

Über Erdkrümmung und Refraktion.

Von

R. Reber (Sektion Bern).



Es ist im Jahrbuche des S. A. C. schon zweimal über dieses Thema gesprochen worden, einmal in Band I in eingehender Weise von Herrn Ingenieur Denzler und des fernern in Band XVIII von Herrn Architekt Christen. Wenn hier nochmals davon die Rede ist, so geschieht es hauptsächlich aus folgenden Gründen: die Mitteilungen des Herrn Denzler sind im Jahr 1864 in einer zur jetzigen Zahl der Clubmitglieder verschwindend kleinen Anzahl vorhanden (Verhältnis kaum 1:10), und da dieser erste wertvolle Band sorgfältig gehütet wird, so dürfte der Inhalt desselben auch verhältnismäßig wenigen zugänglich sein;¹⁾ zudem, und dies ist der Hauptgrund, haben sich seither die Elemente zur Bestimmung einer mittlern Refraktion durch zahlreiche Versuche und Beobachtungen auf eine festere Basis abklären lassen, so daß sie von den Denzler'schen ziemlich abweichen, besonders auf größere Distanzen.

Bei der Lösung der Frage: ist der oder der Gipfel von diesem oder jenem aus über einen dritten hinweg sichtbar, sind neben den zutreffenden Distanzen und Höhen der fraglichen Punkte zwei wesentlich einwirkende Faktoren zu berücksichtigen: *die Erdkrümmung und die Strahlenbrechung oder Refraktion.*

Die erstere ist eine definitiv bekannte Größe, da sie aus den Dimensionen des Geoids (der Erde) resultiert und für jede beliebige Entfernung genau berechnet werden kann. Sie bewirkt, daß entferntere Gegenstände allmählich unter dem Horizonte des Beobachters verschwinden, und dies um so mehr, je größer die Entfernung wird. Hohe Gipfel vermögen noch einige Zeit über dem Horizont emporzuragen, und zwar so lange, als ihre relative Höhe über dem Standpunkte des Beobachters größer ist als die für ihre Entfernung zutreffende Erdkrümmung, falls nicht andere Erhöhungen im Vordergrunde hindernd und beschränkend einwirken. *Die*

¹⁾ Öftere Anfragen von Clubgenossen über vorliegenden Gegenstand veranlaßten mich zu diesen Mitteilungen. Der Verfasser.

Erdkrümmung wirkt immer in einem negativen, d. h. für die Sichtbarkeit nachteiligen Sinne. Sie berechnet sich wie folgt: die Distanz k in Kilometern wird ins Quadrat erhoben (mit sich selber multipliziert) und die so erhaltene Zahl mit dem unveränderlichen Koeffizienten $= 0.078357$ multipliziert; also ist die betreffende Erdkrümmungskorrektur $= k^2 \times 0.078357$ in Metern, z. B. für 120 km. beträgt sie $= 120 \times 120 \times 0.078357 = 1128^m$. Wird mit Logarithmen gerechnet, wobei fünfstellige genügen, so wird der log. der Distanz verdoppelt und zu diesem Resultat der ständige log. $= 8.89408 - 10$ addiert, wenn die Distanz in Kilometern und der log. $= 2.89408$, wenn dieselbe in Metern gegeben ist, und dann von dem so erhaltenen log. der Numerus gesucht. Wiederum für 120 km. $= 120000^m$:

Kilometer		Meter	
log. 120	= 2.07918	log. 120000	= 5.07918
log. 120	= 2.07918	log. 120000	= 5.07918
log. konstant	= 8.89408 — 10	log. konstant	= 2 89408 — 10
log. Erdkrümmung = 3.05244		log. Erdkrümmung = 3.05244	
hievon der Numerus ergibt wieder wie oben = 1128 ^m .			

