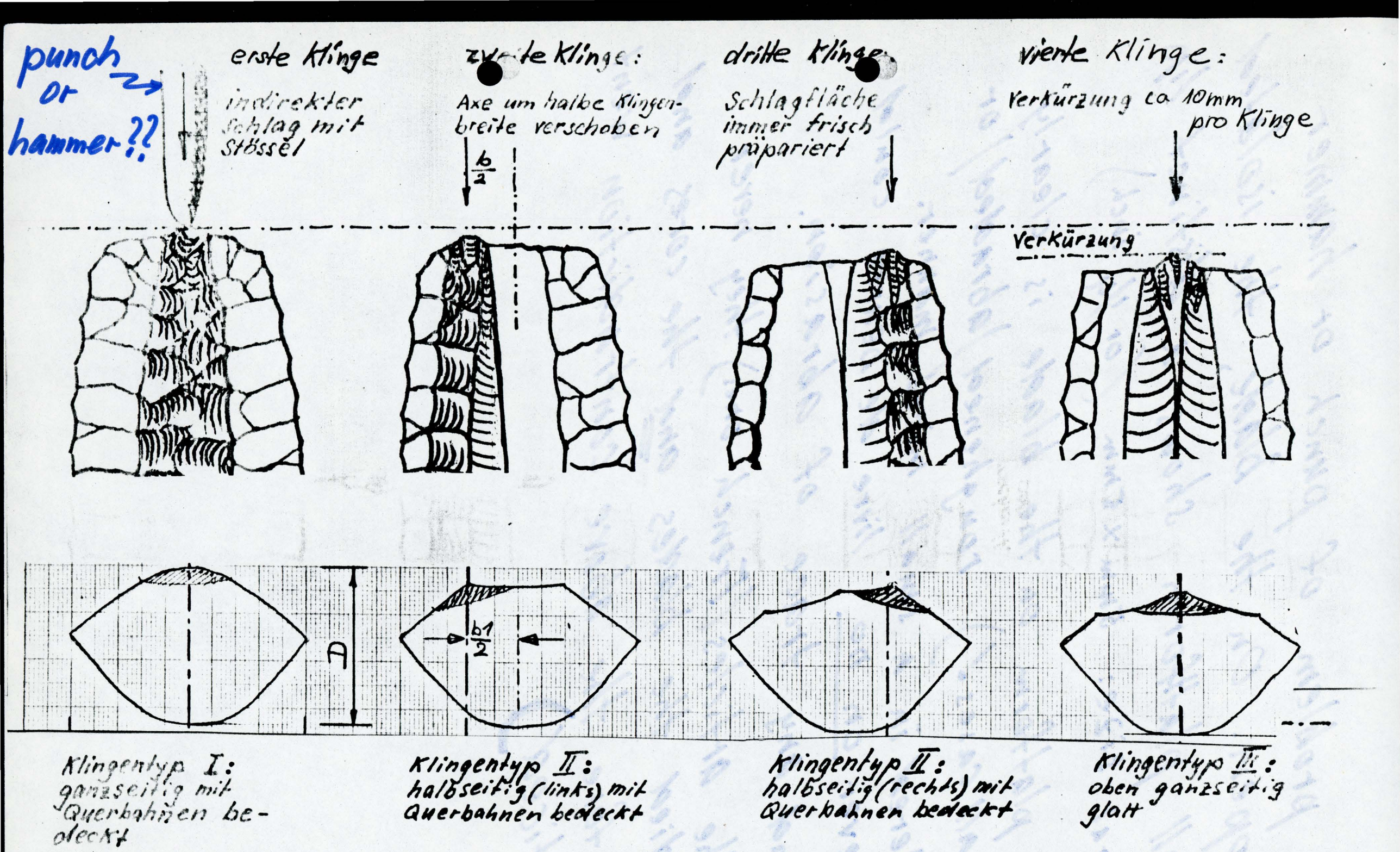
