

Berechnung: Beat Booz

## Auswertungen zur geometrischen Lage der mittleren Gesamt-Trajektorie in Bezug auf die Möglichkeit von Infraschall-Registrierungen

Feuerkugel: Kalenderdatum: Tag: **D = 22** **H\_UT = 22** [UTC]  
 Monat: **M = 3** **M\_UT = 18**  
 Jahr: **Y = 2021** **S\_UT = 33**

Für die Zeit-Berechnungen der Schall-Ankunft bei den Stationen wird obige Zeit als **Startzeit des Schalles** gesetzt. Die Zeit für das Durchlaufen der Trajektorie findet somit in dieser approximativen Auswertung keine Berücksichtigung! -> Der Schall startet in diesem Modell gleichzeitig von allen Trajektorien-Punkten.

### Infraschall-Stationen: Geografische Koordinaten:

$\Phi$  nördlich positiv,  $\lambda$  östlich von Greenwich  
 südlich negativ, positiv, westlich von  
 Greenwich negativ

Nr.	Stat.-Id.	Stationsname	Geogr. Breite $\Phi$ [° dez.]	Geogr. Länge $\lambda$ [° dez.]	Höhe über Meer [km]
1	"ENT"	"Beobachtungsstation Entfelden"	47.3626	8.0375	0.425
2	"VTE"	"Observatoire géophysique, Val Terbi"	47.359345	7.498493	0.572
3	"BOS"	"Privatsternwarte Bos-cha"	46.777367	10.169708	1.666
4	"LOC"	"Beobachtungsstation Locarno"	46.1723	8.7878	0.367
5	"GNO"	"Osservatorio Astronomico di Gnosca"	46.231461	9.024039	0.254

### Mittlere Trajektorie:

Gesamt-Länge [km]: **TrajL = 403.034**

Anfangspunkt:  **$\Phi_B_S = 46.37114973$**   
 Endpunkt:  **$\Phi_B_E = 44.95862504$**

Geografische Breite [°]:

