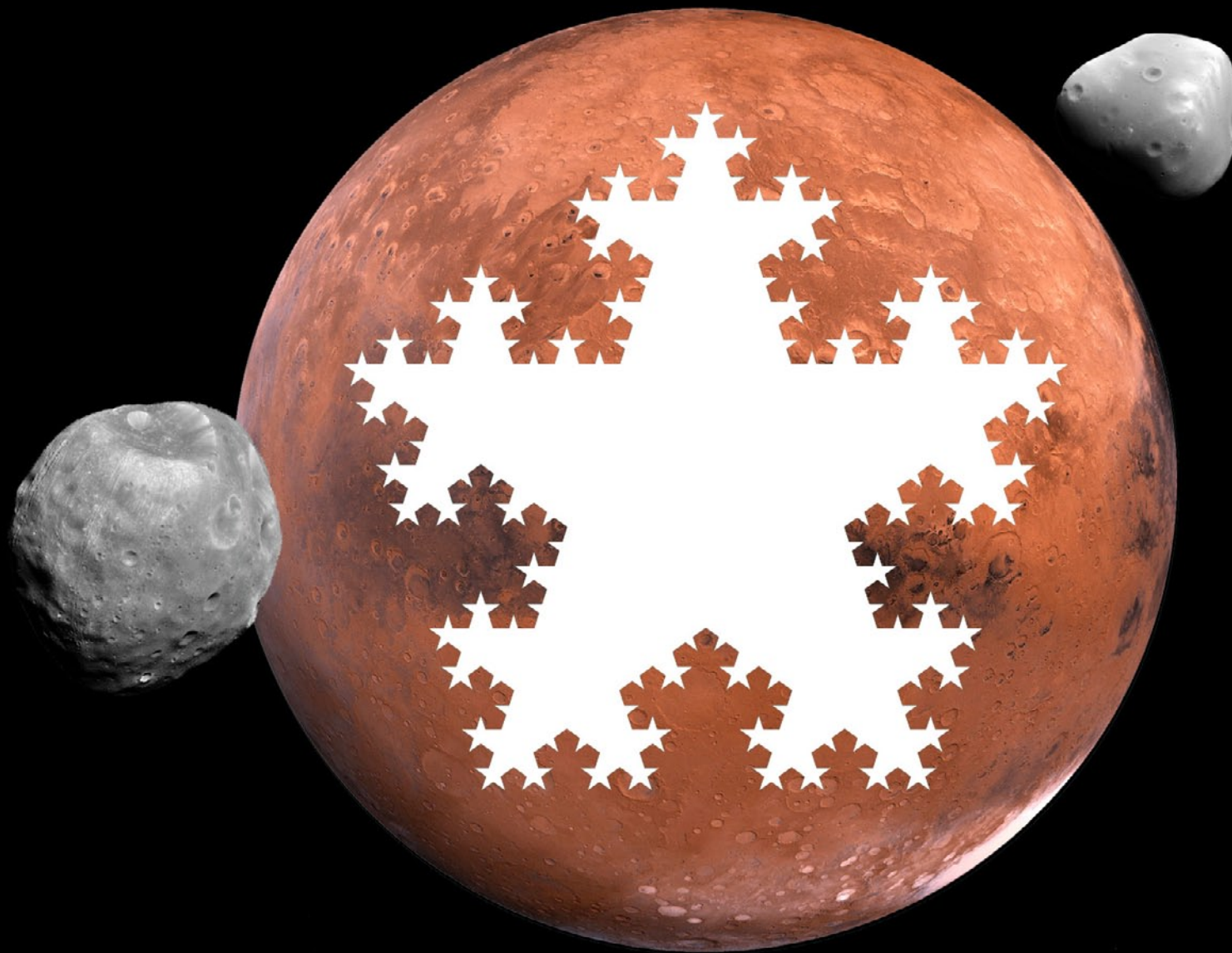
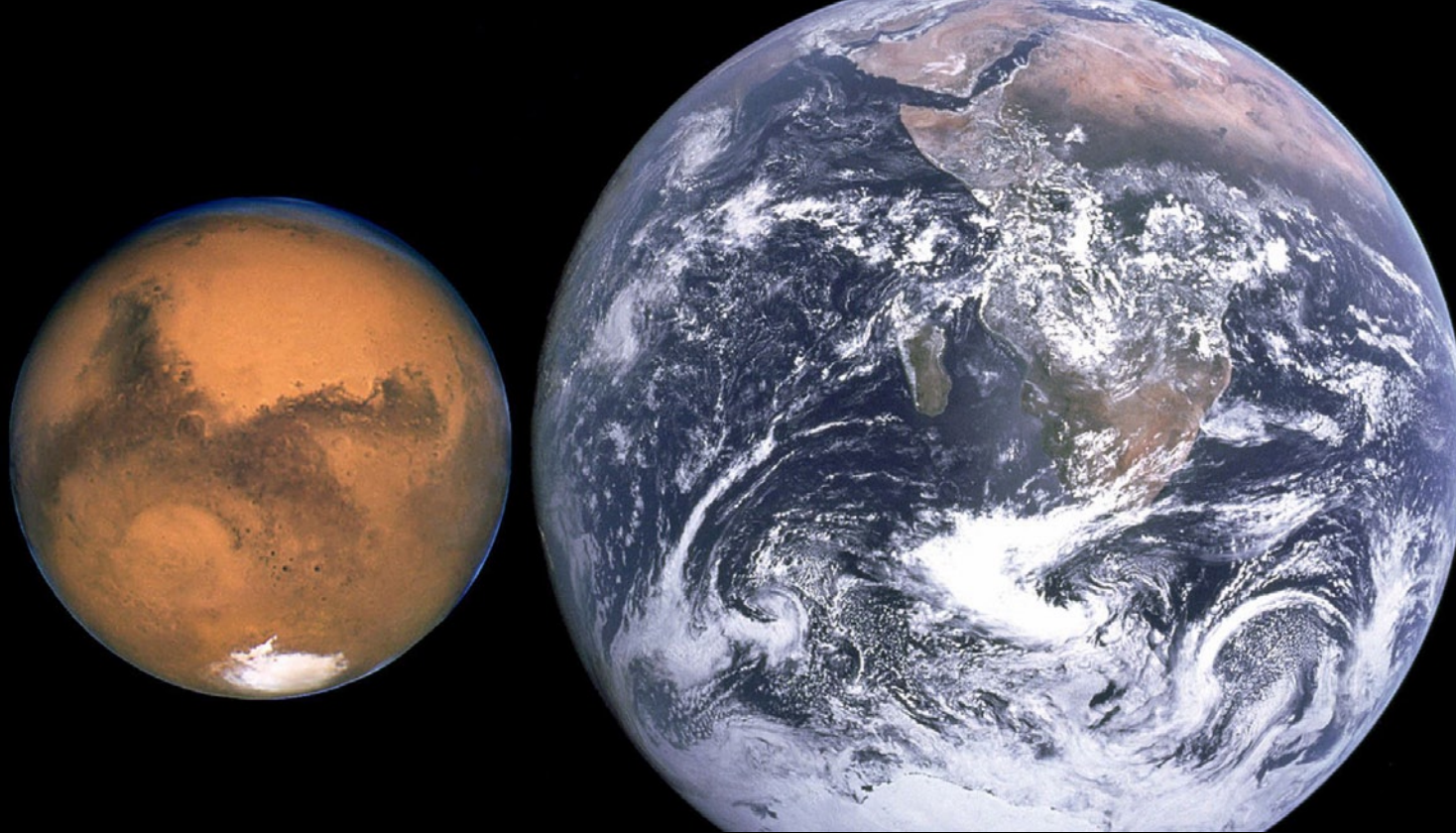




PNEUMO PLANET

www.marshabitat.space



Mars unser Bruderplanet

Durchmesser: 6.780 km

Rotation: Marstag: 24h : 37min

Neigung der Rotationsachse relativ zum Orbit: 25,19°

Umlaufzeit: 687 Tage

Sonneinstrahlung im Marsorbit: 590W/m²

Gravitation: 0,38g

Temperatur am Äquator: -85°C bis +20°C, Durchschnitt -23°C

Gesamtdurchschnitt Mars: -55°C

Atmosphäre: Luftdruck ca. 6 mbar

**Zusammensetzung: 96% CO₂, 1,93% Argon,
1,89% Stickstoff, 0,146% Sauerstoff, 0,056% CO**

Erde: 12742 km

Erde: 23,44°

Erde 365,26 Tage)

Erde: 1,00g

Erde +15°C

Erde Meereshöhe: 1.008mbar

**Erde: 78% Stickstoff, 21% Sauerstoff
0,93% Argon, 0,04% CO₂)**

Bedingungen und Herausforderungen für ein Mars Habitat

Winde am Mars sind meist ungefährlich, da die Atmosphäre sehr dünn ist. Ein Sturm, der auf dem Mars mit 360 km/h bläst, hat den gleichen Winddruck wie ein Wind mit 30 km/h auf der Erde. Allerdings können Winde zeitweise viel Staub aufwirbeln, der dann für Monate die Atmosphäre trüben kann.

Kosmische Strahlung (Gamma bis Ultra Violet) sowie solare Partikelstrahlung tritt aufgrund des fehlenden Magnetfelds und der dünnen Atmosphäre nahezu ungehindert auf der Marsoberfläche auf. Die Strahlenbelastung beträgt 240 mSv/Jahr, während es auf der Erde 2,4 mSv pro Jahr sind. Die Erdatmosphäre schirmt aufgrund ihrer Masse hingegen die meiste Strahlung mit gleicher Wirkung ab wie eine 10 Meter dicke Wasserschicht, oder 3 Meter Gestein. Die Marsatmosphäre hingegen schützt bloß wie ein 6cm dicker Wasserfilm, oder eine 2cm dicke Steinplatte.

Meteoriten und Mikrometeoriten (>0,2mm Dm) werden von der dünnen Marsatmosphäre kaum gebremst und schlagen mit einer Häufigkeit von ca. 1 Stk/m² und Jahr und mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von ca. 25km/s auf der Oberfläche ein. Bei dieser Geschwindigkeit hat selbst ein winziges Partikel mit 0,3mm Durchmesser und 0,06g Masse die Einschlagskraft einer Panzerabwehrgewehrpatrone.

Im Wesentlichen muss ein Mars Habitat seine Bewohner daher vor folgenden Widrigkeiten schützen:

- 1; niedriger Druck nahezu am Vakuum der giftigen Atmosphäre,
- 2; extreme Kälte
- 3; lebensgefährdende kosmische Strahlung,
- 4; einschlagende Meteoriten

Zudem soll die Transportmasse im Raumschiff möglichst gering sein und wir sollten das Sonnenlicht für großräumige Gewächshäuser nutzbar machen.

Großräumige Gewächshäuser sind nicht nur für die Produktion von Nahrungsmitteln und die Abspaltung von O₂ in CO₂ durch Photosynthese bei einem Langzeitaufenthalt wichtig, Sie sind die einzige Möglichkeit mit deren Vegetation eine Umgebung zu schaffen, die der natürlichen Umgebung auf der Erde sehr nahe kommt, und die daher als wichtigster Aufenthaltsbereich für die Bewohner dienen kann. Aufgrund der Strahlenbelastung dürfen Marsbewohner nur einige Minuten täglich im Raumanzug draussen spazieren gehen. Müssten sie die meiste Zeit in einem engen sterilen Raum ohne Sonne und Vegetation verbringen, würden sicher nicht Wenige nach einiger Zeit depressiv werden.

Das hier präsentierte Konzept PNEUMO PLANET löst all diese Aufgaben auf folgende Weise:

Superleichte aufblasbare Membranmodule werden auf der Erde unter optimalen und bestens kontrollierbaren Bedingungen produziert und ausreichend getestet, bevor Sie mit dem Raumschiff zum Mars verfrachtet werden.

Diese pneumatischen Module können aufgrund der Dichtheit und Reißfestigkeit der Membran den nötigen Atmosphärendruck halten und können auch teilweise transparent ausgeführt sein. Dort wo die Reißfestigkeit der Membran alleine nicht dem hohen Innendruck standhalten kann, wird die Membran mit einem Netz aus eingearbeiteten hochreißfesten Dyneema Seilen unterstützt. Die Seile werden auch innen verspannt, um so eine flachere, von einem reinen Zylinder abweichende, Querschnittsform zu erzielen. Die Verstärkung von pneumatisch gespannten Membranen mit Seilen wurde von mir bereits mehrmals erfolgreich bei Pneukonstruktionen angewendet.

Alles restliche Material, das vor Kälte, Strahlung und Meteoriten schützen soll, kommt direkt von der Marsoberfläche, indem einfach 2-3 Meter Sand und Gestein auf den Pneukörper aufgeschüttet werden. Eine im Gegensatz zum 3D-Druck sehr einfache zuverlässige und redundante Technologie, die in kurzer Zeit mir einem Elektrobagger oder auch nur manuell mit Schaufeln bewerkstelligt werden kann.

Da der Luftdruck in der Marsatmosphäre nur 6 mbar beträgt, (Erde 1.008mbar) ist ein Modul, das mit 500mbar also halben Atmosphärendruck (was dem Druck der Erdatmosphäre in ca. 4000 m Höhe entspricht) aufgeblasen wird, so prall wie ein Autoreifen und kann auf dem Mars eine bis zu 5 Meter dicke Gesteinschicht tragen.

Für jene Teile des Habitats, welche als Gewächshaus dienen, sollen jedoch die Seitenwände transparent und von Beschüttung frei sein.

Hier kommt nun die wesentliche neue Lösung zu tragen, die bisher bei keinem einzigen bisher veröffentlichten Konzept für Mars Habitate angedacht wurde:

Um die transparenten Seitenwände des Pneukörpers vor Strahlung und Meteoriten zu schützen erstreckt sich die Regolith Beschüttung auch auf auskragende Vordächer welche jede direkte Strahlung von der Sonne innerhalb der am Äquator maximalen Abweichung von 25,44° in Nord- und Südrichtung von der Vertikalen im Sommer und Winter, abhält. Die Röhrenförmigen Gewächshausmodule erstrecken sich immer genau von West nach Ost.

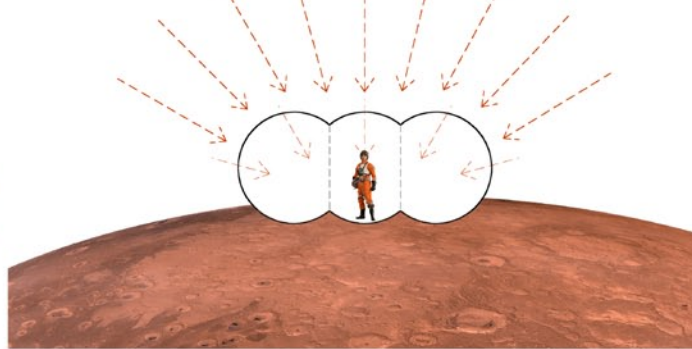
Parallel zu den Gewächshausmodulen werden entlang der langen transparenten Nord- und Südfronten Spiegelfolien gespannt, die das sichtbare Sonnenlicht und die Infrarotstrahlung ins Gewächshaus reflektieren, während die harte solare und kosmische Partikelstrahlung die Spiegelfolien durchdringt und vom darunter liegenden angehäuften Regolith absorbiert wird.