In einem andern Sinne wirkt die irdische Strahlenbrechung oder die terrestrische Refraktion. Wäre die die Erde umgebende Lufthülle eine überall gleichmäßig warme, ruhige und dichte, so würde der Sehstrahl eines Beobachters in ziemlich gerader Linie vorwärtsgehen; dies ist nun aus verschiedenen naheliegenden Gründen nicht der Fall, vielmehr ist der Zustand der Luft ein sehr ungleichmäßiger, man denke nur an die Abnahme der Luftdichtigkeit nach oben. Das bewirkt, daß, wie beim Eindringen in das Wasser, ein Lichtstrahl, und als einen solchen haben wir uns den Sehstrahl unseres beobachtenden Auges vorzustellen, von seiner geraden Linie abgelenkt wird, und dies wiederum um so mehr, je größer die Distanz wird, auf die wir einen fernen Gegenstand beobachten. Es wird beim Durchdringen der verschiedenartigen Luftschichten der Sehstrahl in einer Bogenlinie (Kurve) sich fortbewegen, deren konkave Seite gegen die Erde gekehrt ist. Für gewöhnlich wird daher *die Refraktion in einem positiven, für die Sichtbarkeit günstigen Sinne wirken*; sie eliminiert in etwas die negativen Einflüsse der Erdkrümmung, vermag diese jedoch nicht ganz aufzuheben, da sie im Mittel circa 7.6mal kleiner ist als die letztere; sie kann aber unter besonders günstigen Umständen ermöglichen, daß ein ferner liegender Gipfel uns noch über einen andern näher liegenden hinweg sichtbar wird, der sonst nach den Bedingungen der Erdkrümmung allein uns verschwinden würde.

Wenn nun schon die Wirkungen der Refraktion entsprechend den steten Wechseln, denen die Luft durch die ewig variierenden Wärme-, Ruhe- und Höhenverhältnisse unterworfen ist, unter Umständen sehr

verschiedene sein können, so ist man doch durch weitgehende Beobachtungen dahin gekommen, für normale Verhältnisse eine Konstante zu finden, welche uns hilft, auch diese Einwirkungen zu berechnen. Es wird wieder die Distanz k in Kilometern quadriert und dann mit dem ständigen Koeffizienten $= 0.010186$ multipliziert, d. h. es ist der Refraktionsbetrag $= k^2 \times 0.010186$ in Metern. Nehmen wir wieder die Distanz $k = 120$ km, so ist die Refraktion $= 120 \times 120 \times 0.010186 = 146.7^m$. Wird die Rechnung mit Logarithmen gemacht, so ist zum doppelten log. der Distanz der konstante log. $= 8.00802 - 10$ wenn k in Kilometer, und der log. $= 2.00802 - 10$ zu addieren, wenn k in Metern angenommen wurde. Beispiel:

	Kilometer		Meter
log. 120	$= 2.07918$	log. 120000	$= 5.07918$
log. 120	$= 2.07918$	log. 120000	$= 5.07918$
log. konstant	$= 8.00802 - 10$	log. konstant	$= 2.00802 - 10$
log. Refraktion	$= 2.16638$	log. Refraktion	$= 2.16638$
ergibt Refraktion $= 146.7^m$.			

Da Erdkrümmung wie Refraktion beide im Quadrat der Entfernung wachsen, so ist es einfach, die Einwirkung beider in einer Rechnung zu bestimmen, und zu dem Zweck ist wieder die Distanz k in Kilometern ins Quadrat zu erheben und dann mit 0.068171 zu multiplizieren, also Gesamtkorrektur $= k^2 \times 0.068171$. Für 120 km. $= 120 \times 120 \times 0.068171 = 981.7^m$. Bei logarithmischer Berechnung addiert man zum doppelten log. k in Kilometern den konstanten log. $= 8.83360 - 10$, zum doppelten log. k in Metern den konstanten log. $= 2.83360$. Beispiel:

	Kilometer		Meter
log. 120	$= 2.07918$	log. 120000	$= 5.07918$
log. 120	$= 2.07918$	log. 120000	$= 5.07918$
log. konstant	$= 8.83360 - 10$	log. konstant	$= 2.83360 - 10$
log. Corr.	$= 2.99196$	log. Corr.	$= 2.99196$

$=$ Gesamthorizontkorrektur $= 981.7 =$ Differenz der oben erhaltenen

Werte: für Erdkrümmung . . . $= - 1128.3^m$.

„ Refraktion . . . $= + 146.7^m$.

Gesamthorizontkorrektur $= - 981.6^m$.

Die nachfolgende Tabelle ist mit Hülfe dieser Formeln berechnet worden und dürfte für alle in der Schweiz vorkommenden Höhenverhältnisse genügen.