Geografische Länge [°]:  **$\lambda_B_S = 13.73478417$**

**$\lambda_B_E = 9.07291701$**

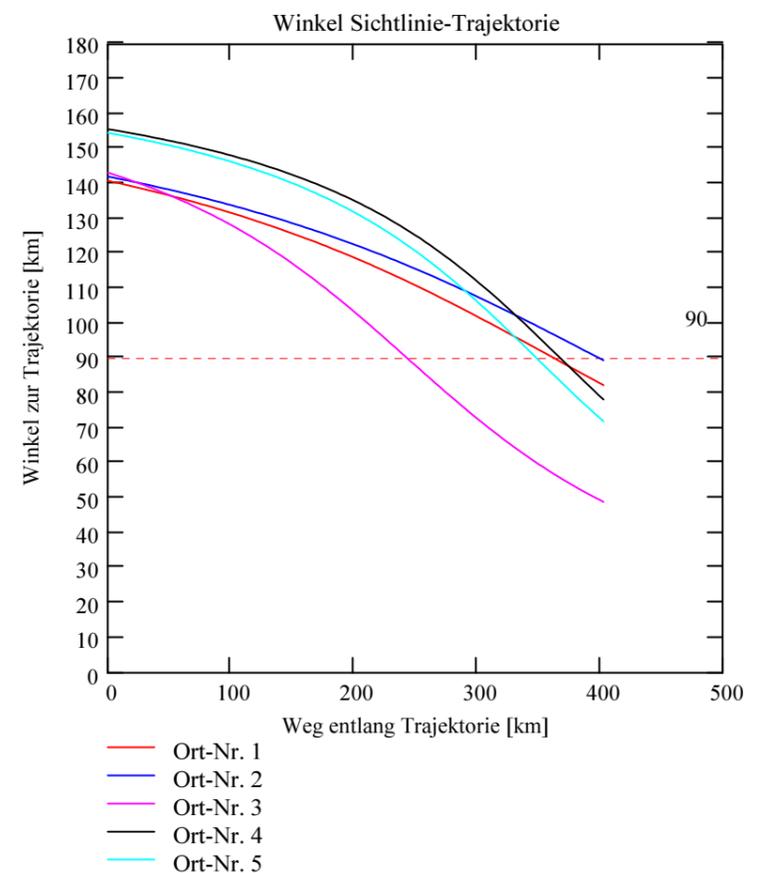
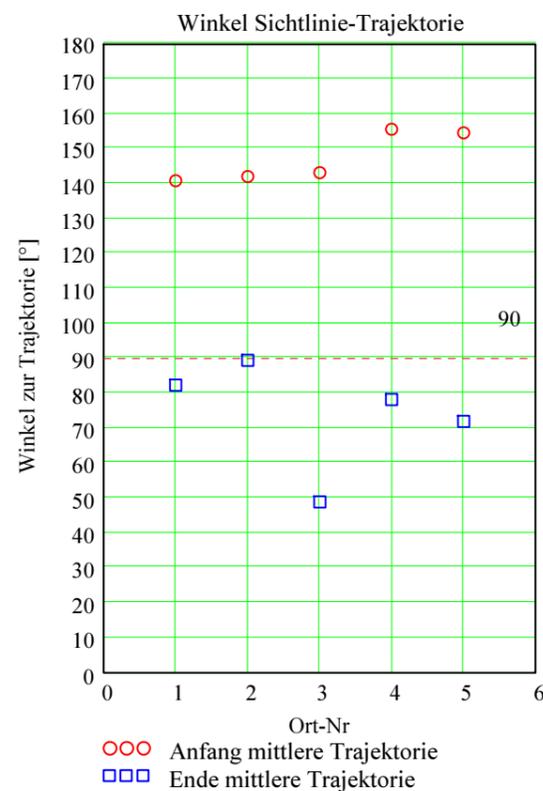
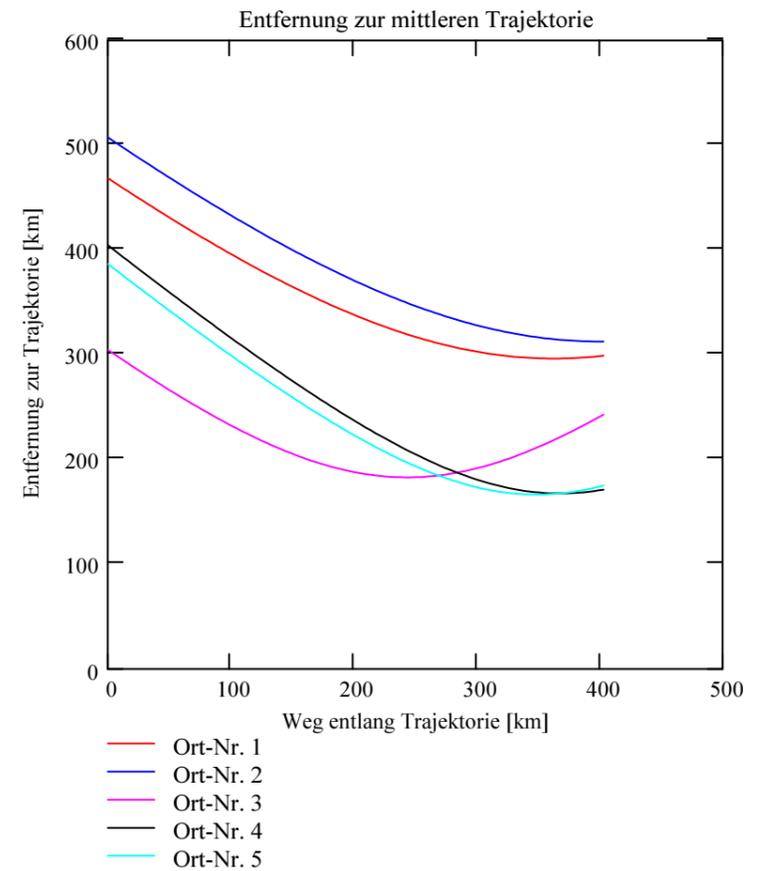
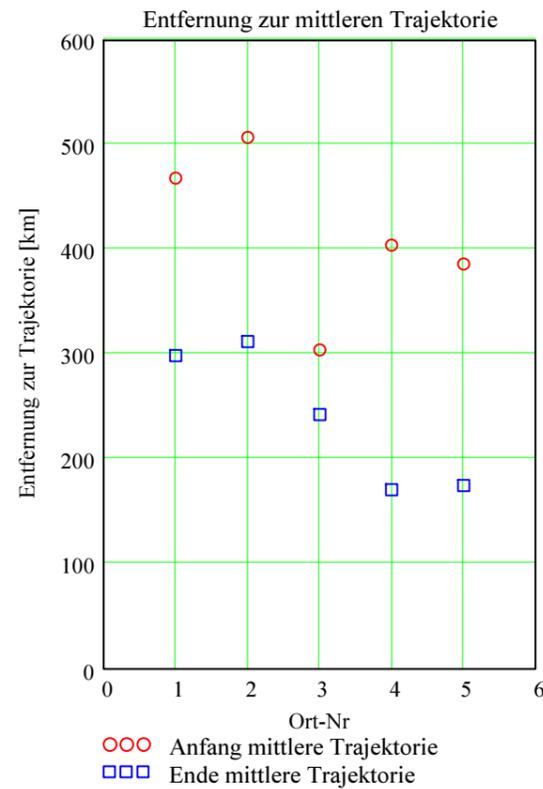
Höhe [km]: **HB\_S\_km = 121.548**