Ausgangsüberlegungen für das *PNEUMO PLANET* Mars Habitat design:

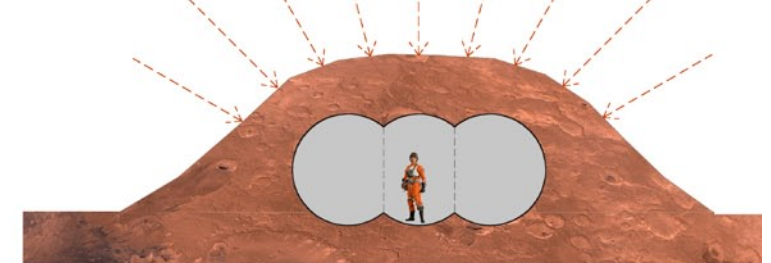
aufblasbare Konstruktionen sind ideal um die Transportmasse für das Habitat so gering als möglich zu halten



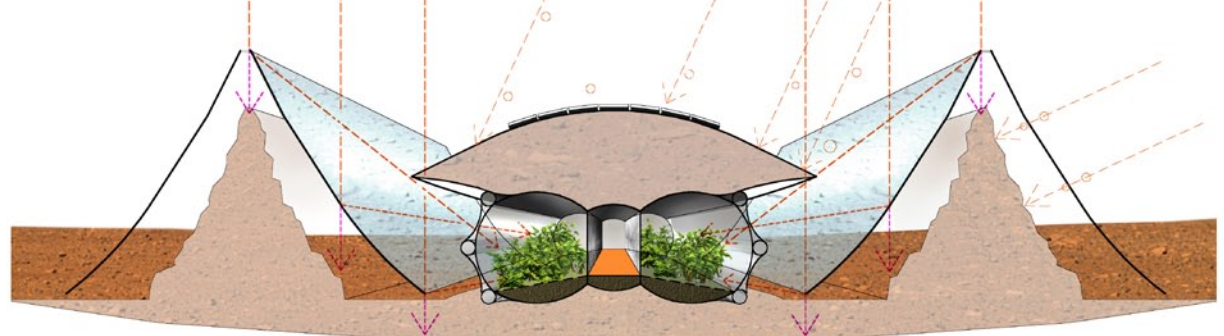
die dünne Membran bietet am Mars keinen Schutz vor kosmischer Strahlung, Meteoriten und extremen Temperaturen



Eine Beschüttung mit losem Regolith bietet ausreichend Schutz und ist technisch einfach umzusetzen. Allerdings gelangt so auch kein sichtbares Sonnenlicht ins Habitat.



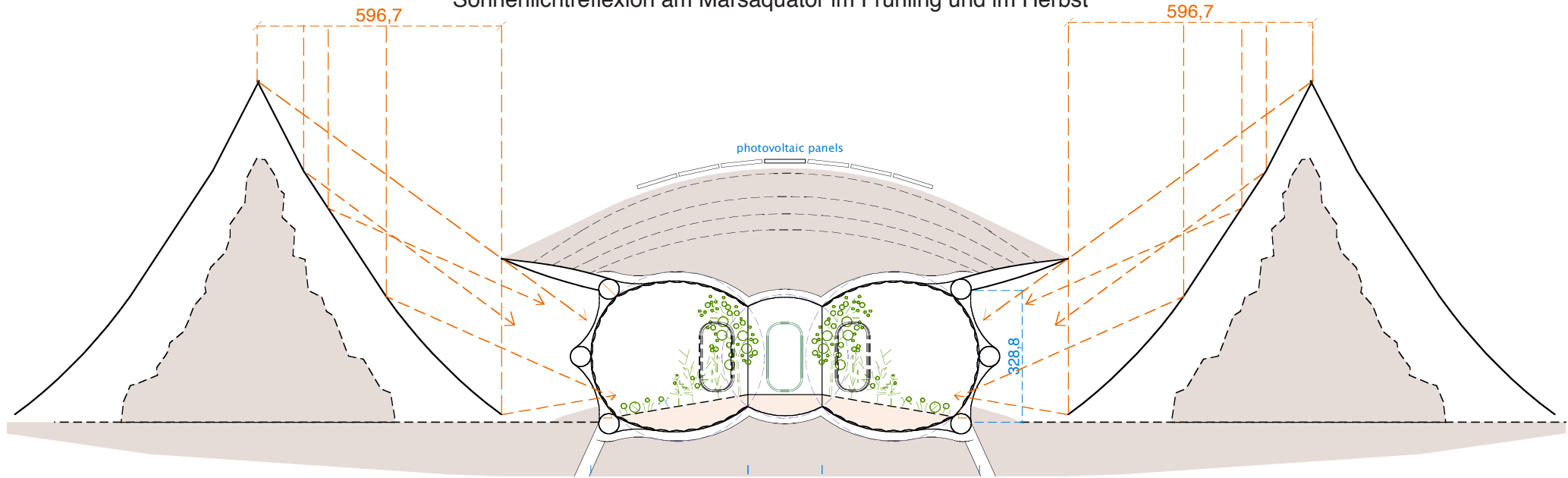
Die Lösung im *PNEUMO PLANET* Konzept liegt darin mit Spiegelfolien das sichtbare Sonnenlicht in das Habitat zu reflektieren, während die harte kosmische Strahlung die Spiegel durchdringt und im Boden absorbiert wird. Die Regolithbeschüttung an der Decke und an den Böschungen schützt vor unerwünschter Strahlung und Meteoriteneinschlägen.



Gewächshäuser sind das Rückrat bei einem Mars -oder Mond Habitat, da dort Sauerstoff und Nahrung produziert wird, sowie organische Abfälle recycelt werden. Zudem sind sie psychologisch wichtig als Aufenthaltsbereich

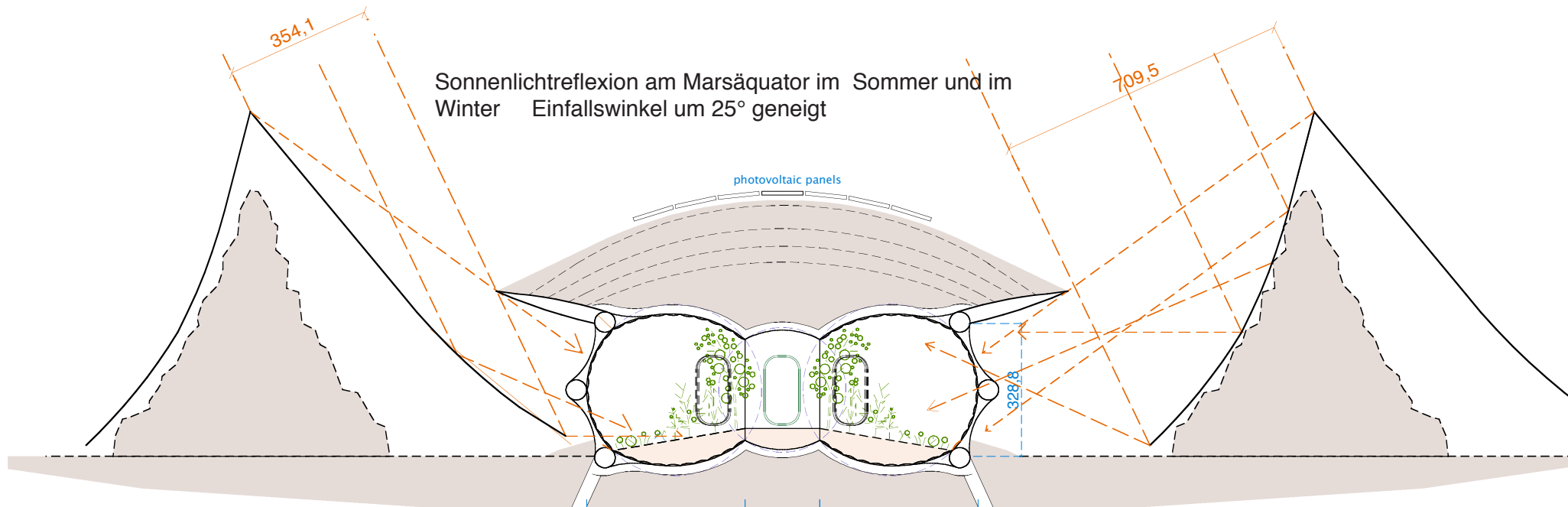


Sonnenlichtreflexion am Marsäquator im Frühling und im Herbst

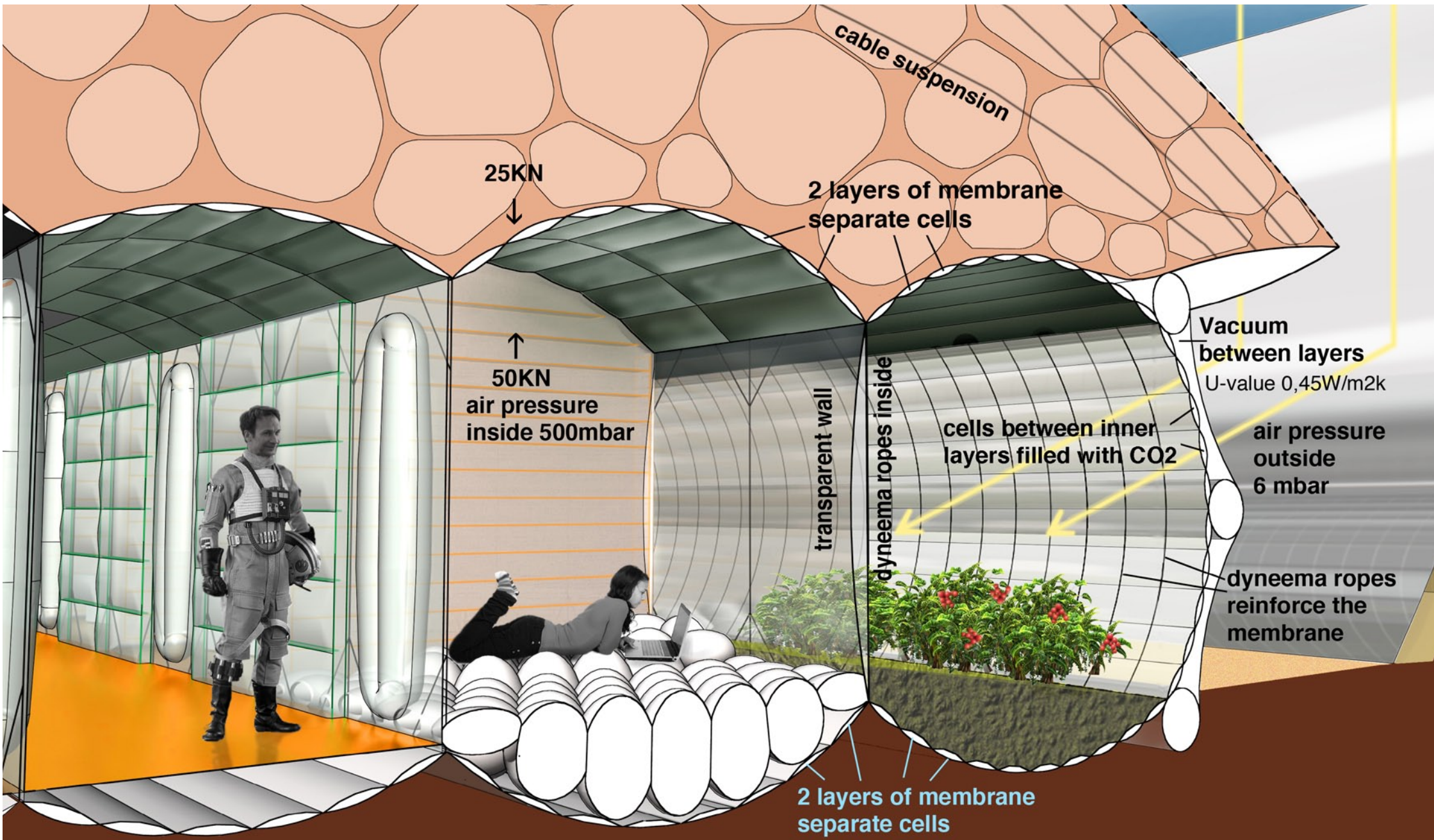


Die Spiegelfolien können unterschiedlich geneigt werden um dem jahreszeitlichen Verlauf der Sonneneinstrahlung zu folgen

Sonnenlichtreflexion am Marsäquator im Sommer und im Winter Einfallswinkel um 25° geneigt

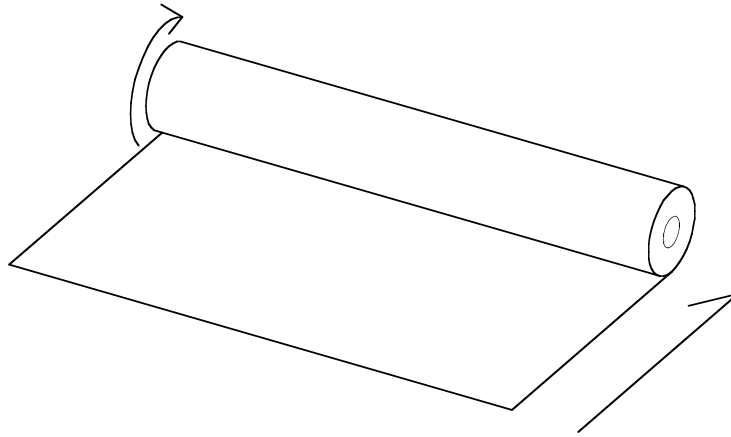


Als zusätzliche Sicherheit im Falle einer Beschädigung wird die Membran doppel-lagig ausgeführt wobei die beiden Lagen immer in einem Raster miteinander verschweisst sind, indem sich einzelne abgeschlossene Zellen bilden, sodass sich eine Beschädigung immer nur auf den Bereich der jeweiligen Zelle auswirken kann. Da die Folien aufgrund der Schwerkraft eine leichte Biegung aufweisen, kann eine Folienfläche, die auch deutlich größer ist als die transparente Fläche des Gewächshauses, Sonnenlicht bei der Reflexion bündeln. Somit kann der Nachteil der schwächeren Sonnenstrahlung auf dem Mars im Vergleich zur Erde ausgeglichen werden. Der Raum zwischen den beiden äußeren Folien wird evakuiert. Mit dem Vakuum werden Wärmeverluste optimal unterbunden

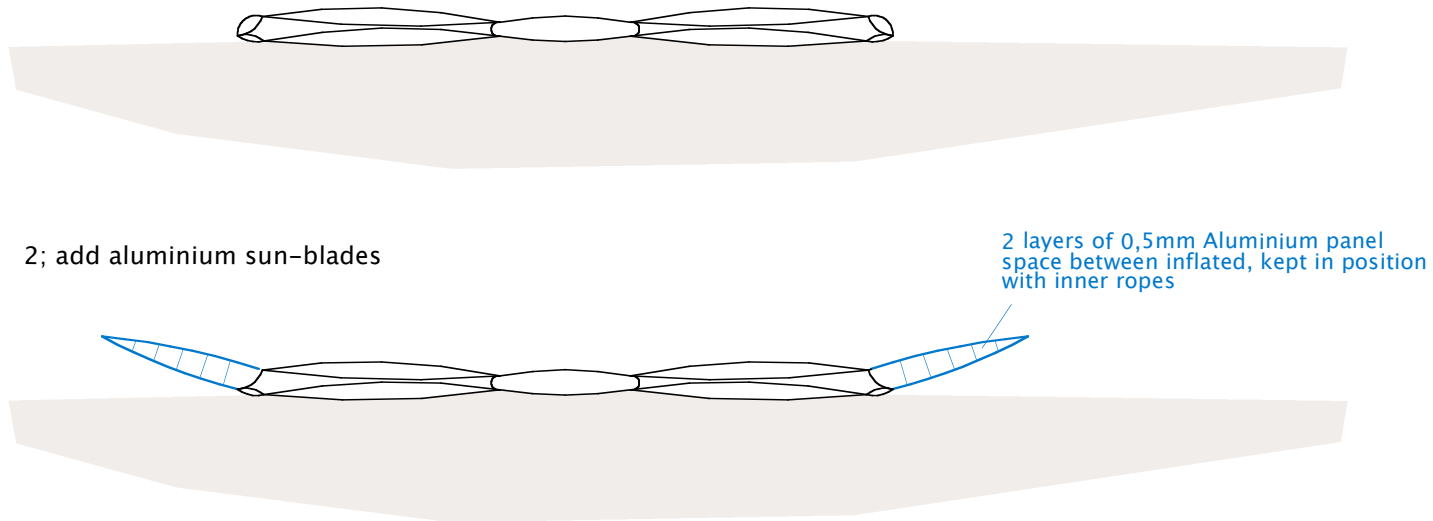


Aufbauphasen:

1; roll out tube



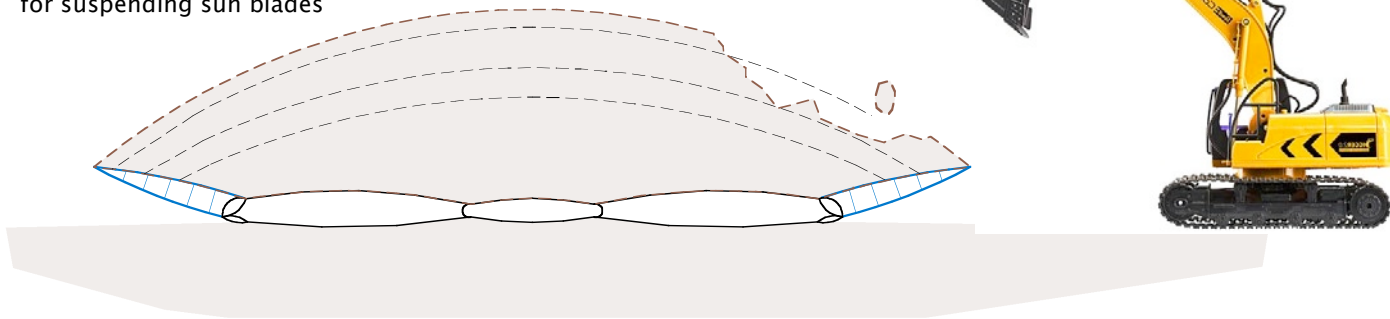
2; add aluminium sun-blades



Der Aufbau am Mars erfolgt sehr rasch mit simpler und wenig fehleranfälliger Technik. Die Module werden im Luftleeren Zustand auf einigermaßen ebener Oberfläche ausgerollt und mit losem Mars Regolith beschüttet. Um Erosion zu vermeiden kann der Regolith auch in dünne Beutel gefüllt werden und diese Beutel über dem Modul aufgehäuft. Dann wird das Modul aufgeblasen und hebt durch den Luftdruck die schwere Beschüttung von alleine. Parallel dazu werden die Spiegelfolien und Regolith-Wälle errichtet, die vor jenen Meteoriten und kosmischer Strahlung schützen, die mit schwächerer Energie im flachen Winkel eintreffen.