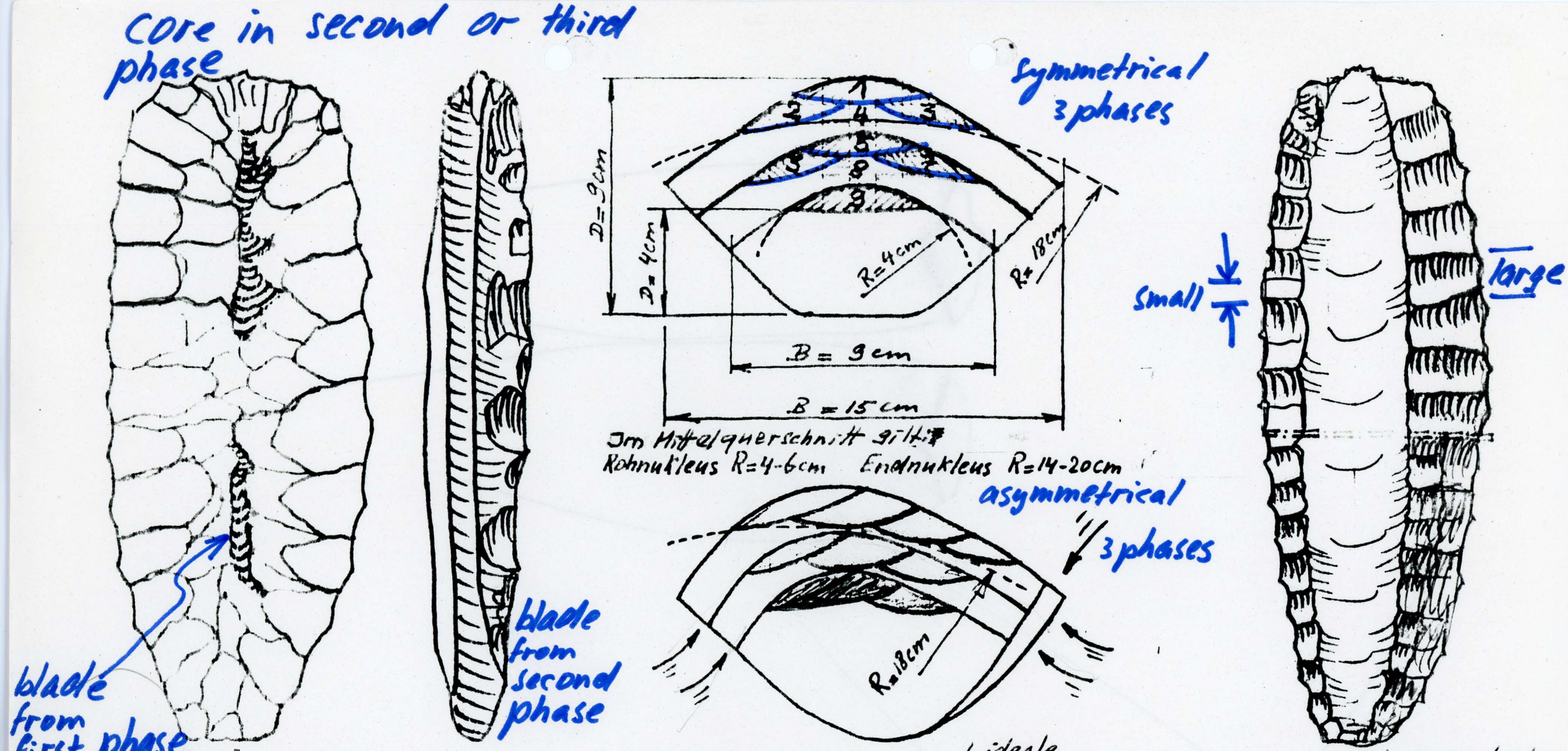