**HB\_E\_km = 101.308**

### Toleranz für Schallgeschwindigkeit [km/s]:

**$\Delta c = 0$**  Hinweis:  
 Die mittlere Schallgeschwindigkeit beim Durchlaufen der Höhe des jeweiligen Punktes bis zum Boden (500 m ü.M.) wird berechnet. Deshalb kann normalerweise mit Toleranz  $\Delta c = 0$  gerechnet werden.

Windstärke:  **$v_{Wind\_max} = 60$  [km/h]**  $\frac{v_{Wind\_max}}{3600} = 0.017$  [km/s]



# Fachgruppe Meteorastronomie

Berechnung: Beat Booz

Die Zeiten sind als Richtwerte, welche auf Basis mittlerer Schallgeschwindigkeiten und der Direkt-Entfernung zwischen den Stationen und den Trajektorienpunkten berechnet wurden, zu verstehen. Für maximale Windeinflüsse und Toleranz in der Schallgeschwindigkeit sind die frühesten und spätesten Eintreffzeiten angegeben. Bei den Zeitberechnungen findet keine Prüfung bezüglich geometrischer Möglichkeit der Schallankunft (Grenzentfernung!) statt -> **Ob Infraschall zu erwarten ist, muss unter "Möglichkeit für das Empfangen von Infraschall" überprüft werden!**

## Anfangspunkt der mittleren Trajektorie, für kugelförmige Schallausbreitung bei Fragmentationen und Explosionen:

Station:	Kugelf. Schall:	Winkel B-T [°]:	Distanz [km]:	Grenzentfernung für Schall-Empfang (von Höhe abhängig!) [km]:	Geografische Koordinaten der Punkte auf der Trajektorie:	Berechnete mittlere Schallgeschwindigkeit [km/s]:
					Breite [°]: Länge [°]: Höhe [km]:	
DS =	"ENT"	"nein"	140.791	468.142	GS = (46.37115 13.734784 121.548)	c <sub>mS</sub> = 0.306
	"VTE"	"nein"	141.992	507.042		
	"BOS"	"nein"	143.127	304.225		
	"LOC"	"nein"	155.564	404.075		
	"GNO"	"nein"	154.521	386.143		

Grenz\_S = 268.767

## Endpunkt der mittleren Trajektorie, für kugelförmige Schallausbreitung bei Fragmentationen und Explosionen:

Station:	Kugelf. Schall:	Winkel B-T [°]:	Distanz [km]:	Grenzentfernung für Schall-Empfang (von Höhe abhängig!) [km]:	Entfernung des Punktes vom Anfangspunkt der Trajektorie [km]:	Geografische Koordinaten der Punkte auf der Trajektorie:	Berechnete mittlere Schallgeschwindigkeit [km/s]:
						Breite [°]: Länge [°]: Höhe [km]:	
DE =	"ENT"	"nein"	82.246	298.666	TrajL = 403.034	GE = (44.958625 9.072917 101.308)	c <sub>mE</sub> = 0.303
	"VTE"	"nein"	89.353	312.243			
	"BOS"	"nein"	48.826	242.521			
	"LOC"	"ja"	78.123	170.815			
	"GNO"	"ja"	71.852	174.809			

Grenz\_E = 233.509

## Definierter Punkt auf Trajektorie, für kugelförmige Schallausbreitung bei Fragmentationen und Explosionen:

Station:	Kugelf. Schall:	Winkel B-T [°]:	Distanz [km]:	Grenzentfernung für Schall-Empfang (von Höhe abhängig!) [km]:	Entfernung des Punktes vom Anfangspunkt der Trajektorie [km]:	Geografische Koordinaten der Punkte auf der Trajektorie:	Berechnete mittlere Schallgeschwindigkeit [km/s]:
						Breite [°]: Länge [°]: Höhe [km]:	
DP =	"ENT"	"nein"	140.791	468.142	sT <sub>manuell</sub> = 0	GP = (46.37115 13.734784 121.548)	c <sub>m_man</sub> = 0.306
	"VTE"	"nein"	141.992	507.042			
	"BOS"	"nein"	143.127	304.225			
	"LOC"	"nein"	155.564	404.075			
	"GNO"	"nein"	154.521	386.143			