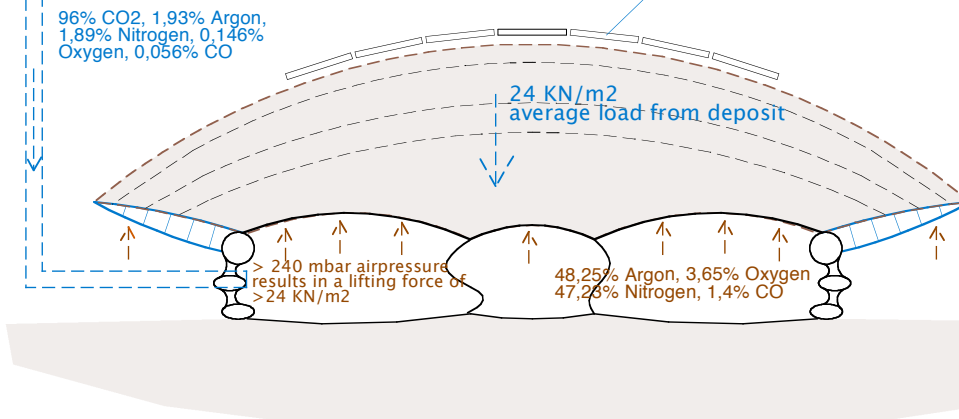
Die Atmosphäre ist aufgrund ihres 96%-igen CO₂ Gehalts nicht einmal für Pflanzen zum Leben geeignet. Auch der Marssand, der später als Substratschicht für Pflanzen dienen soll, muss erst von Perchloraten gereinigt werden. Die aus der Atmosphäre entnommene Luft wird nachts, wenn die Temperatur auf minus 60°C sinkt, auf ca. 15 bar komprimiert. Dabei verflüssigt sich das CO₂ und kann von den restlichen Atmosphärenbestandteilen leicht getrennt werden, die nun in die Membranhülle komprimiert eingeblasen werden. Durch dieses Verfahren erhalten wir eine Innenluft, die aus jeweils ca. 48% aus Argon und Stickstoff, sowie 3,6% Sauerstoff besteht. Der Rest Kohlenmonoxid muss oxydiert werden. Die giftigen Perchlorate im Sand werden inzwischen durch Bakterien abgebaut. Bei Ankunft der ersten Menschen kann der Sand dann mit Fäkalien und organischen Abfällen, die während der 8-Monatigen Reise angefallen sind, gedüngt werden. Somit sind Bedingungen geschaffen unter denen Pflanzen in Symbiose mit Pilzen, Bakterien und (später, wenn der Sauerstoffanteil durch Photosynthese gestiegen ist) Insekten gedeihen können.

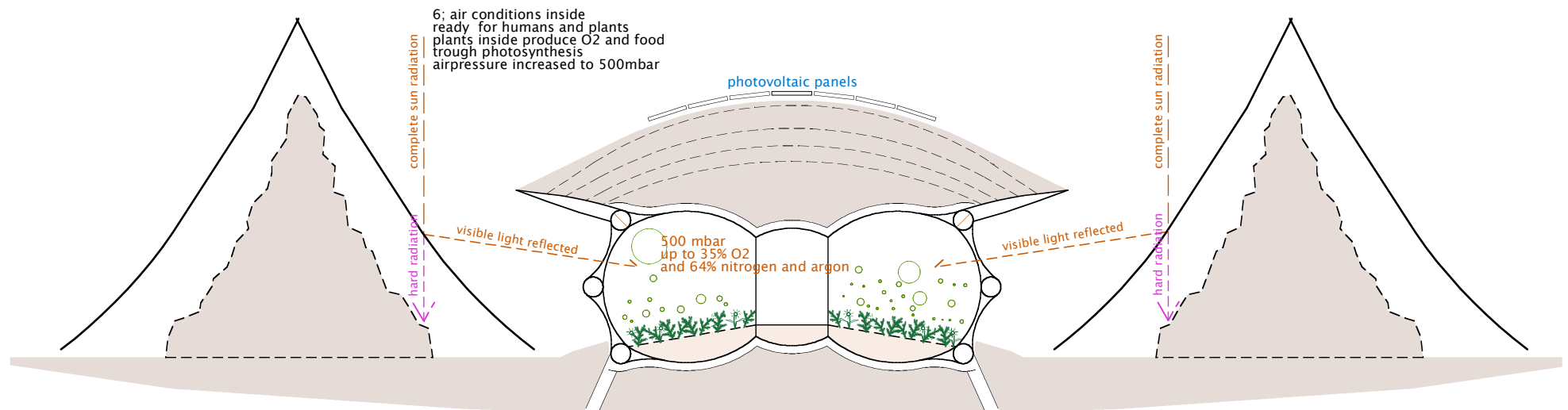
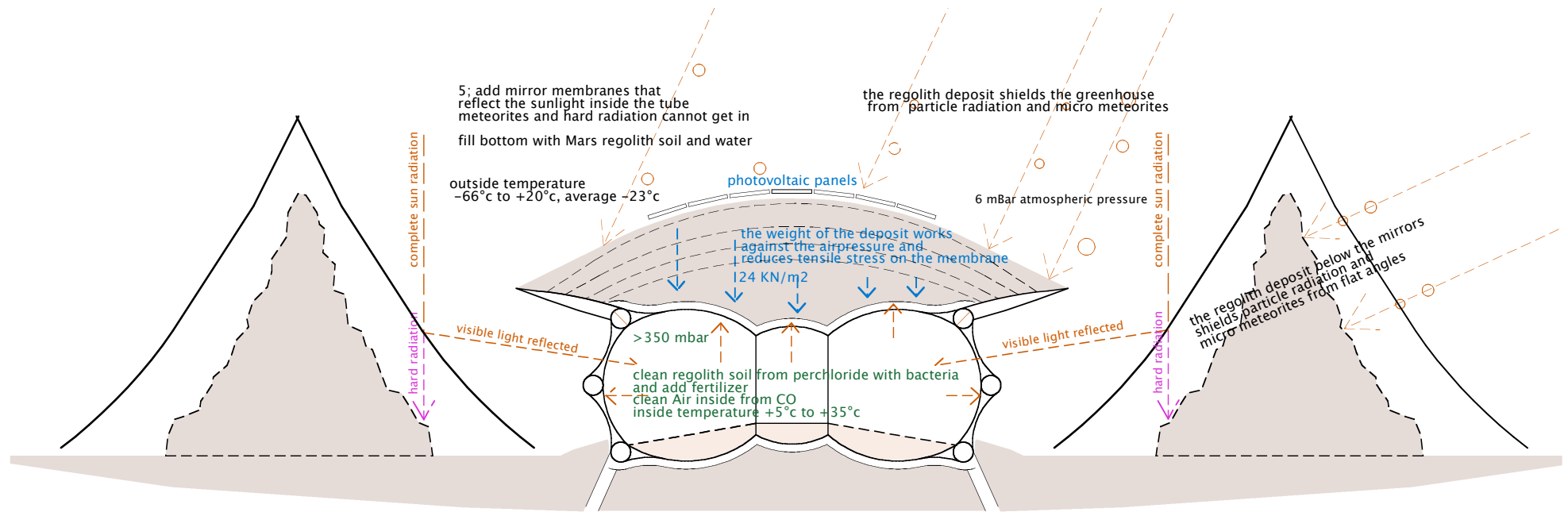
3; cover tube with mars sand and stones
lay cables through deposit
for suspending sun blades



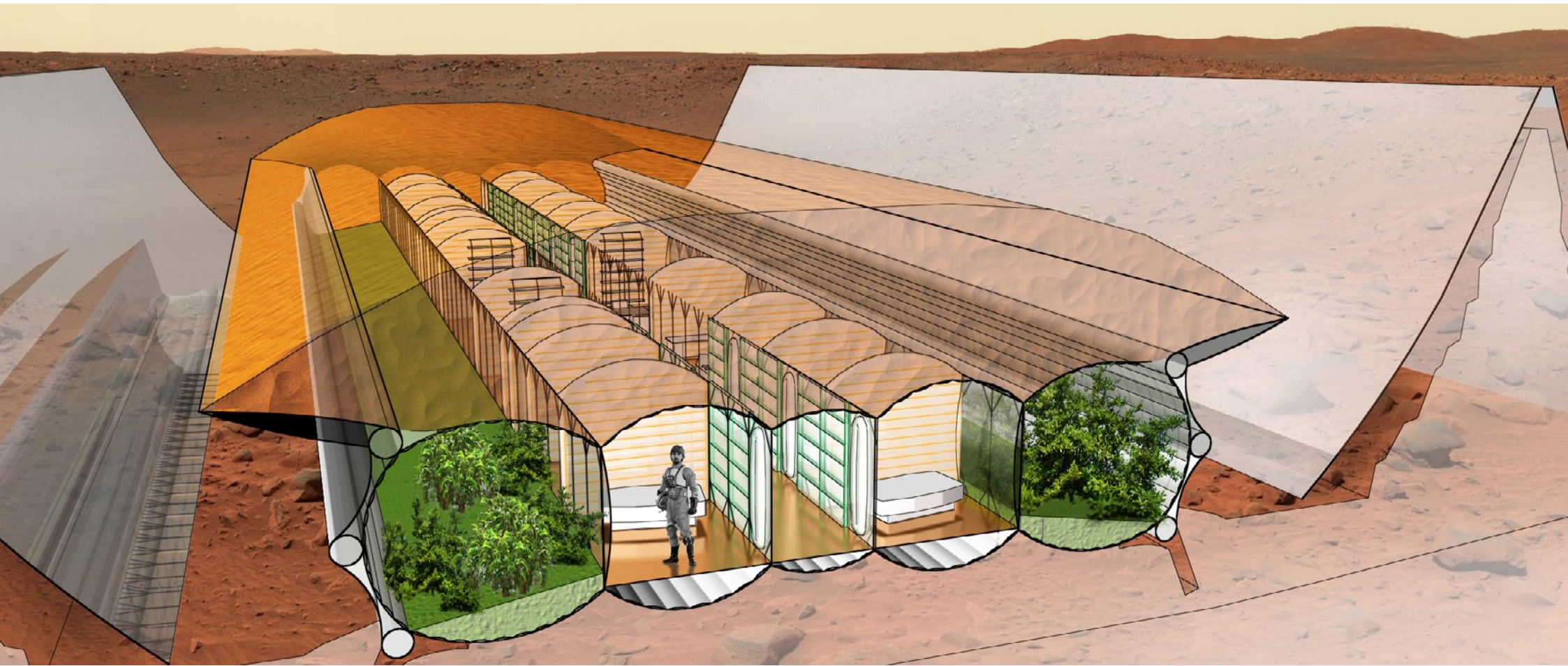
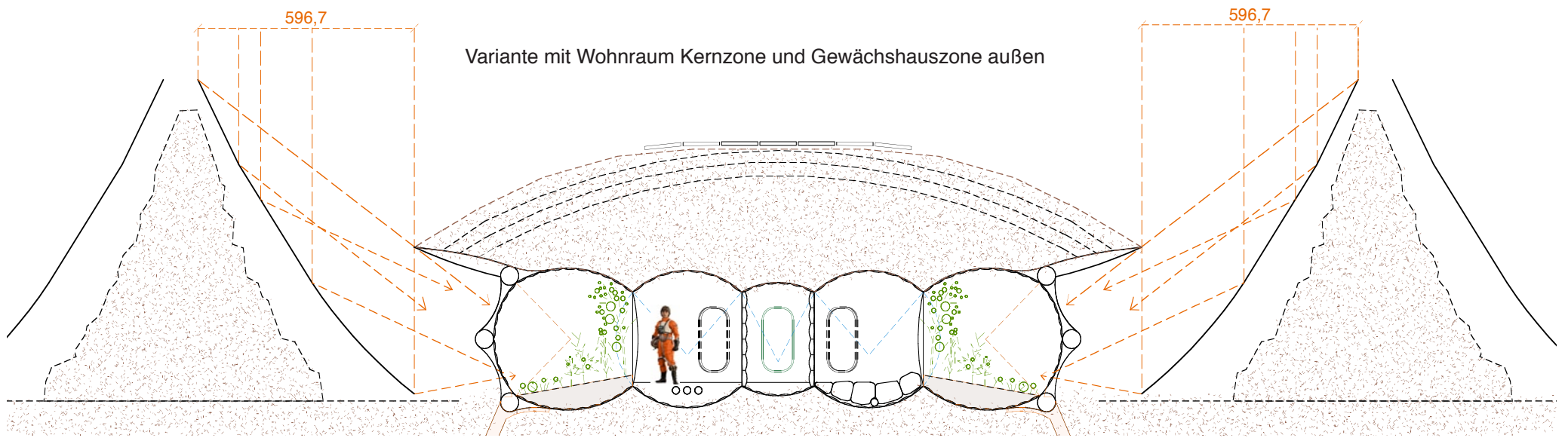
4; extract CO₂ by compressing and liquifying
the air at night. Inflate the membrane structure
with the rest Air so it lifts the load of the deposit