Zur Vergleichung sind in derselben auch die Angaben für Erdkrümmung und für Refraktion besonders berechnet; meist wird man aber nur diejenigen für beide zusammen, diejenige der Gesamthorizontkorrektur zur Lösung gegebener Fragen nötig haben.

Tabelle über den Betrag der Erdkrümmung, der Refraktion und beider zusammen.

Distanz in Kilometer	Erdkrümmung		Refraktion		Erdkrümmung und Refraktion	
	in Meter	Differenz pro 1 Kilometer	in Meter	Differenz für 1 Kilometer	in Meter	Differenz für 1 Kilometer
		Meter		Meter		Meter
5	2.0		0.3		1.7	
10	7.8		1.0		6.8	1.1
15	17.6		2.3		15.3	1.7
20	31.4		4.1		27.3	2.4
25	49.0		6.4		42.6	3.1
30	70.5		9.2		61.3	3.7
35	96.0		12.5		83.5	4.4
40	125.4		16.3		109.1	5.1
45	158.7		20.6		138.1	5.8
50	195.9		25.5		170.4	6.5
52.5	216	8.0	28		188	7.0
55	237	8.4	31	1.2	206	7.2
57.5	259	8.8	34	1.2	225	7.6
60	282	9.2	37	1.2	245	8.0
62.5	306	9.6	40	1.2	266	8.4
65	331	10.0	43	1.2	288	8.8
67.5	357	10.4	46	1.2	311	9.2
70	384	10.8	50	1.6	334	9.2
72.5	412	11.2	54	1.2	358	9.6
75	441	11.6	57	1.2	384	10.0
77.5	471	12.0	61	1.6	410	10.4
80	502	12.4	65	1.6	437	10.8
82.5	533	12.8	69	1.6	464	10.8
85	566	13.2	74	2.0	492	11.2
87.5	600	13.6	78	1.6	522	11.6
90	635	14.0	83	2.0	552	12.0
92.5	671	14.4	87	1.6	584	12.4
95	707	14.8	92	2.0	615	12.8
97.5	745	15.2	97	2.0	648	13.2
100	784	15.6	102	2.0	682	13.6
102.5	823	16.0	107	2.0	716	14.0
105	864	16.4	112	2.4	752	14.4
107.5	906	16.8	118	2.4	788	14.4
110	948	16.8	123	2.0	825	14.8

Distanz in Kilometer	Erdkrümmung		Refraktion		Erdkrümmung und Refraktion	
	in Meter	Differenz pro 1 Kilometer	in Meter	Differenz für 1 Kilometer	in Meter	Differenz für 1 Kilometer
		Meter		Meter		Meter
110	948	16.8	123	2.0	825	14.8
110	948	17.6	123	2.4	825	15.2
112.5	992	17.6	129	2.4	863	15.6
115	1036	18.4	135	2.4	902	16.0
117.5	1082	18.4	141	2.4	941	16.4
120	1128	19.2	147	2.4	982	16.4
122.5	1176	19.2	153	2.4	1023	16.8
125	1224	20.0	159	2.8	1065	17.2
127.5	1274	20.0	166	2.4	1108	17.6
130	1324	20.8	172	2.8	1152	18.0
132.5	1376	20.8	179	2.8	1197	18.4
135	1428	21.2	186	2.8	1242	18.8
137.5	1481	22.0	193	2.8	1289	18.8
140	1536	22.0	200	2.8	1336	19.2
142.5	1591	21.4	207	2.8	1384	19.6
145	1647	23.2	214	3.0	1433	20.0
147.5	1705	23.2	222	3.0	1483	20.4
150	1763	23.6	229	3.2	1534	20.4
152.5	1822	24.4	237	3.2	1585	21.2
155	1883	24.4	245	3.2	1638	21.2
157.5	1944	24.8	253	3.2	1691	21.6
160	2006	25.2	261	3.2	1745	22.0
162.5	2069	25.6	269	3.2	1800	22.4
165	2133	26.0	277	3.6	1856	22.8
167.5	2198	26.8	286	3.2	1913	22.8
170	2265	26.8	294	3.6	1970	23.2
172.5	2332	27.2	303	3.6	2029	23.6
175	2400	27.6	312	3.6	2088	24.0
177.5	2469	28.0	321	3.6	2148	24.4
180	2539	28.4	330	3.6	2209	24.8
182.5	2610	28.8	339	4.0	2271	24.8
185	2682	29.2	349	3.6	2333	25.6
187.5	2755	29.6	358	4.0	2397	25.6
190	2829	30.0	368	3.6	2461	26.0
192.5	2904	30.4	377	4.0	2526	26.4
195	2980		387		2592	