Grenz\_man = 268.768

## Punkte auf Trajektorie mit zylindrischer Schallausbreitung (0 in Ergebnissen bedeutet, dass es keinen solchen Punkt gibt):

Der Winkel zwischen Beobachtungslinie und Trajektorie sollte 90° (=kleinste Entfernung!) erreichen, damit sich zylindrisch zur Trajektorie ausbreitender Schall (Mach'scher Kegel mit kleinem Öffnungswinkel), bei der Infraschall-Station ankommen kann!

Station:	Kugelf. Schall:	Zylindr. Schall:	Distanz [km]:	Grenzentfernung für Schall-Empfang (von Höhe abhängig!) [km]:	Entfernung der Punkte vom Anfangspunkt der Trajektorie [km]:	Geografische Koordinaten der 90° Punkte auf der Trajektorie:	Berechnete mittlere Schallgeschwindigkeit [km/s]:
						Breite [°]: Länge [°]: Höhe [km]:	
DZ =	"ENT"	"nein"	"ja"	295.936	sT =	GZ =	c <sub>zyl</sub> =
	"VTE"	"nein"	"ja"	312.224			
	"BOS"	"ja"	"ja"	182.548			
	"LOC"	"ja"	"ja"	167.158			
	"GNO"	"ja"	"ja"	166.113			

Grenz\_zyl = (235.292, 233.645, 243.613, 235.036, 236.042)

Gesetzte Windstärke [km/h]: v<sub>Wind\_max</sub> = 60 Toleranz Schallgeschwindigkeit [km/s]: Δc = 0

## Minimal- und Maximalzeit des Zeitfensters der Schallankunft (mit Wind und Toleranz!):

	J	M	T	h	m	s		J	M	T	h	m	s	
ST =	"ENT"	2021	3	22	22	33	57.8	Zeit_min =	2021	3	22	22	45	32.3
	"VTE"	2021	3	22	22	34	48.7		2021	3	22	22	47	46.9
	"BOS"	2021	3	22	22	28	3.6		2021	3	22	22	36	5.3
	"LOC"	2021	3	22	22	27	15.4		2021	3	22	22	41	50.7
	"GNO"	2021	3	22	22	27	12.1		2021	3	22	22	40	48.7

Zeit\_max =

## Zeiten (früher, ohne Wind, später) der Schallankunft vom Anfangspunkt (kugelförmige Ausbreitung!) [UTC]:

J	M	T	h	m	s	J	M	T	h	m	s	J	M	T	h	m	s			
ZSf =	2021	3	22	22	42	44.9	ZS =	2021	3	22	22	44	4.1	ZSs =	2021	3	22	22	45	32.3
	2021	3	22	22	44	45.6		2021	3	22	22	46	11.3		2021	3	22	22	47	46.9
	2021	3	22	22	34	16.5		2021	3	22	22	35	8		2021	3	22	22	36	5.3
	2021	3	22	22	39	26.2		2021	3	22	22	40	34.5		2021	3	22	22	41	50.7
	2021	3	22	22	38	30.6		2021	3	22	22	39	35.9		2021	3	22	22	40	48.7

## Zeiten (früher, ohne Wind, später) der Schallankunft vom Endpunkt (kugelförmige Ausbreitung!) [UTC]:

J	M	T	h	m	s	J	M	T	h	m	s	J	M	T	h	m	s			
ZEf =	2021	3	22	22	34	6.4	ZE =	2021	3	22	22	34	57.6	ZEs =	2021	3	22	22	35	54.9
	2021	3	22	22	34	48.8		2021	3	22	22	35	42.4		2021	3	22	22	36	42.3
	2021	3	22	22	31	10.9		2021	3	22	22	31	52.5		2021	3	22	22	32	39
	2021	3	22	22	27	26.8		2021	3	22	22	27	56.1		2021	3	22	22	28	28.9
	2021	3	22	22	27	39.3		2021	3	22	22	28	9.3		2021	3	22	22	28	42.8