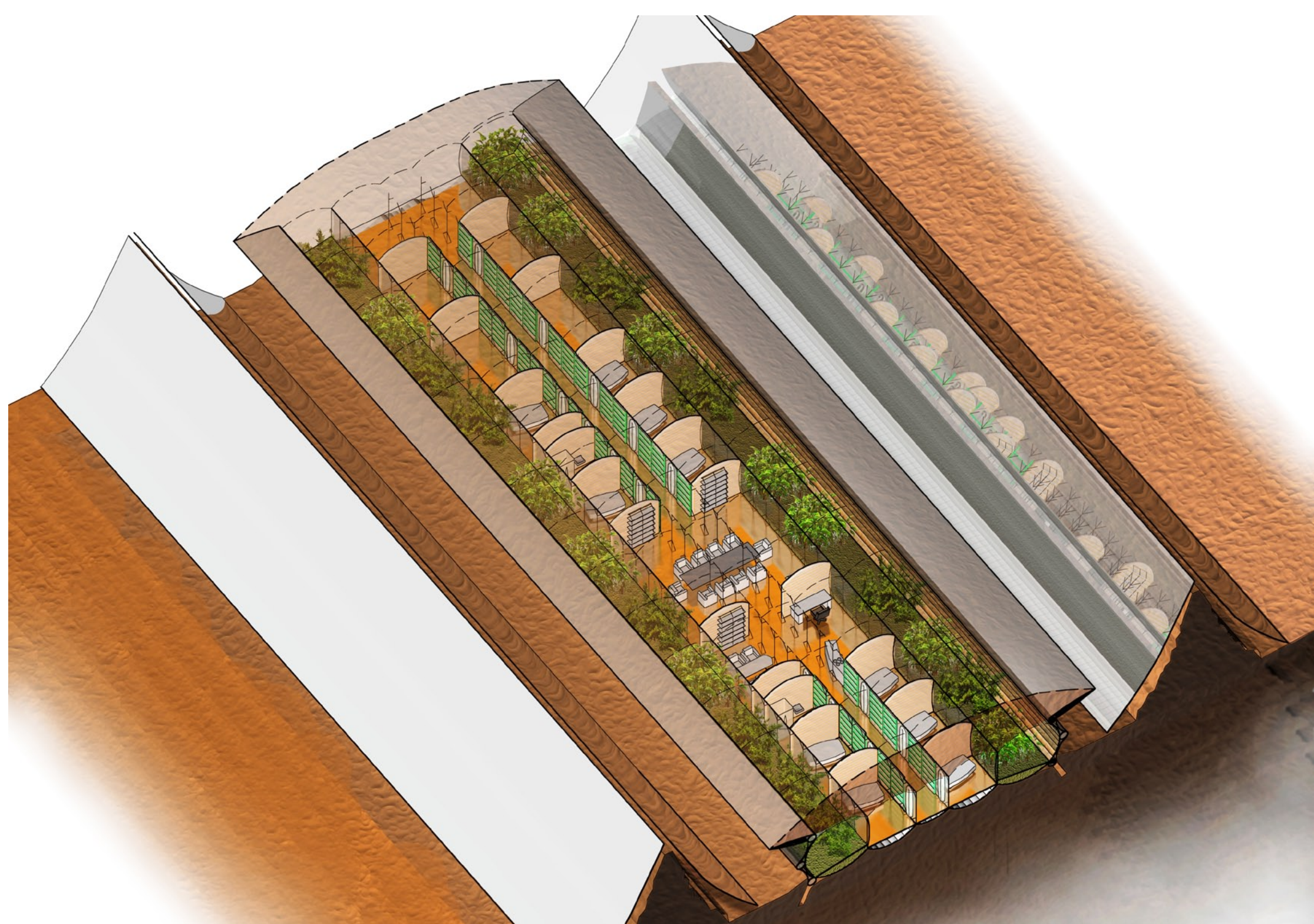
place photo voltaic panels





Variante mit Wohnraum Kernzone und Gewächshauszone außen





Die vorliegenden Daten* besagen, dass beim Auftreten von Staubstürmen die eintreffende Sonneneinstrahlung auf ca. 30% reduziert wird.

Die Spiegelfolien sind gebogen und können somit aus einer größeren Fläche Sonnenlicht ins Habitat fokussieren. Dies hilft auch während Staubstürmen genug Sonnenlicht ins Gewächshaus zu bringen.

Wie die Berechnungen in den angefügten Tabellen zeigen kann slesbt während eines Staubsturms genug Sonnenenergie genutzt werden um ohne zusätzliche Heizung die Temperatur tagsüber innen auf 21° und nachts auf 14° zu halten.

Bei klarem Himmel hingegen ist 3x soviel Sonnenenergie verfügbar wie benötigt.

* Solar Radiation on Mars

Joseph Appelbaum and Dennis J. Flood
Lewis Research Center
Cleveland, Ohio

August 1989



(NASA-TM-102299) SOLAR RADIATION ON MARS
(NASA, Lewis Research Center) 33 pCSC 03B

N 89-27623

G3/92 Unclass
0225003

Climate data for Gale Crater (2012–2015)													[hide]
Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Record high °C (°F)	6 (43)	6 (43)	1 (34)	0 (32)	7 (45)	14 (57)	35 (95)	19 (66)	7 (45)	7 (45)	8 (46)	8 (46)	35 (95)
Average high °C (°F)	−7 (19)	−20 (−4)	−23 (−9)	−20 (−4)	−4 (25)	0.0 (32.0)	2 (36)	1 (34)	1 (34)	4 (39)	−1 (30)	−3 (27)	−5.7 (21.7)
Average low °C (°F)	−82 (−116)	−86 (−123)	−88 (−126)	−87 (−125)	−85 (−121)	−78 (−108)	−76 (−105)	−69 (−92)	−68 (−90)	−73 (−99)	−73 (−99)	−77 (−107)	−78.5 (−109.3)
Record low °C (°F)	−95 (−139)	−127 (−197)	−114 (−173)	−97 (−143)	−98 (−144)	−125 (−193)	−84 (−119)	−80 (−112)	−78 (−108)	−78 (−109)	−83 (−117)	−110 (−166)	−127 (−197)
Source: Centro de Astrobiología, ^[46] Mars Weather, ^[47] NASA Quest, ^[48] SpaceDaily ^[49]													

TABLE IV. - HOURLY AND DAILY GLOBAL INSOLATION ON A HORIZONTAL SURFACE AT MARS SURFACE
[VL1: $\phi = 22.3^\circ\text{N}$]

Hourly global insolation* I_h (kWh/m ² -hr) for hours ending at:								Daily global insolation,* H_h kWh/m ² day	Daylight hours* T_d hr	Daily mean global irradiance, W/m ²
Day-L _g	τ	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00		
69°	0.65	420	390	338	263	170	78	11	3340	13.34
120°	.40	477	446	387	306	201	98	13	3860	13.24
153°	.50	508	471	392	302	185	73	3	3882	12.62
190°	1.40	207	204	122	45	2	—	—	1970	10.75
299°	3.25	108	149	107	61	24	1	—	1024	10.75

*Multiply by 24.65/24 to obtain actual (terrestrial) Whr/m² or hours

TABLE V. - HOURLY AND DAILY BEAM INSOLATION ON A HORIZONTAL SURFACE AT MARS SURFACE
[VL1: $\phi = 22.3^\circ\text{N}$]

Hourly beam insolation* I_{bh} (Whr/m ² -hr) for hours ending at:									Daily beam insolation*, H_{bh} , Whr/m ² day	Daylight hours, T_d , hr	Daily mean beam irradiance, I_{bm} , W/m ²
Day-L _s	τ	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00			
69°	0.65	252	230	186	128	67	20	3	1768	13.34	133
120°	.40	352	322	265	190	103	33	2	2308	13.24	191
153°	.50	345	310	244	163	77	15	---	2308	12.62	183
149°	1.40	69	50	26	10	2	---	---	314	10.65	29
299°	3.25	3	2	1	---	---	---	---	12	10.75	1

*Multiply by 24.65/24 to obtain actual (terrestrial) Whr/m² or hours

TABLE VI. - HOURLY AND DAILY DIFFUSE INSOLATION ON A HORIZONTAL SURFACE AT MARS SURFACE
[VL1: = 22.3°N]

Hourly diffuse insolation* I_{dh} (Whr/m ² -hr) for hours ending at:									Daily diffuse insolation,* H_{dh} Whr/m ² day	Daylight hours* T_d hr	Daily mean diffuse irradiance, W/m ²
Day-L _s	τ	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00			
69°	0.65	168	160	152	135	103	58	10	1572	13.34	118
120°	.40	125	124	122	116	98	65	13	1326	13.24	100
153°	.50	163	161	155	139	108	58	3	1574	12.62	125
140°	1.40	238	220	212	178	143	2	—	1586	10.66	149
299°	3.25	167	147	106	61	24	1	—	1012	10.75	94

*Multiply by 24.65/24 to obtain actual (terrestrial) Whr/m² or hours

Solare Einstrahlung am Mars																	
Punkt 22° nord																	
umlauf bahn	jahreszeit- äquivalent	sonne Dekl.	stratosphäre			global				direktstrahlung				diffusstrahlung			
			tagesmenge		tau	tagesmenge		prozent der orbitstrahlung		tag	tagesmeng		prozent der orbitstrahlung		prozent global tag	tagesmenge	
winkel			13h w/m2	wh/m2		13h w/m2	wh/m2	13h	tag		13h w/m2	e wh/m2	prozent der orbitstrahlung tag	prozent global tag		13h w/m2	wh/m2
69°	02. Jun	plus 2°	488	4.136	0,65	420	3340	86,07	80,75	252	1768	42,75	52,93	168	1572	38,01	47,07
120°	22. Jul	plus 5°	528	4.442	0,4	477	3860	90,34	86,90	352	2534	57,05	65,65	125	1326	29,85	34,35
153°	26. August	plus 15°	572	4.620	0,5	508	3882	88,81	84,03	345	2308	49,96	59,45	163	1574	34,07	40,55
249°	27. November	plus 40°	496	3.449	1,4	307	1900	61,90	55,09	69	314	9,10	16,53	238	1586	45,98	83,47
299°	20. Jän	plus 40°	478	3.350	3,25	170	1024	35,56	30,57	3	12	0,36	1,17	167	1012	30,21	98,83

part of surface	u-value W/m2k	length	width	total area m2	heat loss W/1°c	inside day temp.	inside night temp	outsude temp. day	outside night temp.	average temp	heat loss day	heat loss night	heat loss average	
transparent Fassade 3 membrane layers CO2 vacuum daytime	0,45	6,00	50,00	300,00	135,00	30,00		1,00			3.915,00		46,98	kwh
transparent facade with reflective curtain nighttime	0,25	6,00	50,00	300,00	75,00		25,00		-72,00			7.275,00	87,30	kwh
ceiling sand average 3 meters	0,23													
ceiling foam 1cm	3,00													
ceiling double membrane	2,8													
	0,20	9,00	50,00	450,00	89,32	30,00	25,00	1,00	-72,00		2.590,16	8.663,63	135,05	kwh
floor sand 3 meters	0,23													
floor foam 3cm	3,00													
floor double membrane	2,80													
	0,20	9,00	50,00	450,00	89,32	30,00	25,00	-42,00	-42,00		6.430,74	5.984,16	148,98	kwh
total				1.200,00	388,63						12.935,90	21.922,79	418,30	kwh day
solar gains														
solar radiation daily arriving through atmosphere	3.600,00	Wh/m2												
projected mirror area in winter and summer	530,00	m2												
projected mirror area in spring and autumn	596,00	m2												
average projected mirror area over year	563,00	m2												
transmission trough membranes	0,70	70%												
days														
gains per day	1.418,76	kwh	1.000,46	KWH average gains per day										
no dust storm														
soil heat storage	0,50	kwh per m3 and c°												
volume soil	900,00	m3		450,00	kwh /c	4.950,00	kwh total storage							
	11,00	C° temp diff			11,83	days								



licht
 grünhausfläche 400,00
 tagesmenge pro m2 3.546,90 wh pro tg
 licht 295,58 w/m2 20.000 lx
 licht max 443,36 w/m2 37.000 lx

part of surface	u-value W/m2k	length	width	total area m2	heat loss Watt per1°C	inside day temperature	inside night temperature	temperature day outside	temperature night outside	heat loss day	heat loss night	heat loss average	
transparent Fassade 3 membrane layers CO2 vacuum daytime	0,45	6,00	50,00	300,00	135,00	21,00		-22,00		5.805,00		69,66	kwh
transparent facade with reflective curtain nighttime	0,30	6,00	50,00	300,00	90,00		14,00		-85,00	0,00	8.910,00	106,92	kwh
ceiling sand average 3 meters	0,23												
ceiling foam 3cm	3,00												
ceiling double membrane	2,8												
	0,20	9,00	50,00	450,00	89,32	21,00	14,00	-22,00	-85,00	3.840,58	8.842,26	152,19	
floor sand 3 meters	0,23												
floor foam 1cm	3,00												
floor double membrane	2,80												
	0,20	9,00	50,00	450,00	89,32	21,00	14,00	-42,00	-42,00	5.626,90	5.001,68	127,54	
total				1.200,00	313,63					15.272,47	22.753,95	456,32	kwh/day
solar gains													
sunlight in duststorm													
solar radiation arriving through atmosphere	1.350,00	wh/m2/d	per day										
projected mirror area in winter and summer	530,00	m2											
projected mirror area in spring and autumn	596,00	m2											
average projected mrror area over year	563,00	m2											
transmission trough membranes	0,60	60% diffuser anteil weniger treflektiert											
days	1,00												
gains per day	456,03	kwh	-0,29	KWH average gains per day									
soil heat storage	0,50	kwh/m3 c°			the regolit deposit works as heat insulation and heat storage								
volume soil	900,00	m3	450,00	kwh /c	4.950,00 kwh total storage								
	11,00	C° temp diff	10,85	days									
licht													
grünhausfläche	400,00		lux										
tagesmenge pro m2	1.140,08	wh pro tg											
licht	95,01	w/m2	4.300	lx									
licht max	142,51	w/m2	7.000	lx									



Mehrere 50 Meter lange Gewächshauseinheiten mit je 450m2 Nutzfläche können für eine kleine Marskolonie, genau Nord-Süd orientiert, parallel zueinander gruppiert werden. Für nachhaltige autarke Nahrungsmittelproduktion sollten wir ca. 1000 m 2 Gewächshausfläche pro Person kalkulieren. Das ergibt in Summe für ein 8 -10 köpfiges Team ein Hektar Grünland als Aufenthalts und Erholungsbereich. Die Transportmasse dieser sehr großräumigen Gewächshausmodule auf dem Raumschiff ist dennoch sehr gering. Es sind 2600 kg pro 450m2 Modul, inklusive der Spiegel.

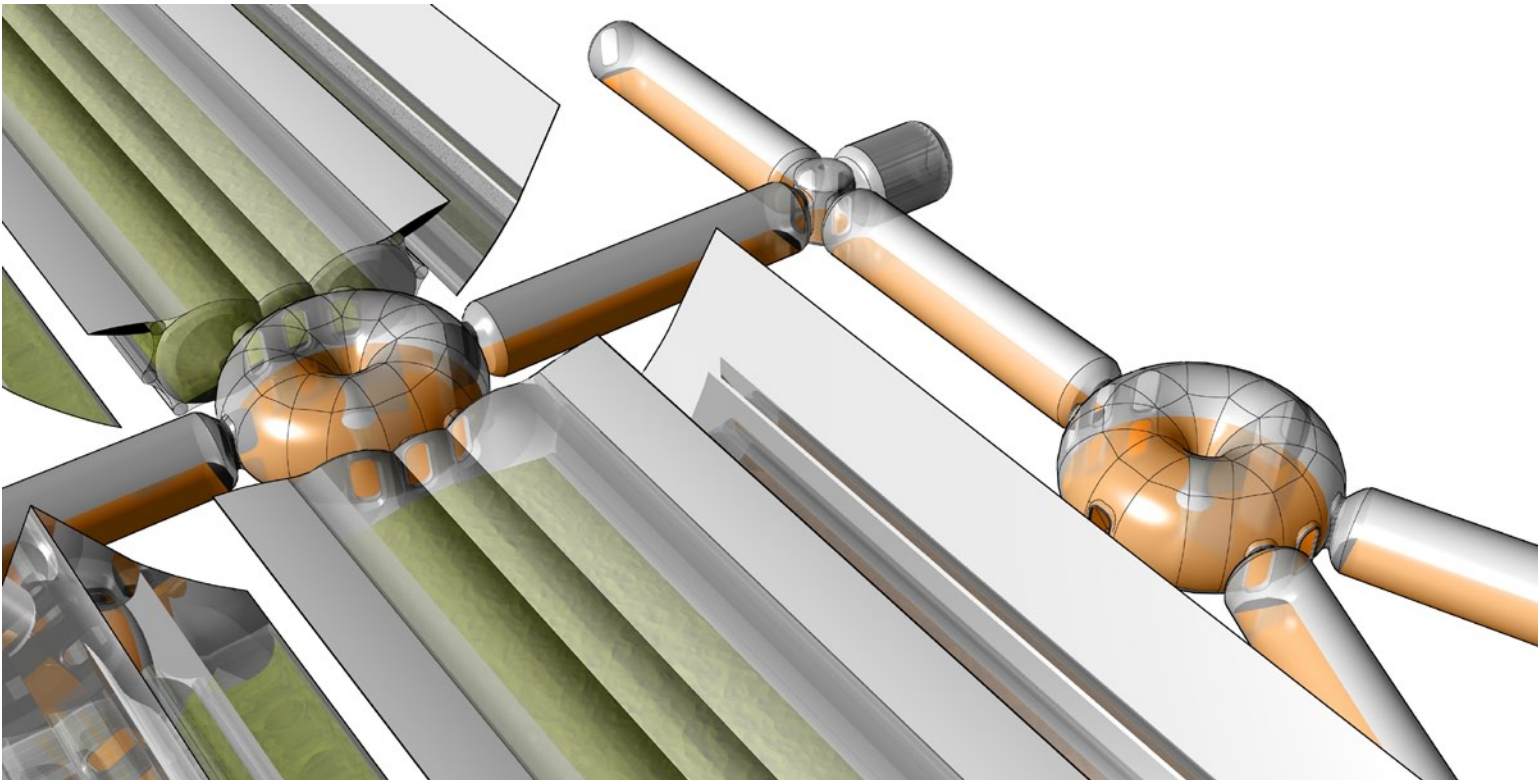
Die einzelnen Gewächshäuser sind über ebenfalls pneumatische Tunnel- und Torus förmige Module rasterartig verbunden, die Wohnräume, Arbeitsräume und Lager beinhalten. Auch Eingangsschleusen und große Hallen ergänzen den Verbund.