Distanz in Kilometer	Erdkrümmung		Refraktion		Erdkrümmung und Refraktion	
	in Meter	Differenz pro 1 Kilometer	in Meter	Differenz für 1 Kilometer	in Meter	Differenz für 1 Kilometer
		Meter		Meter		Meter
195	2980		387		2592	
197.5	3056	30.4	397	4.0	2659	26.4
197.5	3056	30.4	397	4.0	2659	26.8
200	3134	31.2	407	4.0	2727	27.2
202.5	3213	31.6	418	4.4	2795	27.2
205	3293	32.0	428	4.0	2865	28.0
207.5	3374	32.4	439	4.4	2935	28.0
210	3456	32.8	449	4.0	3006	28.4
212.5	3538	32.8	460	4.4	3078	28.8
215	3622	33.6	471	4.4	3151	29.2
217.5	3707	34.0	482	4.4	3225	29.6
220	3793	34.4	493	4.4	3300	30.0
222.5	3879	34.8	504	4.4	3375	30.0
225	3967	35.2	516	4.8	3451	30.4
227.5	4056	35.6	527	4.4	3528	30.8
230	4145	35.8	539	4.8	3606	31.2
232.5	4236	36.4	551	4.8	3685	31.6
235	4327	36.4	563	4.8	3765	32.0
237.5	4420	37.2	575	4.8	3845	32.0
240	4513	37.2	587	4.8	3927	32.8
242.5	4608	38.0	599	4.8	4009	32.8
245	4703	38.0	611	4.8	4092	33.2
247.5	4800	38.8	624	5.2	4176	33.6
250	4897	38.8	637	5.2	4261	34.0
252.5	4996	39.6	649	4.8	4346	34.0
255	5095	39.6	662	5.2	4433	34.8
257.5	5196	40.4	675	5.2	4520	34.8
260	5298	40.8	689	5.6	4608	35.2

Die Angaben in vorstehender Tabelle gelten, wie gesagt, für *mittlere* Verhältnisse. Je nachdem sich die Luft nach oben stark oder weniger stark abkühlt, ist der Refraktionsbetrag ein kleinerer oder ein größerer, der Totalbetrag infolgedessen ein größerer oder kleinerer. Diese Schwankungen dürften, wie Herr Denzler sagt, bis zum zwanzigsten Teil der Gesamt-

korrektur gehen, und es ist richtig, wie er ferner angiebt, daß z. B. bei starkem Föhn, bei welchem die obern Luftschichten sehr warm sind, ferne Gipfel über verhältnismäßig nähere hinweg gesehen werden können, während dies bei normalen Verhältnissen nicht der Fall ist, besonders nicht, wenn die Wärme nach oben rasch abnimmt, wobei die Refraktion kleiner wird, also weniger stark ihre der Sichtbarkeit günstigen Einwirkungen geltend machen kann.

Wenn wir die Tabelle näher ansehen, so ergibt sich noch folgende bequeme Hilfsformel zur Berechnung der Gesamtkorrektion: die Distanz in Kilometern ist ins Quadrat zu erheben und dieses Resultat durch 14.67 zu dividieren (die von Denzler angegebene Zahl 15 ergibt eine zu kleine mittlere Korrektur, mag für gröbere Kontrollen jedoch genügen).

Ferner ist aus der Tabelle ersichtlich, daß für eine doppelte Distanz $= 2 k$ die Korrekturen das Vierfache betragen als für die einfache Distanz k , was naturgemäß aus der Berechnungsweise hervorgeht.