Abb. #5 PHASE 3 DER LIVRE DE BEURRE-TECHNIK: DIE KLINGENSCHLAEGE IM ABLAUF VON LINKS NACH RECHTS

- The problem of punch or hammer is open. On the blade, the isolated small platform shows a distinct lip
Natural size: 5mm x 5mm (or 1/4 inch)

- The platform on the blade is clearly (in all cases!) roughened/abraded/or shattered in a small micro-manner. However <u>on no</u> livre de beurre could I find any trace of abrasion.

(In the articles (French ones) they never studied the blades <u>and</u> the cores and therefore the above contradiction went unnoticed)



Nachbearbeiteter Rohnukleus mit Spuren der vorangegangenen Klingen-serie. Klingentyp II aus einer Wiederholungsphase. Rechts sind Querbahnen der Nachbearbeitung sichtbar.

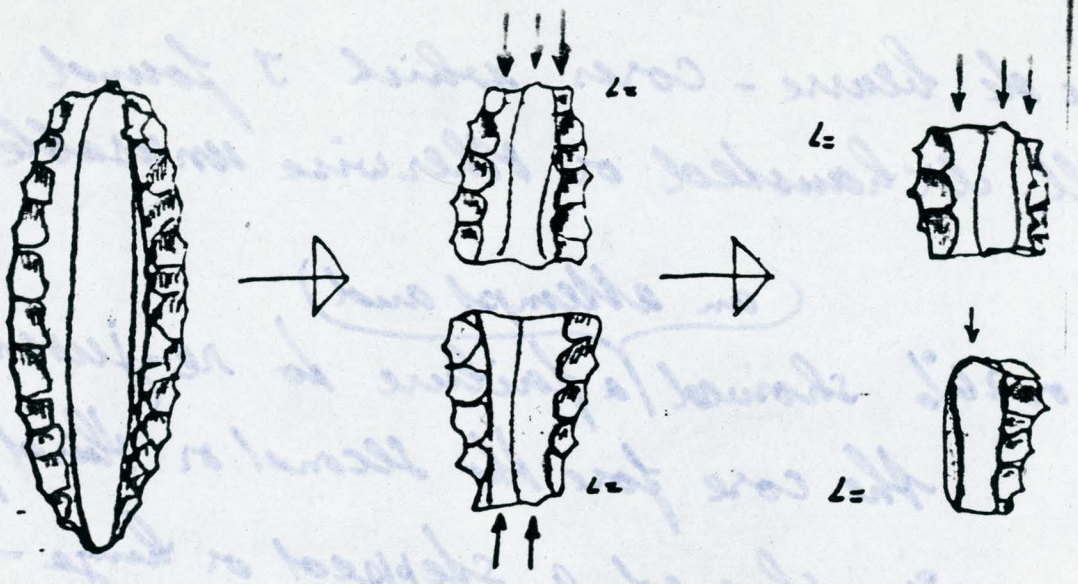
~~Maßstäbliches~~ Schema für die ideale symmetrische und asymetrische Anordnung der Klingenserien. Maximale Ausbeute ca 12 Klingen. Nachbearbeitung einseitig (links) oder wechselseitig (rechts)

Bei sehr schmalen oder asymmetrischen Endnukleus muss die Querbearbeitung feiner ausgebildet werden.
Rechts: W = 28 mm
Links: W = 15 mm

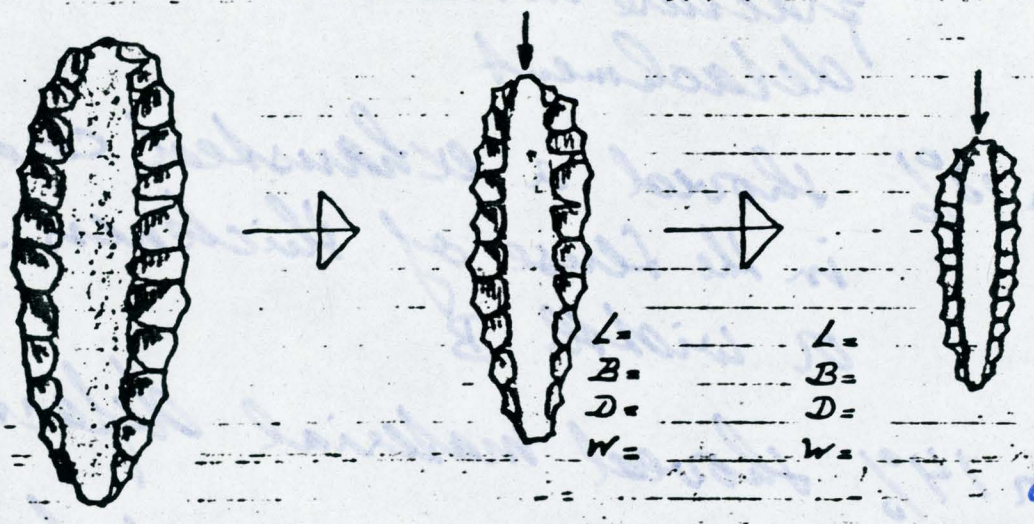
Abb 6 PHASE 4 DER LIVRE DE BEURRE-TECHNIK: DIE WIEDERHOLUNG