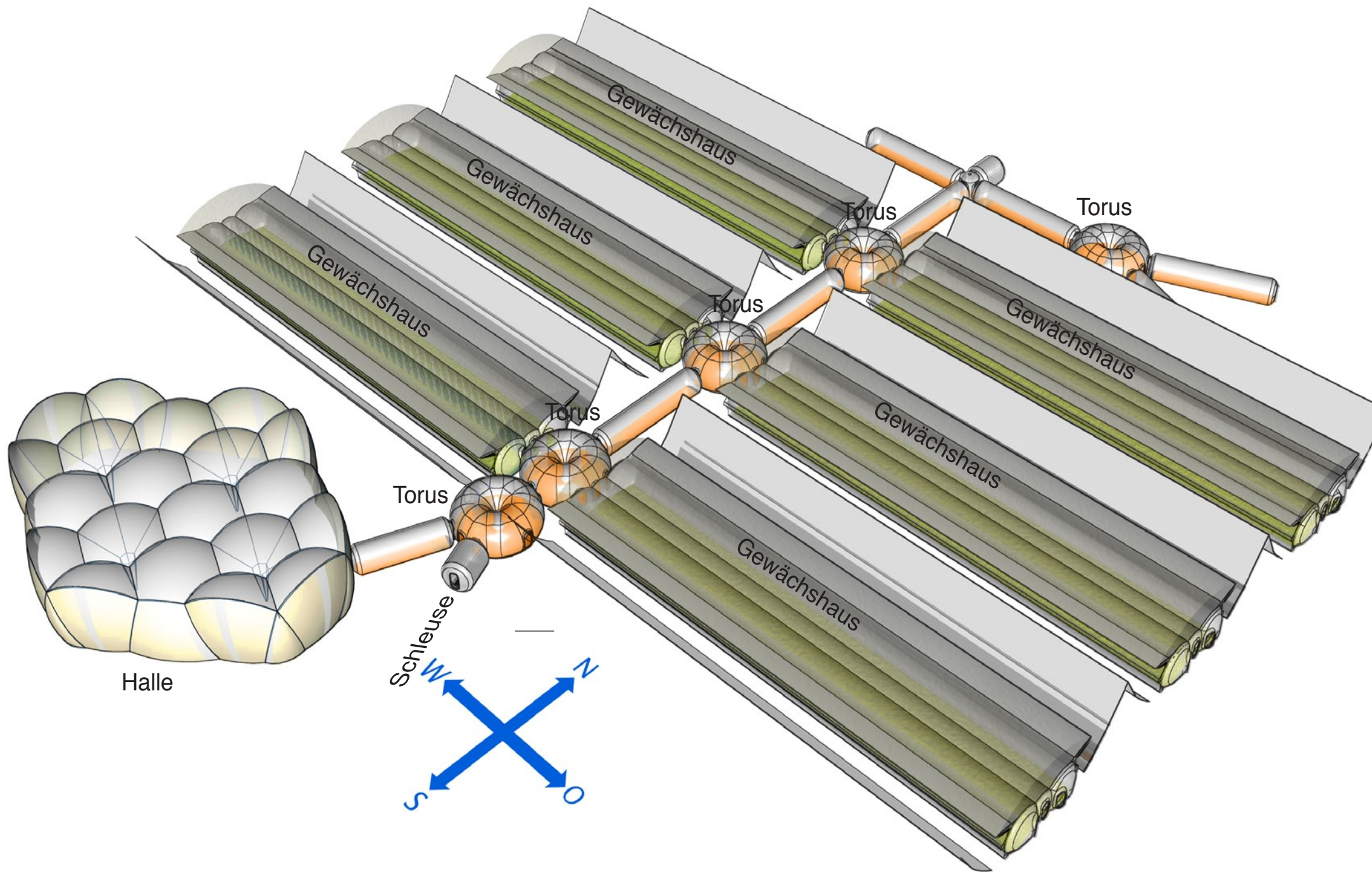
Sollte ein Modul irreparabel beschädigt sein, wird es vom restlichen Luftkreislauf abgekoppelt, die restlichen Module aber bleiben funktionsfähig und miteinander verbunden.

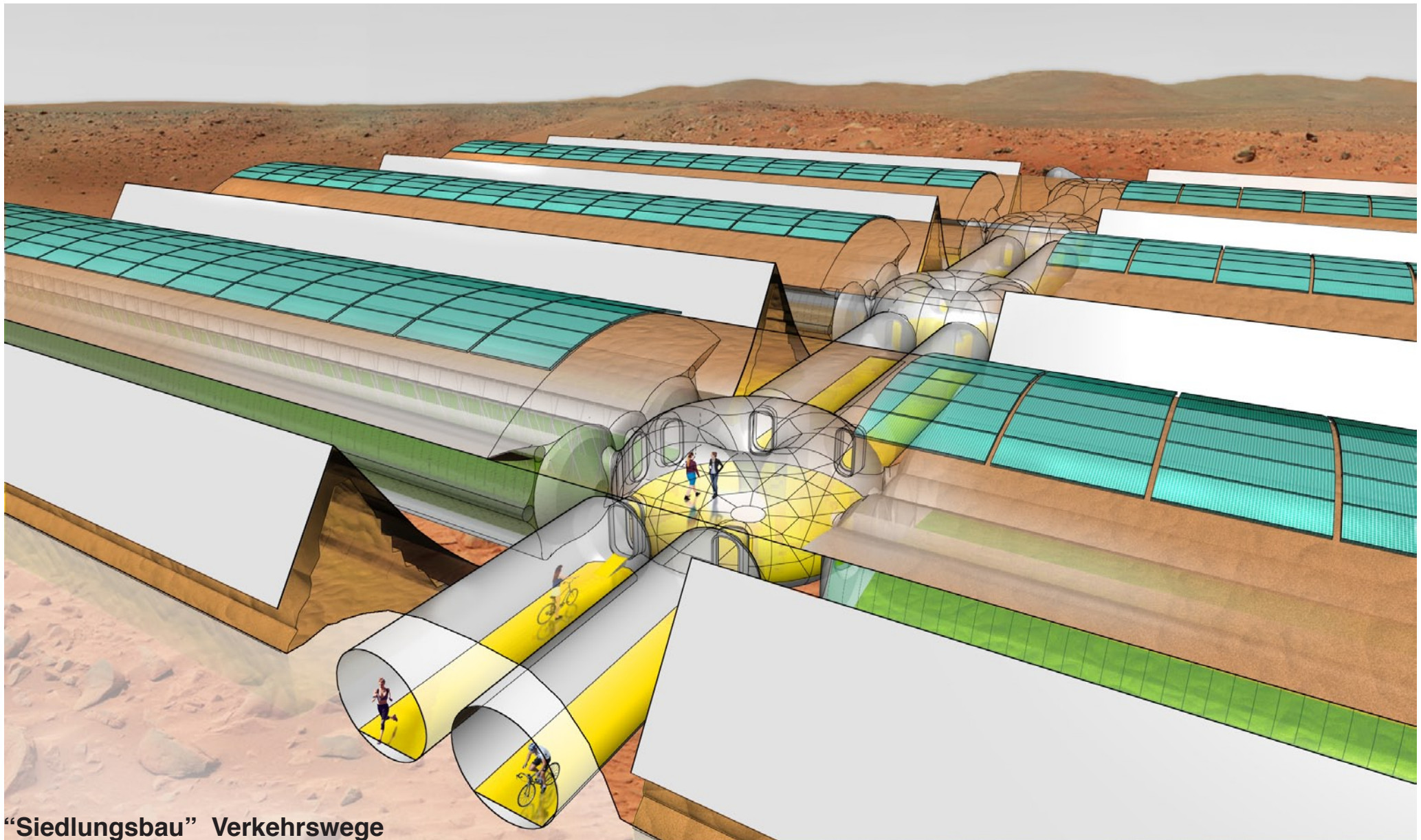
Im Falle einer Beschädigung mit Luftaustritt sind Pneumodule sicherer als Gebäude mit festen Wänden und Decken. Der Luftdruck beträgt 500mbar, während nur 250mbar benötigt werden um das Gewicht der Decke mit der Beschüttung zu halten. Es kann also zunächst 50% des Luftvolumens ausströmen bis überhaupt die Statik merkbar beeinträchtigt ist. Ab dann sinkt die Decke langsam herunter, wobei 250mbar Druck immer aufrecht bleiben, da das Gewicht der Decke das Volumen zusammendrückt, bzw. durch das Luftleck heraus presst. Bis die Luft ganz entwichen und die schwere Decke am Boden ist haben die Bewohner lange Zeit das Leck z.B. mit einem Klebeband zu reparieren und haben dabei bei 250mbar eine immer noch einigermaßen atembare Luft zur Verfügung. Nach erfolgter Reparatur kann wieder Luft bis zu 500bar eingeblasen werden und die Konstruktion richtet sich wieder von alleine auf.

Bei einem konventionellen Gebäude mit festen Decken und Wänden hingegen, würde der innere Luftdruck entweder weit unter 250mbar sinken was zum Tod der Insassen und Pflanzen führt, oder die Decke würde Mangels Unterstützung durch inneren Luftdruck brechen.

weight greenhousetube					weight	
transparent window: 0,25mm ETFE + 0,35mm ETFE + 0,35mm ETFE	1,2	kg/m2	320	m2	384,00	kgs
ceiling and bottom 0,25mm + 0,25mm tpu coated polyamide	0,6	kg/m2	950	m2	570,00	kgs
ends	0,6	kg/m2	60	m2	36,00	kgs
doorframe aluminium	7	kg/pc	6	pcs	42,00	kgs
dyneema rope 6mm dia	25	gramm/meter	1750	m	43,75	kgs
ropeholders:	0,07	kg/pc	500	pcs	35,00	kgs
total weight tube					1.110,75	kgs
Sunblades 2x 0,50mm GFK with ropes inside	1,5	kg/m2	160	m2	240,00	kgs
cables holding sunblades	20	gramm/meter	3000	m	60,00	kgs
door wings Sandwich	6,5	kg/pc	6	pcs	39,00	kgs
foam insulation ceiling 1cm	0,3	kg/m2	480	m2	144,00	kgs
foam insulation floor 1cm	0,3	kg/m2	480	m2	144,00	kgs
					627,00	kgs
mirrorfoil	0,35	KG/m2	480	m2	168,00	kgs
scaffolding for mirror CFK	2	kg/m	100	m	200,00	kgs
					368,00	kgs
total					2.105,75	kgs





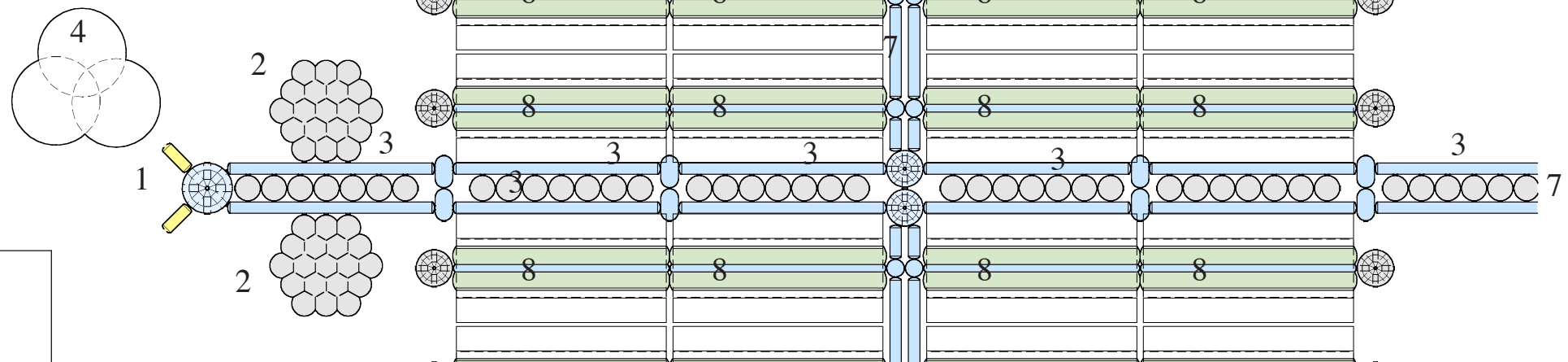


“Siedlungsbau” Verkehrswege

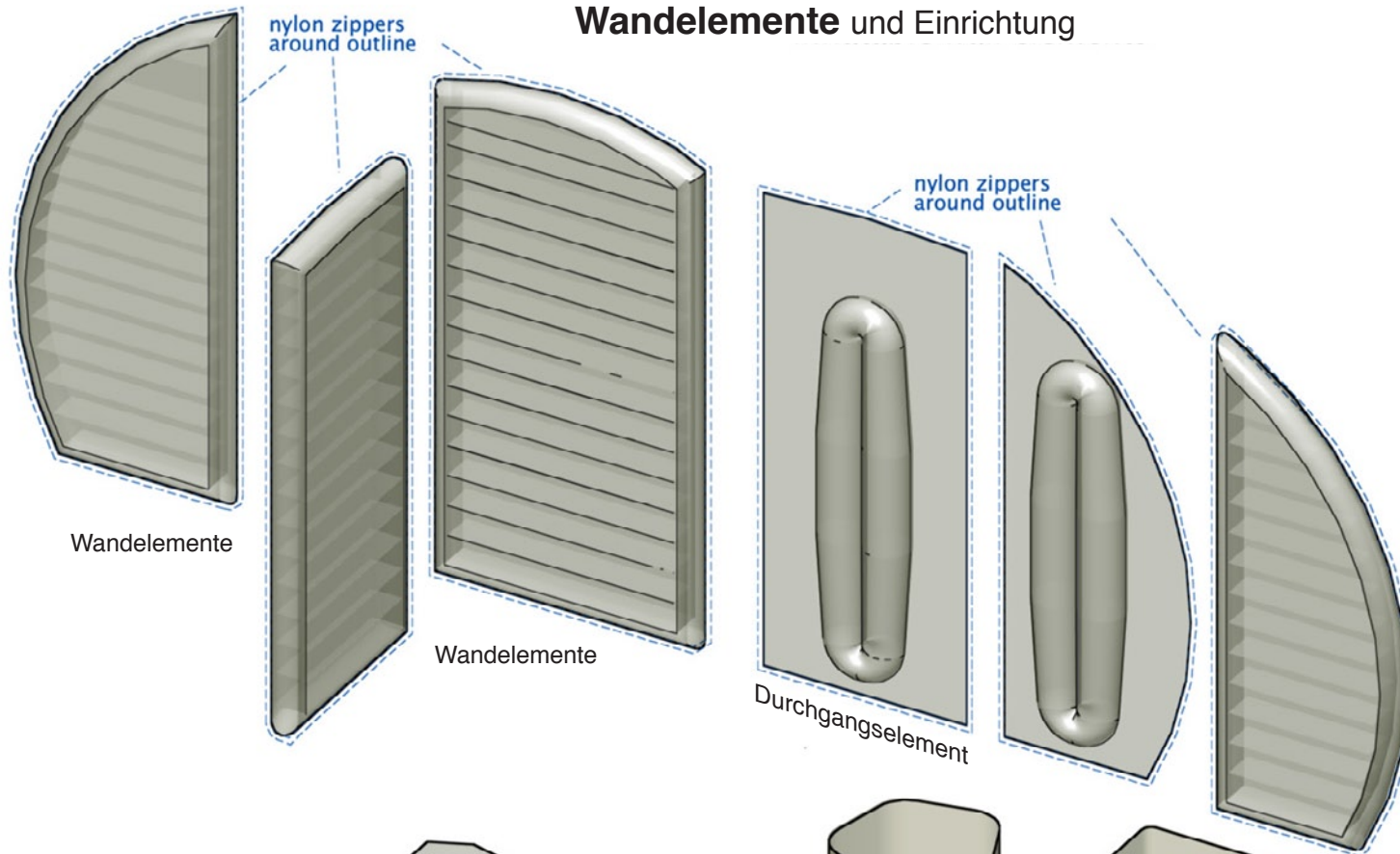
Mehrere Gewächshausmodule können untereinander und mit anderen Modulen für Wohn- und Arbeitsbereiche zu einer größeren Siedlung verbunden werden. Die Anordnung erfolgt über ein hierarchisches Wegesystem, wie Äste und Zweige an einem Baum. Um eine optimale Nutzung des Sonnenlichts zu ermöglichen sind alle Gewächshaus- und Wohnmodule immer genau von West nach Ost orientiert, mit den transparenten Fassaden gegen Norden und Süden. Daher ist die gesamte Anlage streng orthogonal. Die modulare Anlage kann jederzeit erweitert, oder auch mit anderen Siedlungsanlagen verbunden werden. Jede Modulgruppe ist sowohl von innen als auch von außen (über Luftschleusen) zugänglich. Falls ein Modul ernsthaft beschädigt ist, kann es aus dem Modulverband isoliert werden, während die restlichen Module bleiben zugänglich und funktionsfähig bleiben.