Soll nun die Frage gelöst werden, ob ein bestimmter Gipfel von einem andern aus gesehen werden kann, so muß auf der Karte die gerade Linie zwischen den beiden Punkten ermittelt werden, sei es mittelst Lineal, gespanntem Faden etc. etc. Dabei sieht man, welche Punkte hindernd in den Weg treten oder die Sichtbarkeit in Frage stellen. Dieselben werden notiert, ihre Höhe gesucht und ihre Entfernung vom Ausgangspunkt gemessen. Für gewöhnliche Untersuchungen wird es genügen, die letztere auf der Karte mittelst des Maßstabes abzugreifen, für genauere müssen die Koordinaten der betreffenden Punkte ermittelt und daraus die genaue Distanz gerechnet werden. Dann macht sich die Rechnung im fernern wie folgt — nach Denzler: ¹⁾ „Die Höhe „des Ausgangspunktes wird von denjenigen der zwei (oder mehr) zu „untersuchenden Punkte abgezogen und das Ergebnis mit $+$ (plus) oder „mit $-$ (minus) bezeichnet, je nachdem sie höher oder tiefer als der „Ausgangspunkt sind. Dazu kommt für jeden dieser Punkte die Wirkung „der vereinigten Krümmung und Refraktion nach der vorstehenden Tabelle „mit den zutreffenden Distanzen, und zwar stets mit dem Zeichen $-$ „(minus, erniedrigend). Bei gleichen Zeichen zählen sich die beiden „Werte jedes Punktes zusammen, bei ungleichen gilt der Unterschied „und Zeichen des größern Wertes. Diese neuen Werte werden dann „durch die zugehörigen Entfernungen geteilt; giebt der *weitere Punkt* „ein *größeres Ergebnis in $+$* oder ein *kleineres in $-$* , so *blickt er über* „den *nähern hinweg*, d. h. *er ist vom Ausgangspunkt sichtbar*.“

¹⁾ Ich kenne kaum einen einfacheren und praktischeren Weg als der von Denzler und lasse denselben deshalb, auch der Übereinstimmung halber hier unverändert folgen.

Der Verfasser.

Es folgen hier nun drei Beispiele:

1) Sieht man vom Niesen aus die Spitze der Grande Jorasse? Dazwischen liegen und beeinträchtigen die Sichtbarkeit der Grat zwischen Iffigen und Rawylpaß mit 2702^m und le Sex rouge mit 2907^m; Niesen hat 2367^m; Grande Jorasse 4206^m. Nun ist

Ausgangs-, End- und Zwischenpunkte	Distanzen vom Ausgangspunkt	Höhen sämtlicher Punkte	Ausgangshöhe abgezogen	Betrag der Krümmung und Refraktion	Dieselbe abgezogen bleibt	Dies dividiert durch die Distanz
	km.	m.	m.	m.	m.	m.
Niesen	0	2367				
Höhe bei Rawyl	34.5	2702	+ 335	— 81	= + 254	+ 1 : 7.4
Sex rouge . .	40.5	2907	+ 540	— 112	= + 428	+ 1 : 10.6
Grande Jorasse	101	4206	+ 1839	— 696	= + 1143	+ 1 : 11.3

Die Grande Jorasse ist also sichtbar, und zwar noch bis circa 70^m unter ihrer Spitze.

2) Sieht man den Mont Blanc vom Niesen aus? Wenn wir das Gstürz weglassen, so haben wir noch als hohen Zwischenpunkt den Sattel zwischen Wildhorn und la Pucelle (südlicher Gipfel des Wildhorns) mit circa 3140^m. Es ist

Ausgangs-, End- und Zwischenpunkte	Distanzen vom Ausgangspunkt	Höhen	Ausgangshöhe abgezogen	Betrag der Krümmung und Refraktion	Dieselbe abgezogen bleibt	Dies dividiert durch die Distanz
	km.	m.	m.	m.	m.	m.
Niesen	0	2367				
Sattel b. Wildh.	39.5	3140	+ 773	— 107	= + 666	+ 1 : 17.0
Mont Blanc .	108	4810	+ 2443	— 795	= + 1648	+ 1 : 15.3

Der Mont Blanc ist vom Niesen aus also *nicht* sichtbar, und zwar bleibt er fast 200^m unter dem Sattel beim Wildhorn. Beim ersten Beispiel ist die Steigung des Sehstrahles pro einen Kilometer die größte auf Grande Jorasse, 11.3^m pro Kilometer, folglich ist dieser sichtbar; beim zweiten

Beispiel beträgt die Steigung des Sehstrahles auf dem Mont Blanc bloß 15.3^m per Kilometer, diejenige auf dem davorliegenden Wildhornsattel dagegen 17.0^m, also ist der Mont Blanc verdeckt.