## Zeiten (früher, ohne Wind, später) der Schallankunft vom definierten Punkt (kugelförmige Ausbreitung!) [UTC]:

J	M	T	h	m	s	J	M	T	h	m	s	J	M	T	h	m	s			
Zmf =	2021	3	22	22	42	44.9	Zm =	2021	3	22	22	44	4.1	Zms =	2021	3	22	22	45	32.3
	2021	3	22	22	44	45.6		2021	3	22	22	46	11.3		2021	3	22	22	47	46.9
	2021	3	22	22	34	16.5		2021	3	22	22	35	8		2021	3	22	22	36	5.3
	2021	3	22	22	39	26.2		2021	3	22	22	40	34.5		2021	3	22	22	41	50.7
	2021	3	22	22	38	30.6		2021	3	22	22	39	35.9		2021	3	22	22	40	48.7

## Zeiten (früher, ohne Wind, später) der Schallankunft der Punkte mit 90° Winkel zwischen Beobachtungslinie und Trajektorie -> zylinderförmige Ausbreitung! [UTC]: 0 bedeutet, dass es keinen solchen Punkt gibt.

J	M	T	h	m	s	J	M	T	h	m	s	J	M	T	h	m	s			
Zzf =	2021	3	22	22	33	57.8	Zz =	2021	3	22	22	34	48.6	Zzs =	2021	3	22	22	35	45.4
	2021	3	22	22	34	48.7		2021	3	22	22	35	42.3		2021	3	22	22	36	42.2
	2021	3	22	22	28	3.6		2021	3	22	22	28	34.9		2021	3	22	22	29	9.9
	2021	3	22	22	27	15.4		2021	3	22	22	27	44.1		2021	3	22	22	28	16.1
	2021	3	22	22	27	12.1		2021	3	22	22	27	40.6		2021	3	22	22	28	12.5

Berechnung: Beat Booz

## Basiswerte für Grenzlinien-Berechnung der Schallausbreitung:

Höhe der Schallquelle (Meteor) [km]:  
Maximal erreichbare Distanz des Infrasonns (für 500 m ü.M.) [km]:

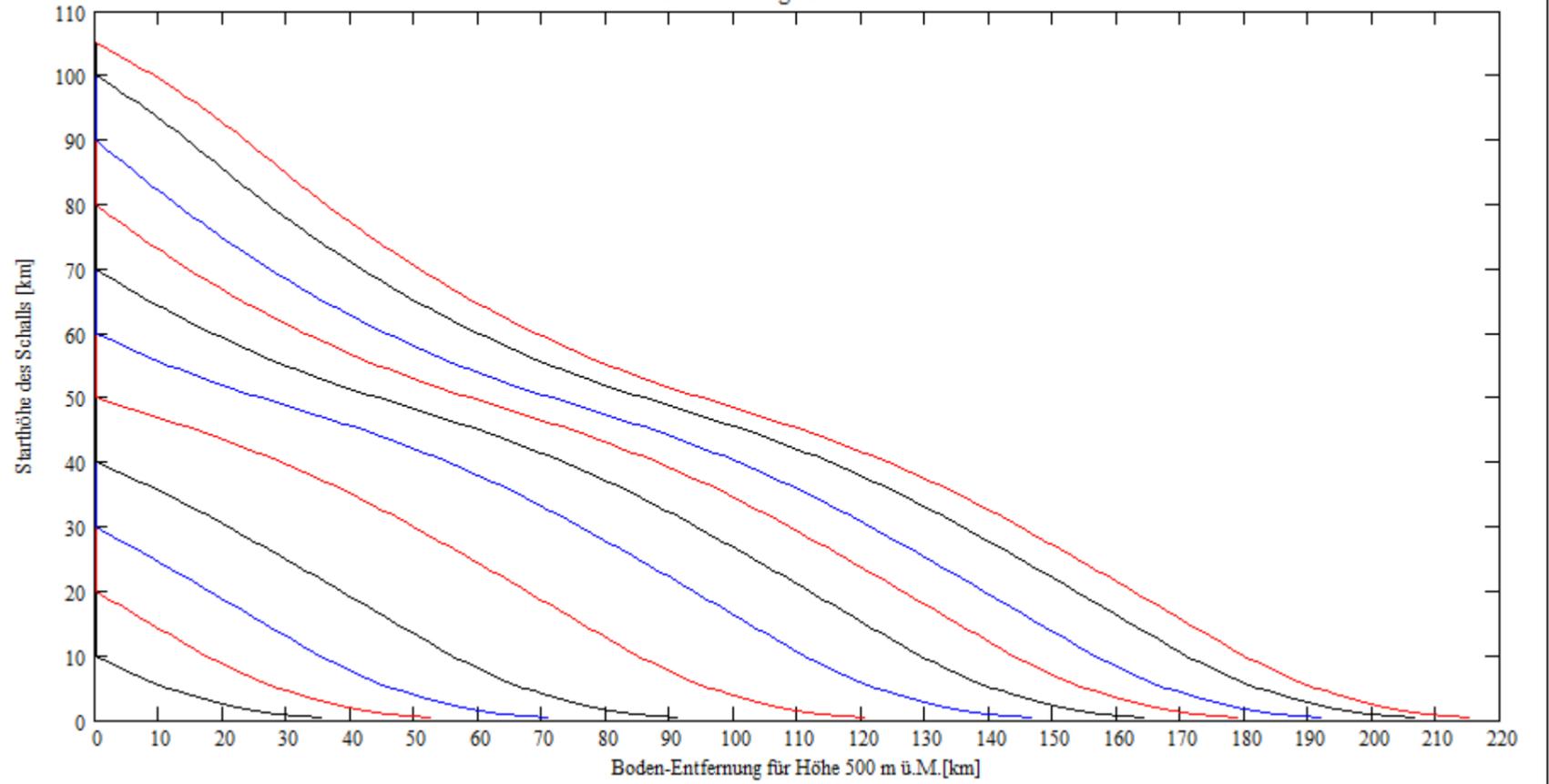
H <sub>Inf</sub> =	Dist_max_Inf =
0.5	0
5	24.99
10	36.79
15	46.82
20	56.31
25	66.44
30	77.01
35	87.69
40	99.78
45	114.11
50	130.94
55	146.02
60	159.11
65	170
70	179.42
75	188.89
80	196.99
85	205.4
90	213.26
95	221.73
100	230.96
105	240.91