Tunnelförmige Module verbinden die Modulgruppen gleichsam wie Straßen, allerdings nur für Fußgänger und Fahrräder. Für zusätzliche Ausfallsicherheit besteht jeder Hauptverkehrsweg aus parallelen Zwillingstunnels mit regelmäßigen Verbindungen dazwischen. Falls eines der Tunnelmodule beschädigt ist, kann es aus dem übrigen Tunnelsystem isoliert werden und der Verkehr wird über den Paralleltunnel umgeleitet. Das beschädigte Tunnelmodul kann repariert werden, ohne dabei das Verkehrssystem zu blockieren.

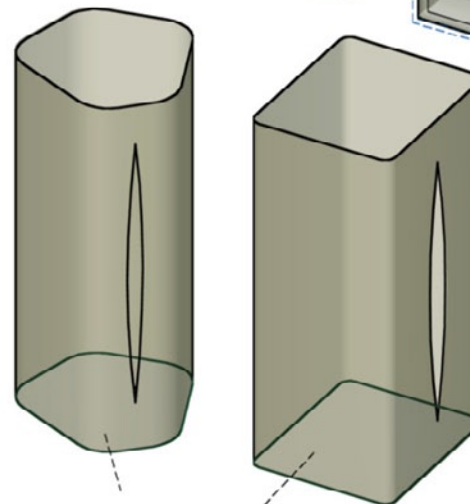
- 1. Luftschleuse
- 2. Versammlungshalle
- 3. Arbeitsräume
- 4. Rover Hangar
- 5. Wohneinheiten
- 6. Untergrund Tunnel
- 7: Hauptverkehrstunnel
- 8. Gewächshauseinheit



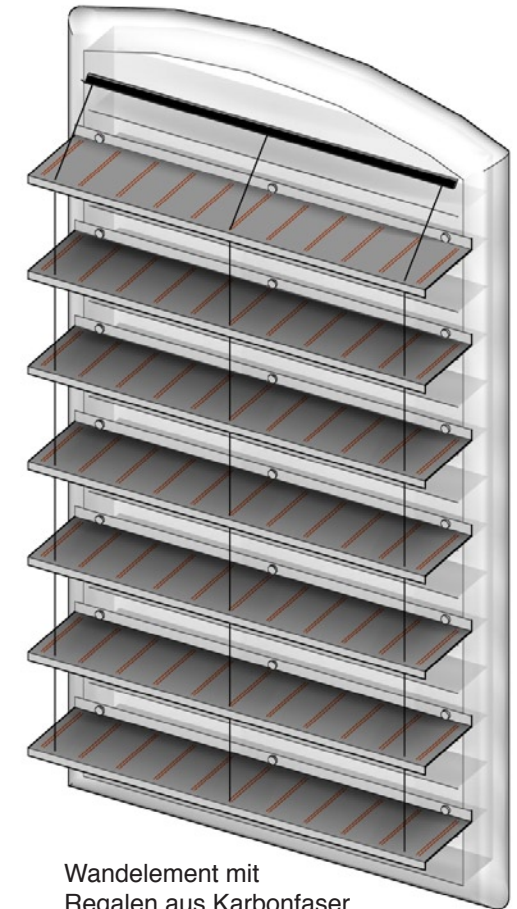
Wandelemente und Einrichtung



toilet made of TPU membrane filled with regolith outdoor at 6 mbar atmospheric pressure only. Indoor the 500mbar airpressure compres the membrane with the regolith inside to a rigid object as hard as a ceramic toilet



shower cabins consisting of thin TPU-membrane spanned between ceiling and floor



Wandelement mit Regalen aus Karbonfaser

Das Konzept der modularen Wandelemente, die per Reißverschluss verbunden werden, wurde bereits seit vielen Jahren in meinem Pneumocell Bausatz erprobt. Auch den Durchgang mit den pneumatischen „Lippen“ und die Duschkabine aus Folie wurden bereits realisiert



Aufblasbares Sofa 500gramm leicht



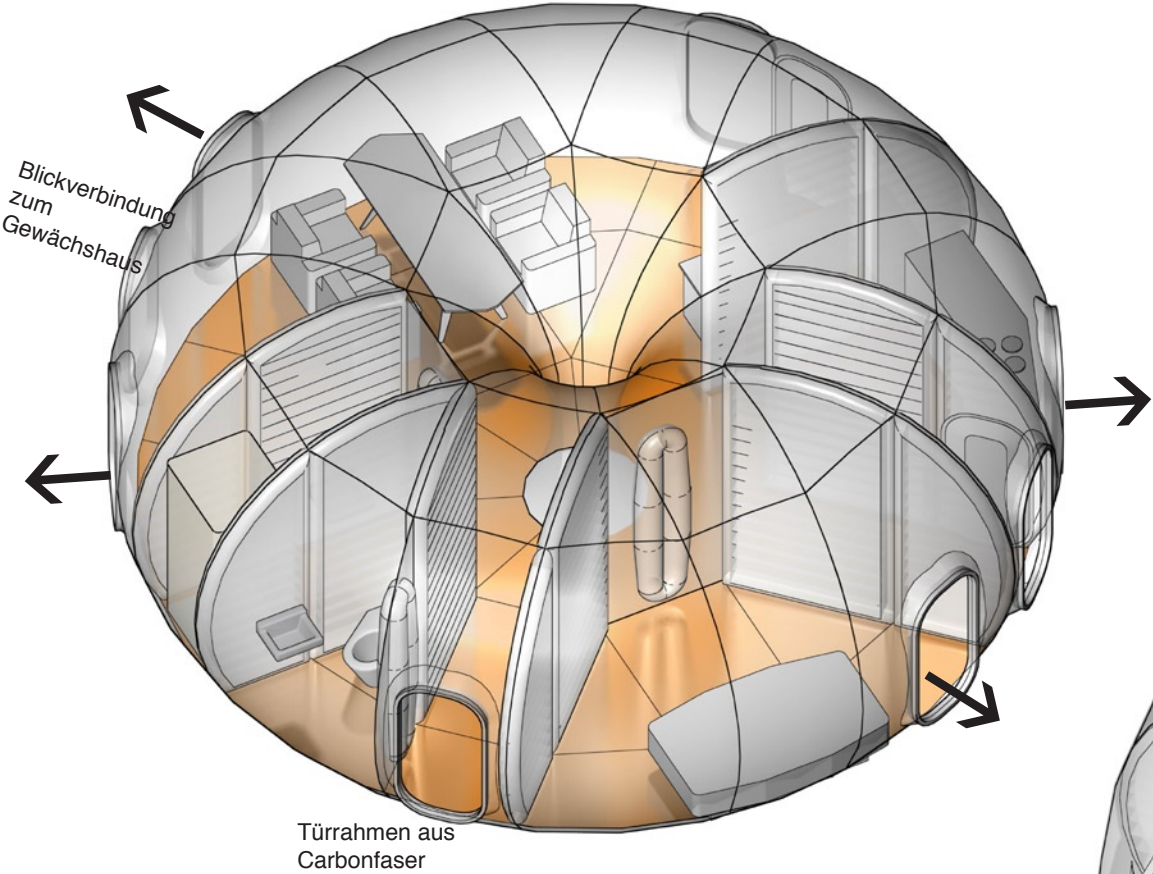
Eingang aus pneumatisch gespannten Lippen



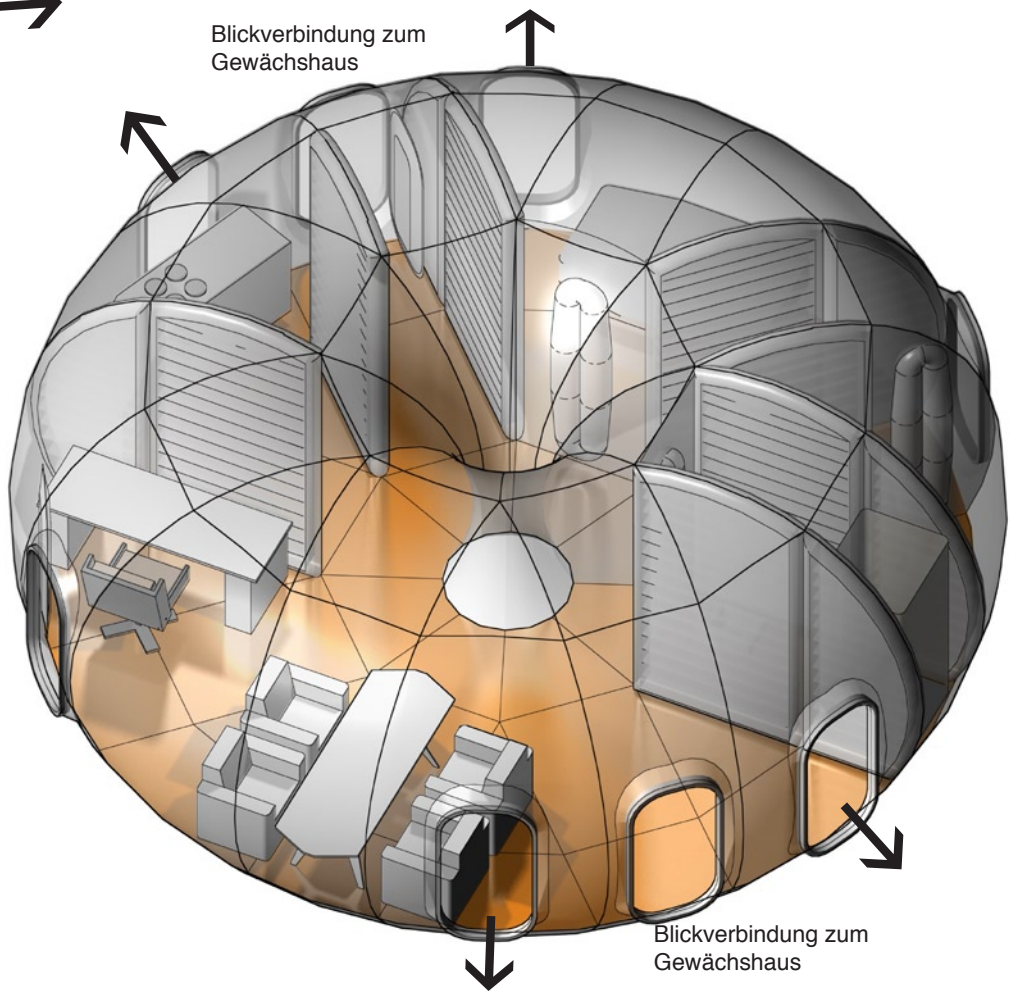
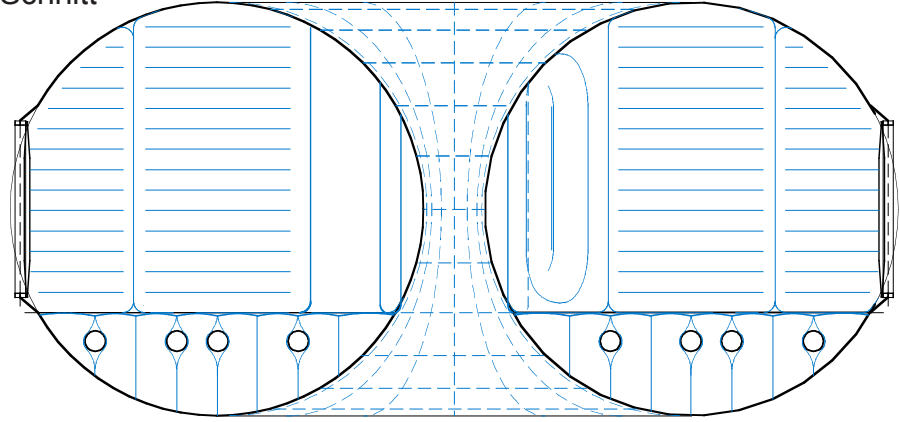
Dusche aus Membran