(Till here everything is clear!)

22.6.2.16.4/4

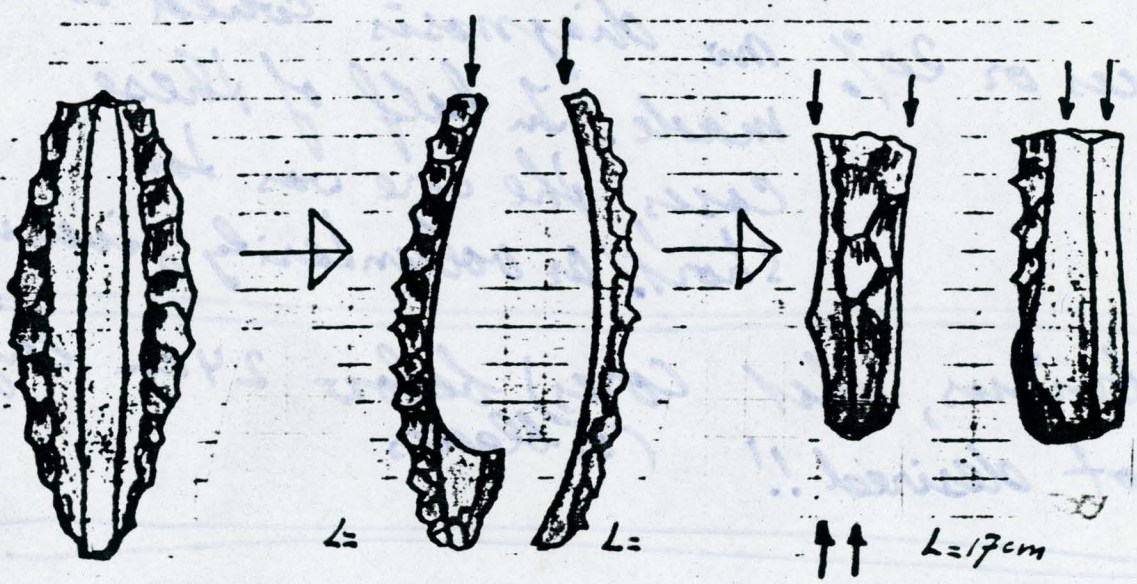


Hand-Nuklei



Mini-Livre de beurres

only in about 10% of the cases this method was attempted!



Prismen-Nuklei

Abb. 9 WEITERVERWERTUNG VON ENDNUKLEI ZUR GEWINNUNG KUERZERER KLINGEN

There are 3 ways to utilise „waste" or abandoned cores

The 100 lame de beurre - cores which I found were all exhausted or otherwise unusable cores:

26 pieces or 26% showed (an attempt and) a failure to re-juvenate the core for the second or third phase