## Berechnungswerte für mittlere Schallgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Höhen der Schallquelle:

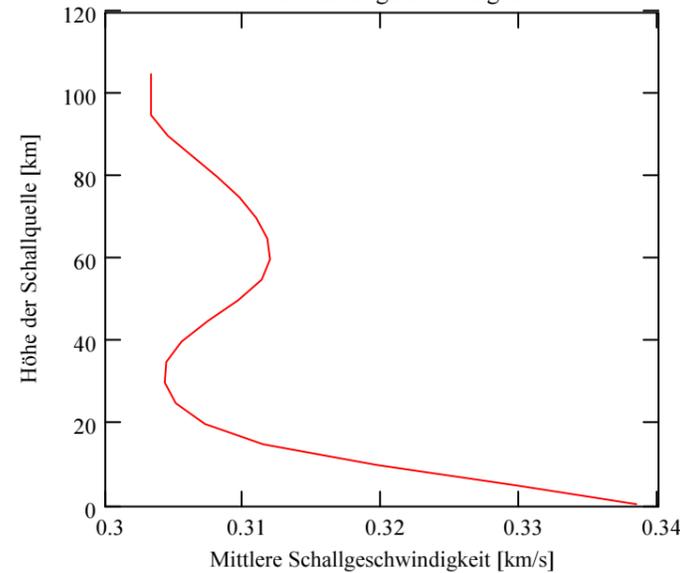
Höhe der Schallquelle (Meteor) [km]:  
Mittlere Schallgeschwindigkeit beim Durchlaufen von der Höhe bis zum Boden [km/s]:

H <sub>Meteor_Pkt</sub> =	c <sub>mittel_H_Met</sub> =
0.5	0.338
5	0.33
10	0.32
15	0.311
20	0.307
25	0.305
30	0.304
35	0.304
40	0.305
45	0.307
50	0.31
55	0.311
60	0.312
65	0.312
70	0.311
75	0.31
80	0.308
85	0.306
90	0.305
95	0.303
100	0.303
105	0.303

Schallausbreitung für Maximaldistanz



Mittlere Schallgeschwindigkeit



Die in den Berechnungen verwendete **mittlere Schallgeschwindigkeit** ist der arithmetische Mittelwert, welcher sich aus der Summe der jeweiligen Schallgeschwindigkeiten in allen, ab der Höhe der Schallquelle, durchlaufenen Höhenschichten ergibt!! Dieser Wert steht damit in direktem Bezug zu Weg und Zeit.