Als fernerer Beispiel diene noch folgendes etwas komplizierterer Natur:

3) Ist das Finsteraarhorn von der Straßenkehre zunächst ob dem Hof in Chur aus sichtbar?

Es kommen hier nicht weniger als sechs Zwischenpunkte in Frage: Ausgangspunkt = 647^m Höhe, Endpunkt = 4275^m, Distanz 112 km., dazwischen liegen:

a) die Höhe im Längswald n. w. von Versam mit 900^m, Distanz = 17.6 km.;

b) eine solche bei Vallata (Obersaxen) mit 1160^m, Distanz = 31 km.;

c) die Höhe des Plaungrond zwischen Dissentis und Sedrun mit 1999^m, Distanz = 58 km.;

d) der Culm de Val nördlich von Tschamut mit 2210^m, Distanz = 66 km.;

e) das Mütterlihorn, nördlich Realp, mit 3063^m, Distanz = 82 km., und

f) der Grat, circa 700—800^m südlich vom Galenstock mit 3260^m, Distanz = 89 km.

Es ist daher

Punkte	Distanzen von Chur	Höhen der Punkte	Höhe des Ausgangspunktes abgezogen	Krümmung und Refraktion	Dieselbe abgezogen bleibt	Dividiert durch Distanz in Kilometer
	km.	m.	m.	m.	m.	m.
Chur	0	647				
Längswald . .	17.6	900	+ 253	— 21	= + 232	+ 1 : 13.2
Vallata . . .	31	1160	+ 513	— 66	= + 447	+ 1 : 14.4
Plaungrond .	58	1999	+ 1352	— 229	= + 1123	+ 1 : 19.4
Culm de Val .	66	2210	+ 1563	— 297	= + 1266	+ 1 : 19.2
Mütterlihorn .	82	3063	+ 2416	— 459	= + 1957	+ 1 : 23.9
Galenstock . .	89	3260	+ 2613	— 540	= + 2073	+ 1 : 23.4
Finsteraarhorn	112	4275	+ 3628	— 856	= + 2772	+ 1 : 24.8

Es ist also das Finsteraarhorn von dem genannten Punkte bei Chur aus sichtbar, und zwar wird es gewöhnlich um circa 95^m über das Mütterlihorn emporragen.

Sind die Zwischenpunkte und der Endpunkt niedriger als der Beobachtungsstandort, so macht sich die Rechnung ganz gleich, nur ist der Betrag der Erdkrümmung und Refraktion zu der Zahl zu addieren, die man erhält, wenn die Höhe des Ausgangspunktes von derjenigen der Zwischenpunkte und des Endpunktes abgezogen wird, da dann beide — werden. Gestatten Sie auch hierfür ein Beispiel: Frage: Ist der Rigi (1801^m) vom Scopi (3200^m) aus sichtbar? Die Visur geht zunächst westlich des Val Medels über den Gipfel (2892^m) s. w. dem Piz Aul in einer Distanz vom Scopi von 6.3 km., überschreitet nachher den Hauptkamm zwischen Hinterrhein- und Maderanerthal am Krüzliberg in der Höhe von 2604^m (17 km. vom Scopi); der Rigi ist vom Scopi rund 60 km. entfernt. Wir rechnen wie folgt:

Punkte	Distanzen vom Scopi	Höhen der Punkte	Höhe des Ausgangspunktes abgezogen	Krümmung und Refraktion	Dieselbe, weil — addiert, giebt	Dividiert durch die Distanz in Kilometer
	km.	m.	m.	m.	m.	m.
Scopi	0	3200				
Hinter Piz Aul	6.3	2892	— 308	— 3	= — 311	1 : 50
Krüzliberg . .	17	2604	— 596	— 20	= — 616	1 : 36
Rigi	60	1801	— 1399	— 245	= — 1644	1 : 27.4

der Sehstrahl fällt hier auf Rigi pro Kilometer um 27.4^m, während auf den Krüzliberg schon 36^m und auf den Punkt hinter Piz Aul sogar 50^m fallen; folglich ist der Rigi vom Scopi aus sichtbar. — Man merke sich: *Steigt der Sehstrahl*, so sind die Punkte sichtbar, welche die *größere und größte Steigung* des Sehstrahls per Kilometer aufweisen, *fällt* aber derselbe, so sind es diejenigen, welche das kleinere und *kleinste Gefäll* besitzen.