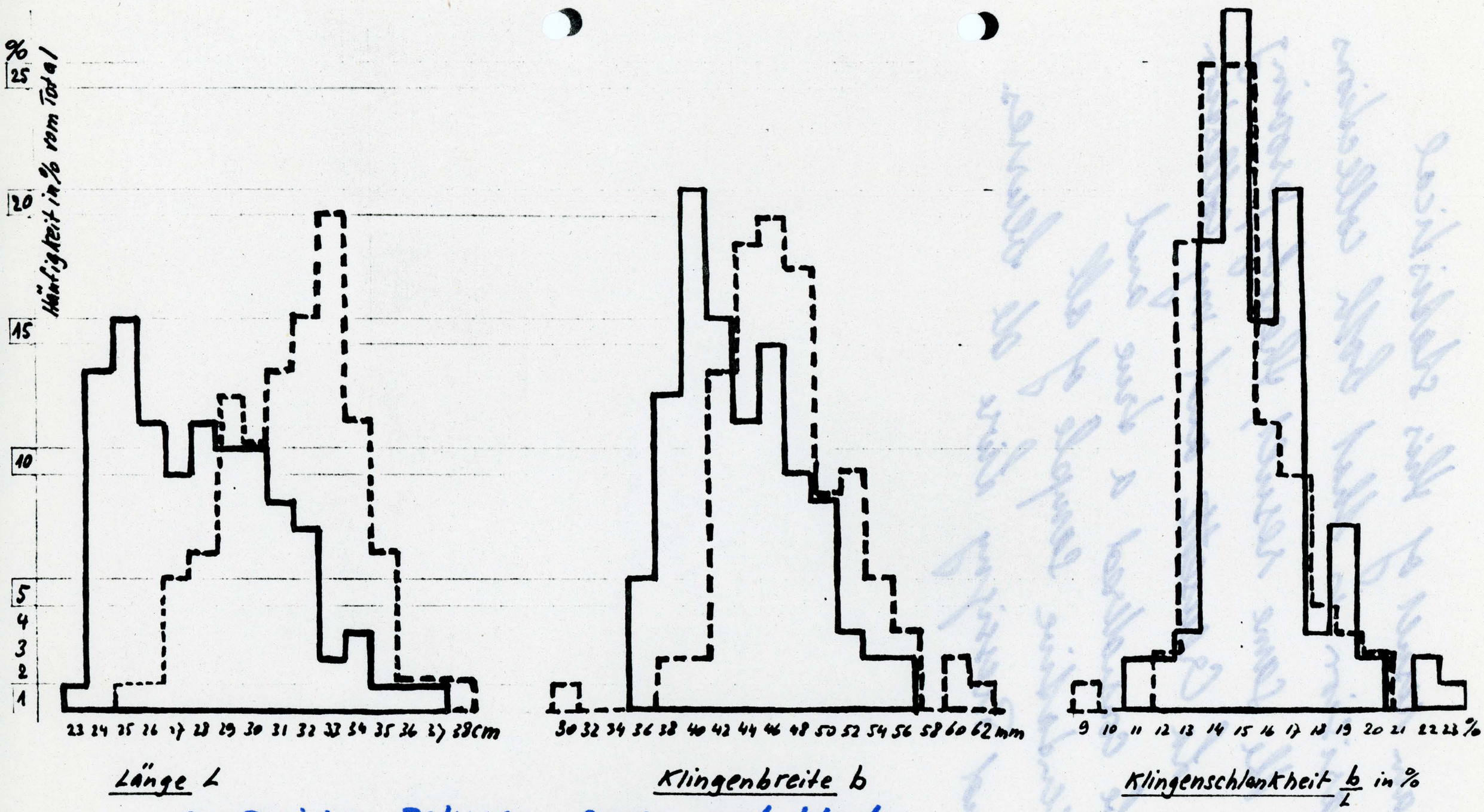
22 pieces or 22% showed a stepped or hinge-fracture in the last blade detachment

18 pieces or 18% showed a exhausted core in the sense of thickness D or width B

14 pieces or 14% showed material defects

20 pieces or 20% no diagnosis could be made. In half of these cases, the core was too short! or voluntarily given up?

It is obvious, that cores (or blades) below 24 cm length were not desired!!



comparision Between cores and blades

Abb. 10 VERGLEICH DER FUNDKOMPLEXE "LA CREUSETTE" MIT DEM "FUNDINVENTAR"

—— "Fundinventar" = my collection of cores

- - - "La Creusette" = 104 blades of La Creusette.

Siehe Lit. 1, 22, 72.

26.6.2.16.46

The main result of this statistical comparision is that both collections show the same result, thereby proving that La Creusette and my collection can be considered a true and representative sample of all Grand Pressigny Lire de beurres.