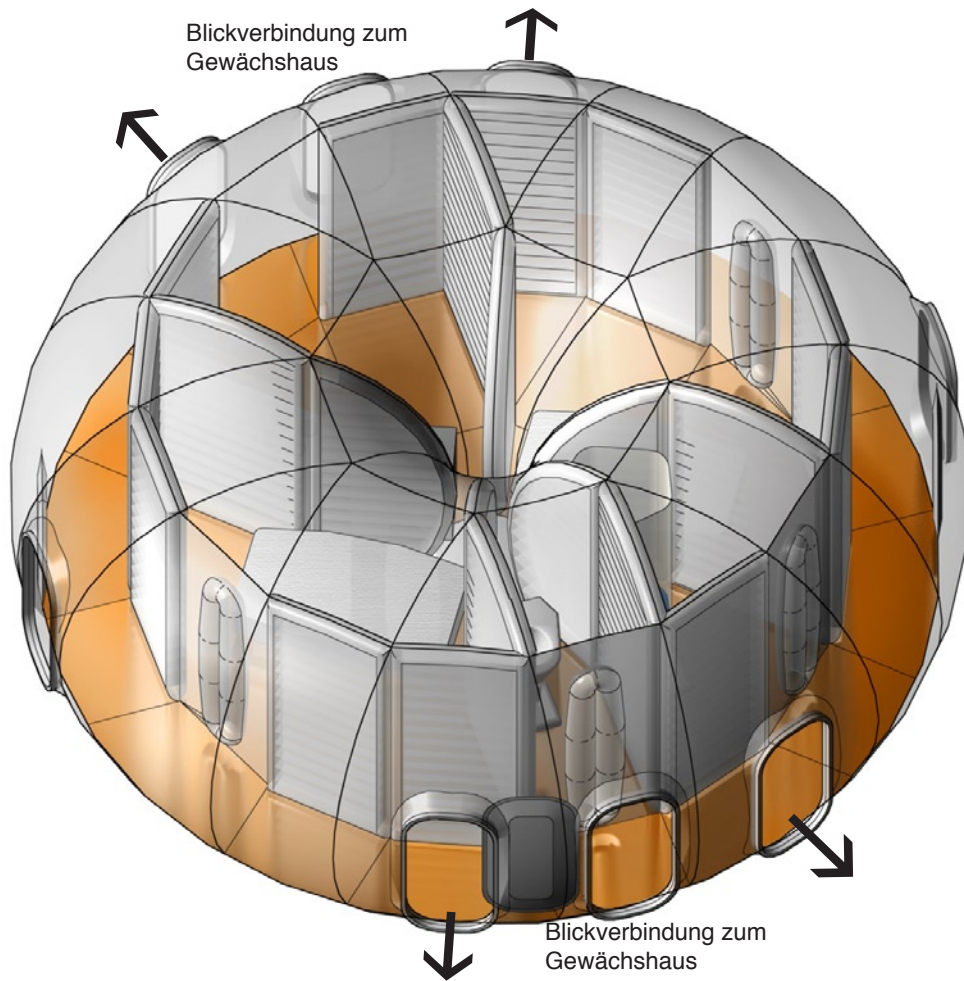


Torus: Variante mit Räumen außen angeordnet

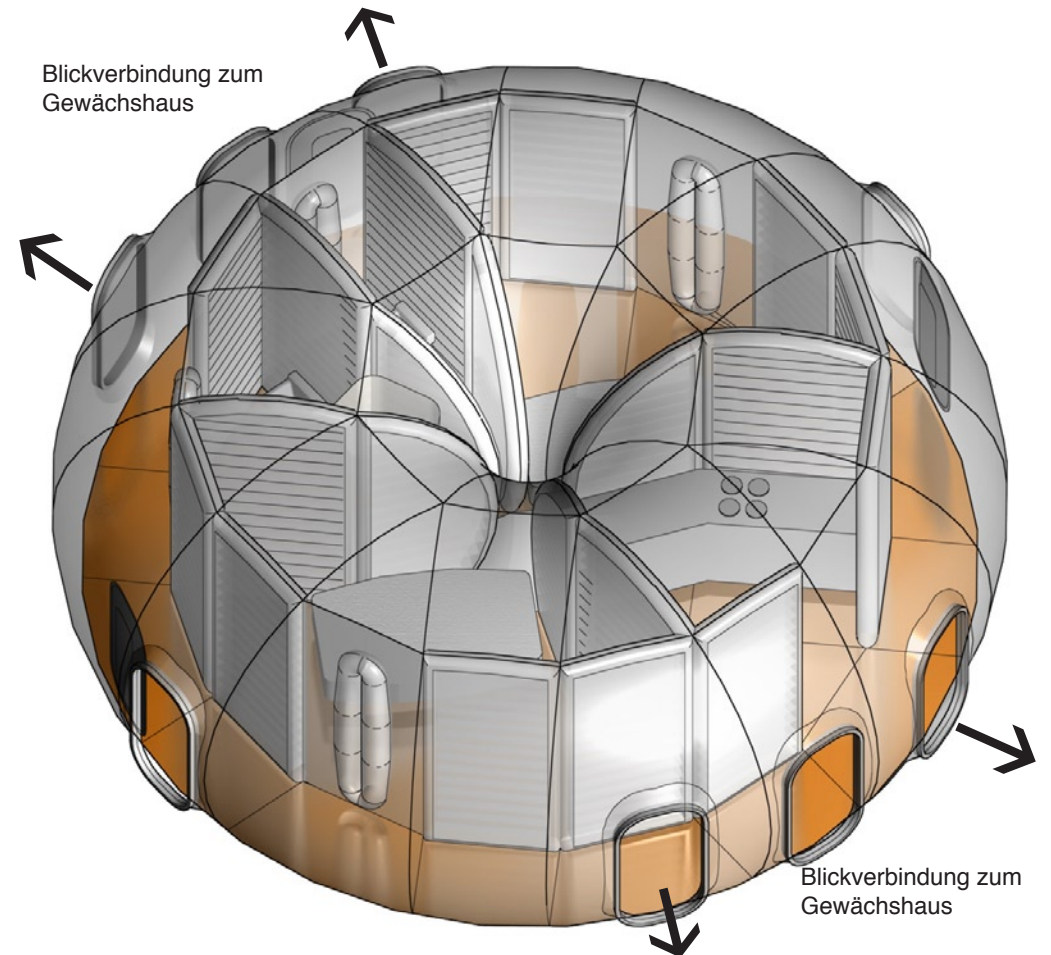


Schnitt

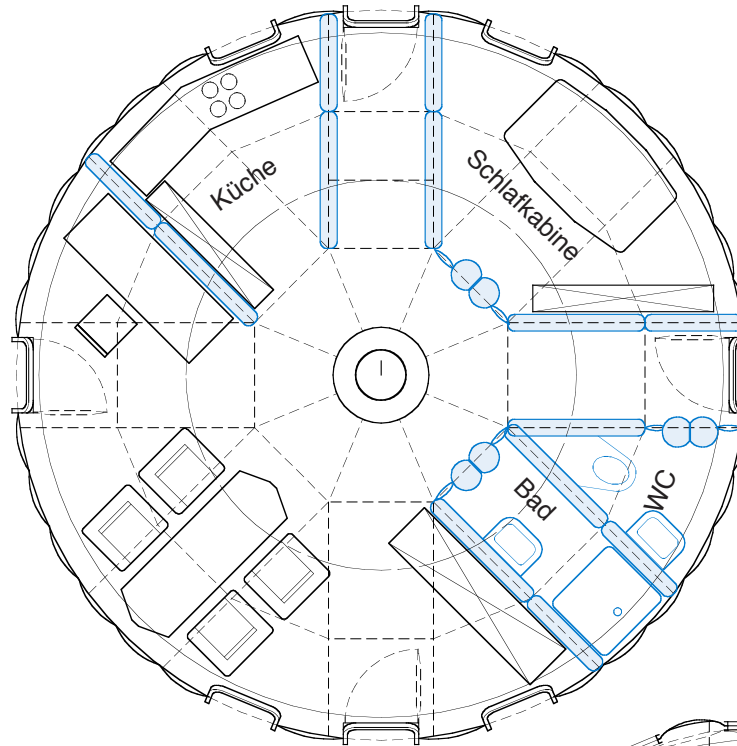




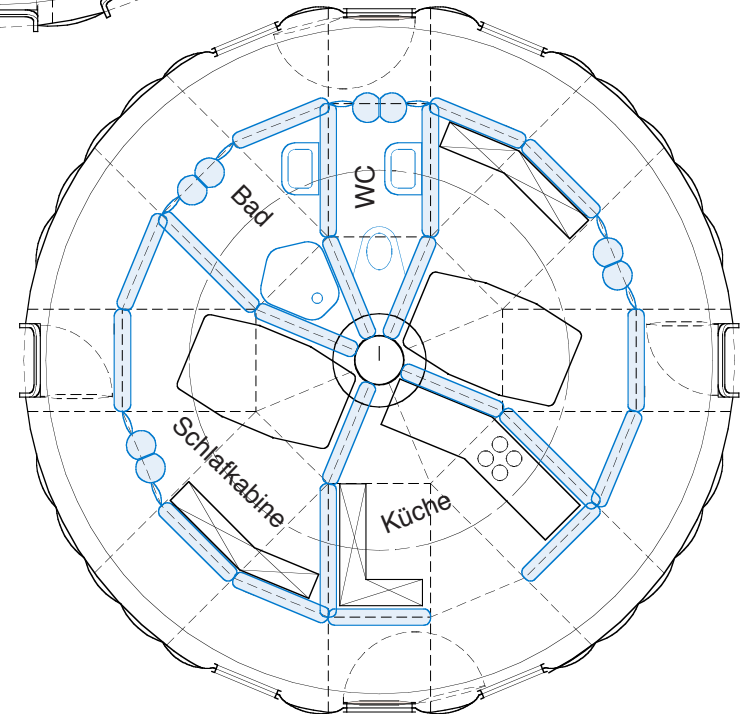
Torus: Variante mit Räumen innen angeordnet



torus wing							
double membrane	0,84	kg/m2	169,12	m2	142,06		
dyneema rope 6mm dia	25,00	gramm/meter	208,00	m	5,20	kgs	
floor panels cfk 2mm	3,00	kg/m2	50,88	m2	152,64	kgs	
doorframe carbon fibre	3,60	kg/pc	8,00	pcs	28,80	kgs	
door wings Sandwich	6,50	kg/pc	6,00	pcs	39,00	kgs	
foam heat insulation 6cm	2,00	kg/m2	169,12	m2	338,24	kgs	
total weight					705,94	kgs	
Heat transmission							
doubleMembrane	2,80	w/m2k					
foam heat insulation 6cm	0,45	w/m2k					
sand deposit 3,7 meters	0,18	w/m2k					
total	0,12	w/m2k	20,79	W/m2 °c	via total surface area		
inside temperature	20,00	°c					
surrounding temperature	-23,00	°c					
diff	43,00	°c	893,94	Watts	21,45	KWh per day	
furniture						pcs	
inflatable wall element1	31,92	m2 tpu	0,28	kg/m2	8,94	kgs	5,00 44,69
inflatable wall element2	16,29	m2 tpu	0,28	kg/m2	4,56	kgs	5,00 22,81
inflatable wall element3	27,52	m2 tpu	0,28	kg/m2	7,71	kgs	0,00
inflatable wall element4	12,38	m2 tpu	0,28	kg/m2	3,47	kgs	11,00 38,12
wall with vagina door	5,99	m2 tpu	0,42	kg/m2	2,51	kgs	4,00 10,06
shower cabin membrane	7,83	m2 tpu	0,42	kg/m2	3,29	kgs	1,00 3,29
inflatable bed					3,00	kgs	2,00 6,00
inflatable sofa					0,50	kgs	2,00 1,00
membrane vacuum toilet	2,08	m2 tpu	0,42	kg/m2	0,40	kgs	1,00 0,40
rigid non inflatable							
shelves,			0,70	kg/pc			15,00 10,50
table, chairs							10
Stove, refrig, dishwasher							40
kitchen counter							25
				total kgs			136,86



Grundriss



Große Versammlungshalle

Während Singles, Paare und Familien eigene Wohneinheiten mit geräumigen Gewächshäusern zur Verfügung haben, werden auch große Hallen benötigt, wo die Gemeinschaft sich zusammenfinden kann.

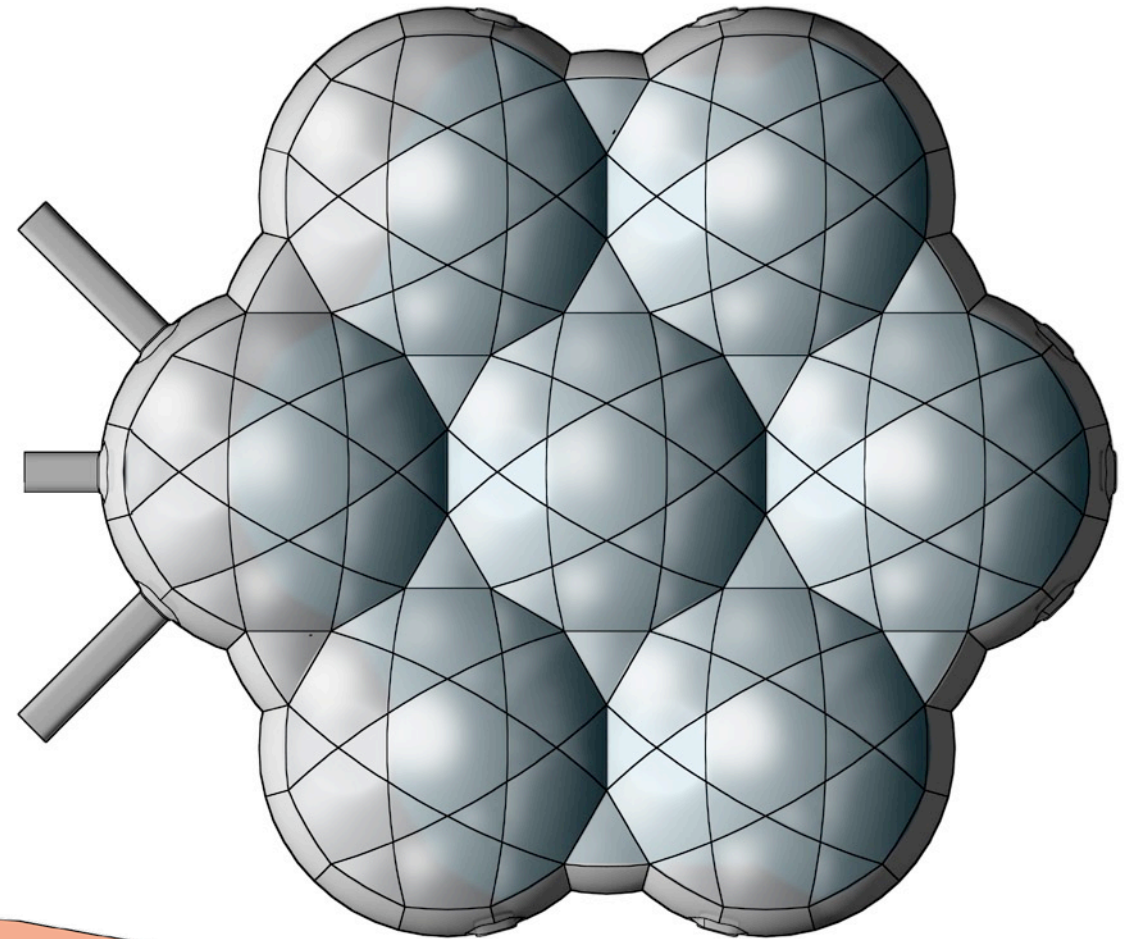
Um die Transportmasse im Raumschiff möglichst gering zu halten, bestehen diese Hallen ebenfalls aus aufblasbaren Membranen. Die aufblasbare Konstruktion wird mit einer 4-5 Meter dicken Schicht Regolith bedeckt. Das Gewicht der Beschüttung gleicht die statische Belastung durch den Innendruck teilweise wieder aus und reduziert somit die Zugbelastung in der Membran.

Ein Netz aus Dyneema Seilen unterstützt die Tragstruktur zusätzlich und bringt den Pneukörper in die richtige Form. Da das Netz die Membranhülle in kleinere Teilflächen unterteilt, braucht die Membran nur den Luftdruck zu halten, der auf die kleinere Fläche innerhalb des Seilrasters wirkt.

Bei pneumatischen Konstruktionen formt der innere Luftdruck die flexible Membran immer so, dass sie ein maximales Volumen umhüllt.

Durch diesen Form-Selbstfindungsprozess ergibt sich eine Geometrie analog zu einem mittelalterlichen Kreuzgewölbe, aber mit umgekehrtem Kräfteverlauf. Anstatt alle statischen Kräfte möglichst in Druckkräfte auf das Baumaterial umzuleiten, wirken auf die Seile und Membrangewölbe nur Zugkräfte.

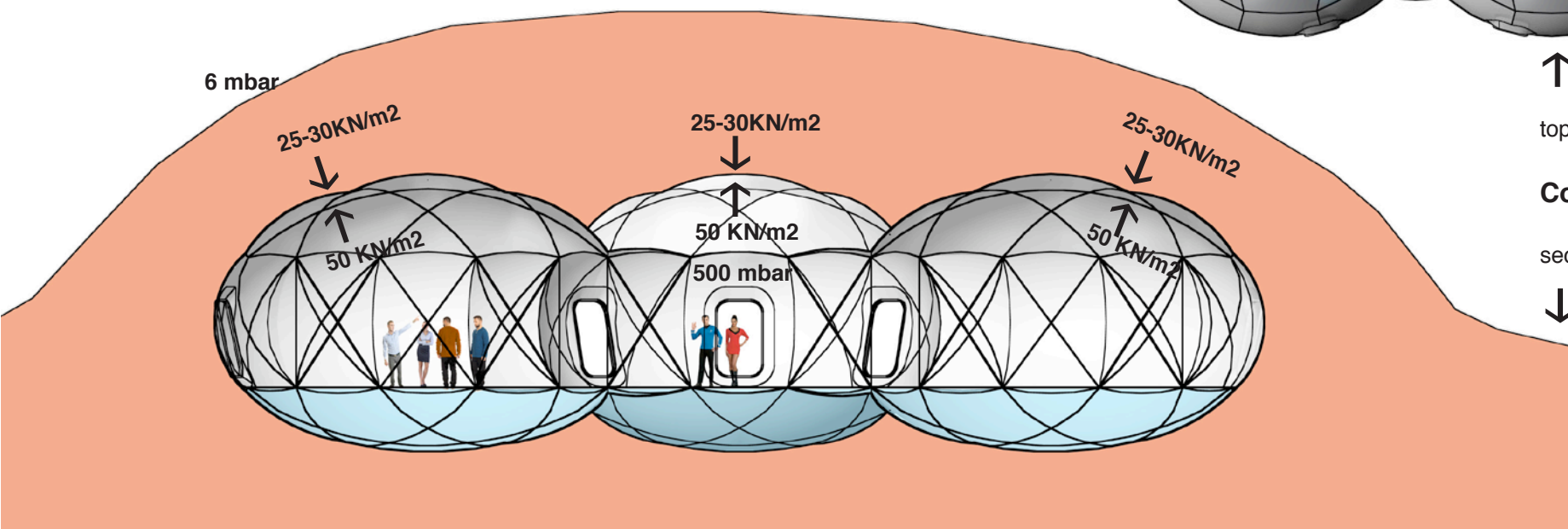
Die tragende Funktion, die im normalen Hochbau Säulen übernehmen, wird hier von Seilen erfüllt.