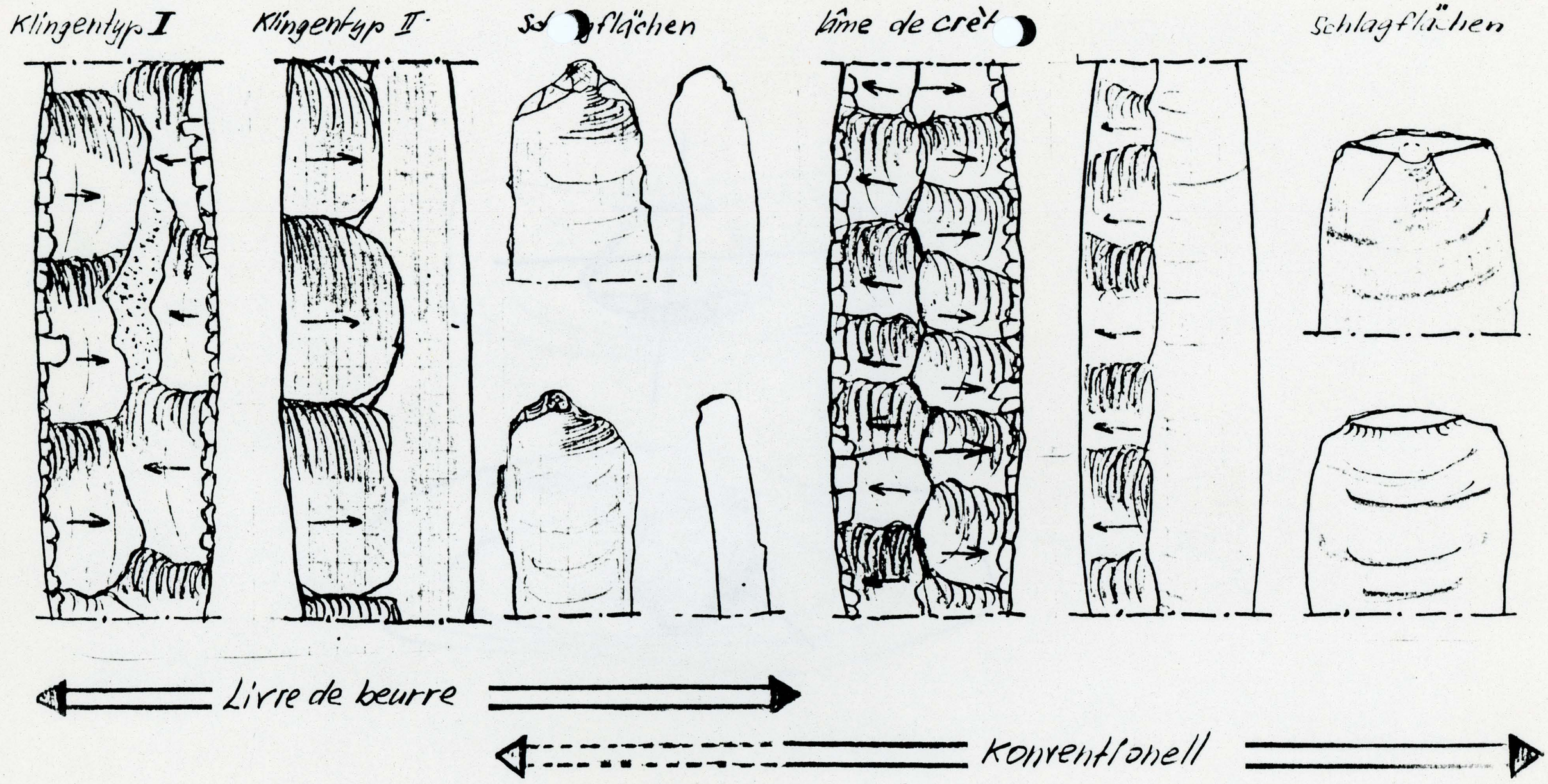


Abb. 11 MERKMALE ZUR ERKENNUNG DER KLINGENTECHNIK
DIAGNOSIS OF LIVRE DE BEURRE-BLADES AS compared to BLADES MADE WITH CONVENTIONAL TECHNOLOGIES

th 21.2.92