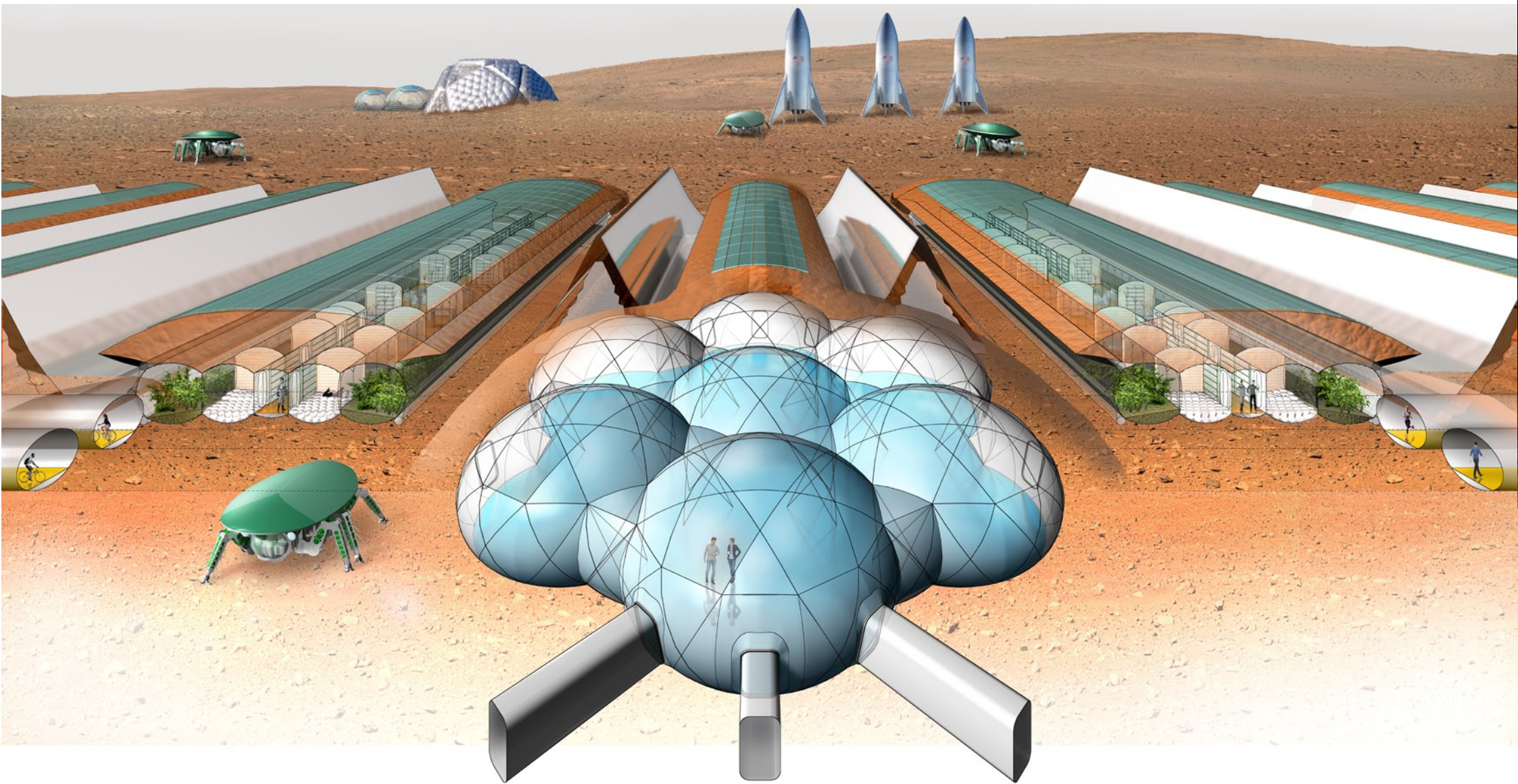


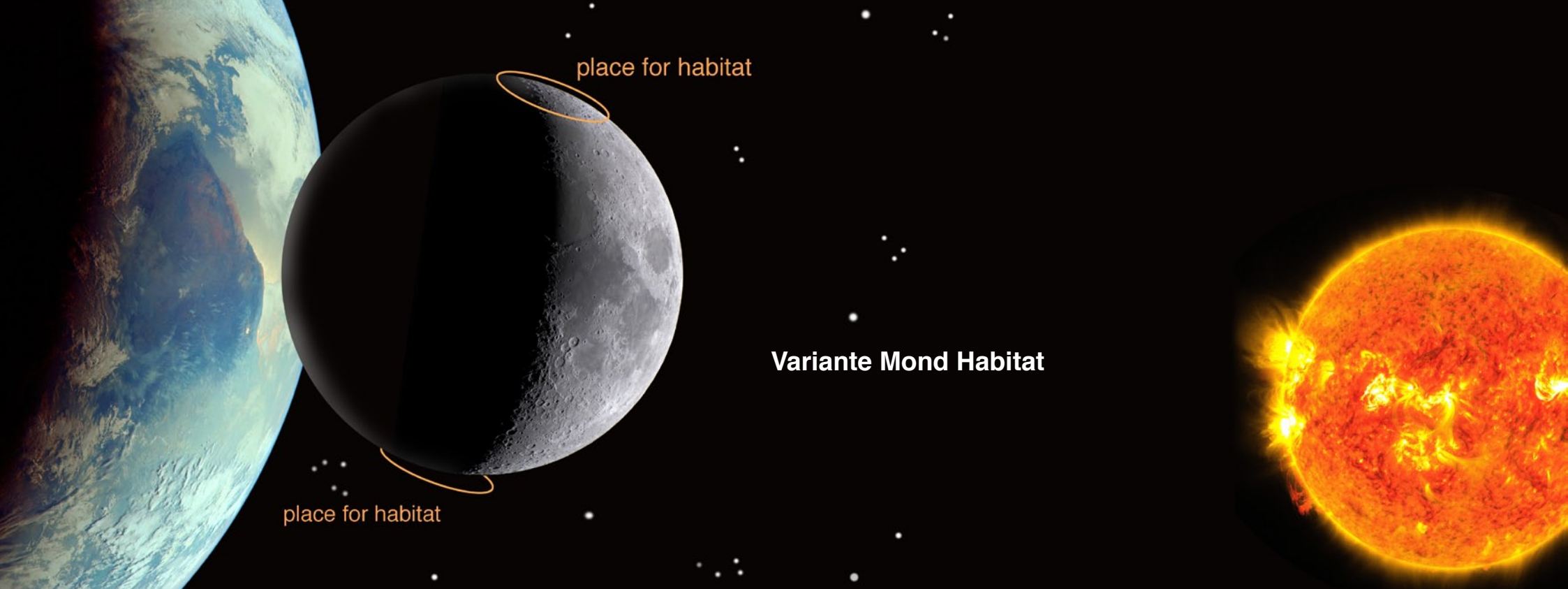
top view

Convention Hall

section





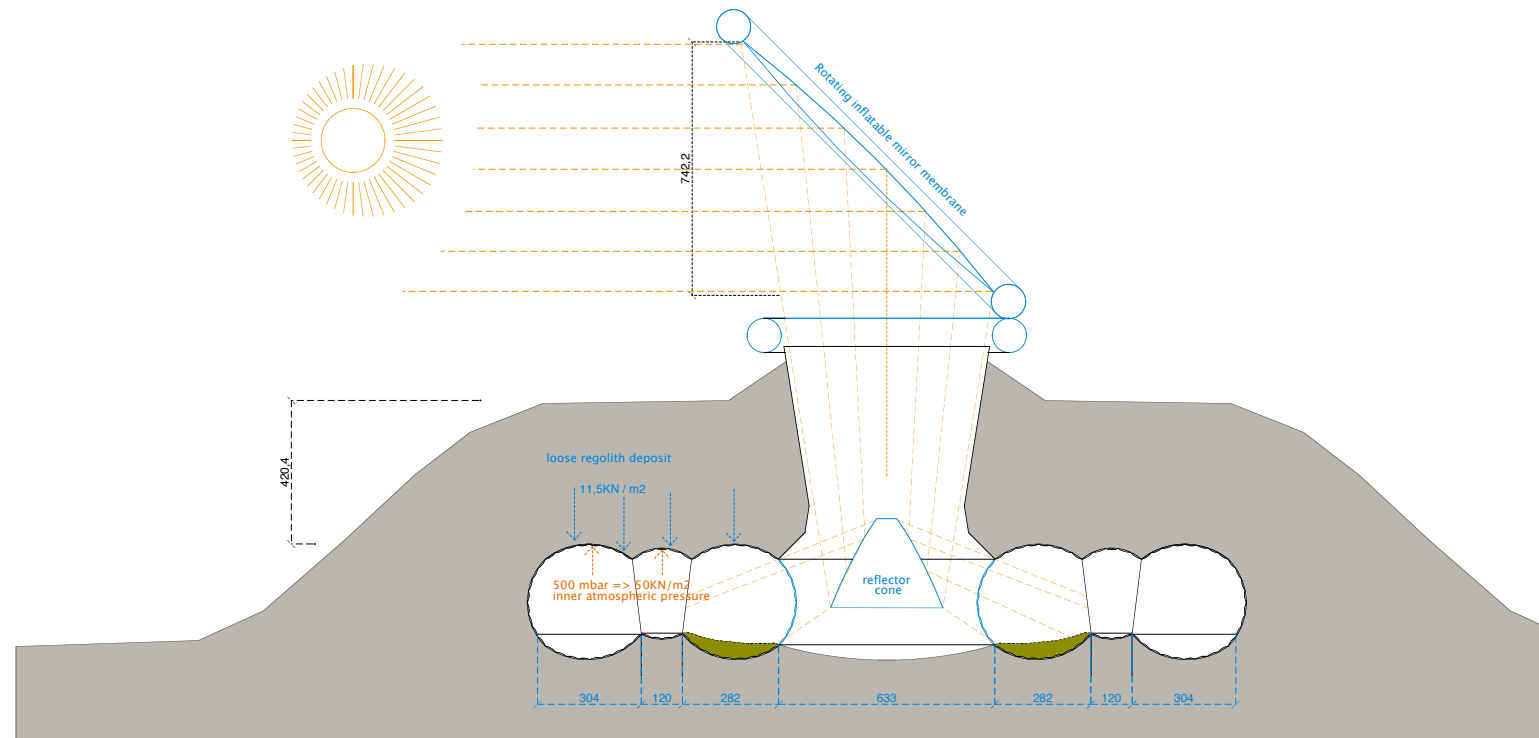


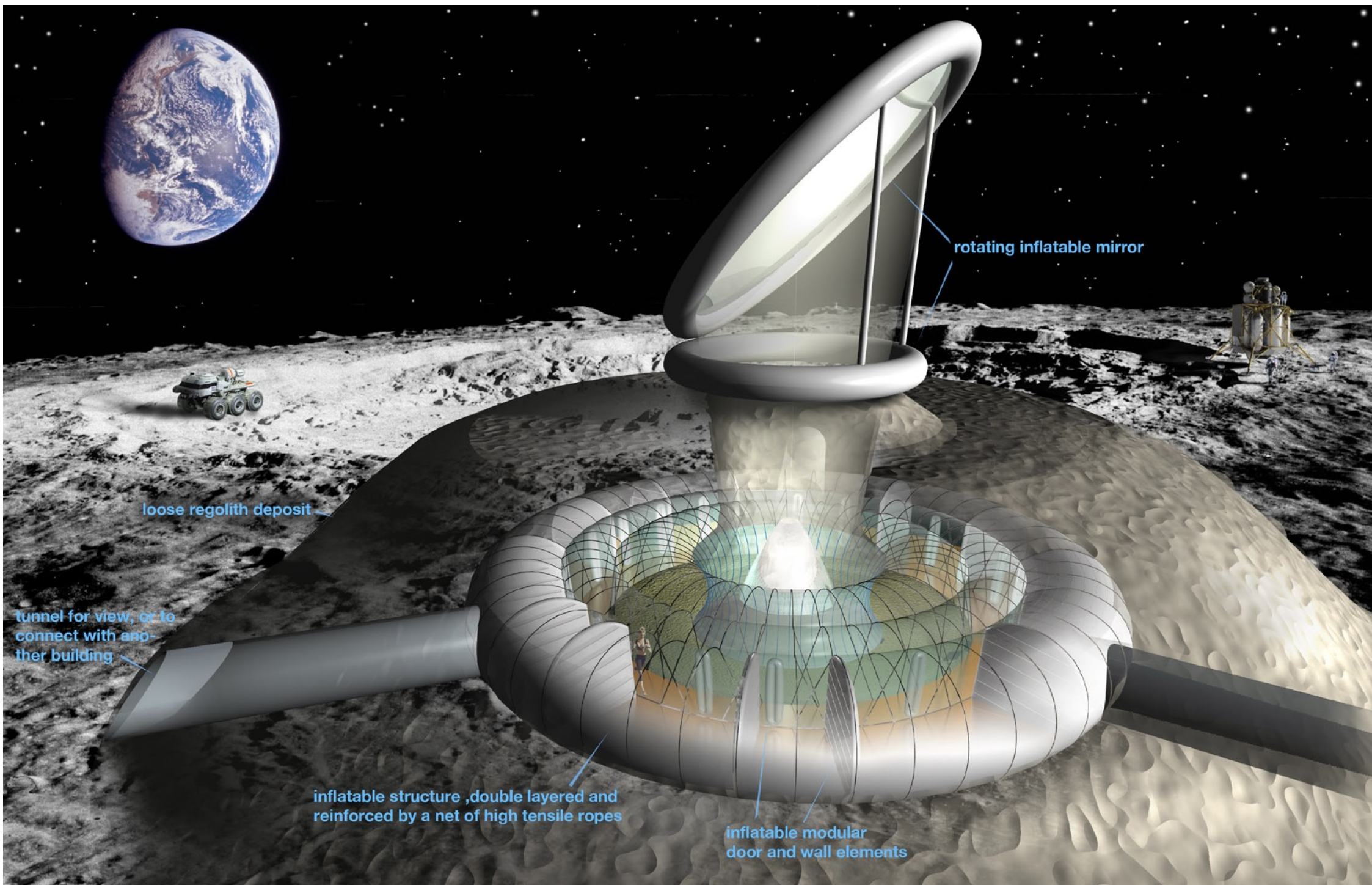
Variante Mond Habitat

Nachdem der Mond näher ist, wird man vermutlich zuerst auf dem Mond ein Habitat zur Erprobung errichten. Es ist daher wichtig auch eine Variante für den Mond zu entwickeln.

Anders als am Mars ist am Mond nicht der Äquator, sondern einer der Pole der beste Ort für ein Habitat. Die Temperaturunterschiede sind hier weitaus geringer und es ist permanent Sonnenlicht verfügbar, welches stets horizontal innerhalb von jeweils 28 Tagen einmal umlaufend eintrifft. Außerdem gibt es hier Krater und Höhlen in welche niemals Sonnenlicht dringt, und die deshalb dauerhaft kalt genug sind um Eis enthalten und behalten.

Ein rotierender und stets der Sonne folgender aufblasbarer Spiegel reflektiert das horizontal ankommende Sonnenlicht hinunter in einen künstlichen Krater, der aus losem Regolith geformt ist, der auf der pneumatischen Konstruktion aufgeschüttet ist. Von dort lenkt ein weiterer kegelförmiger Spiegel als Licht in das Torus förmige Gewächshaus.





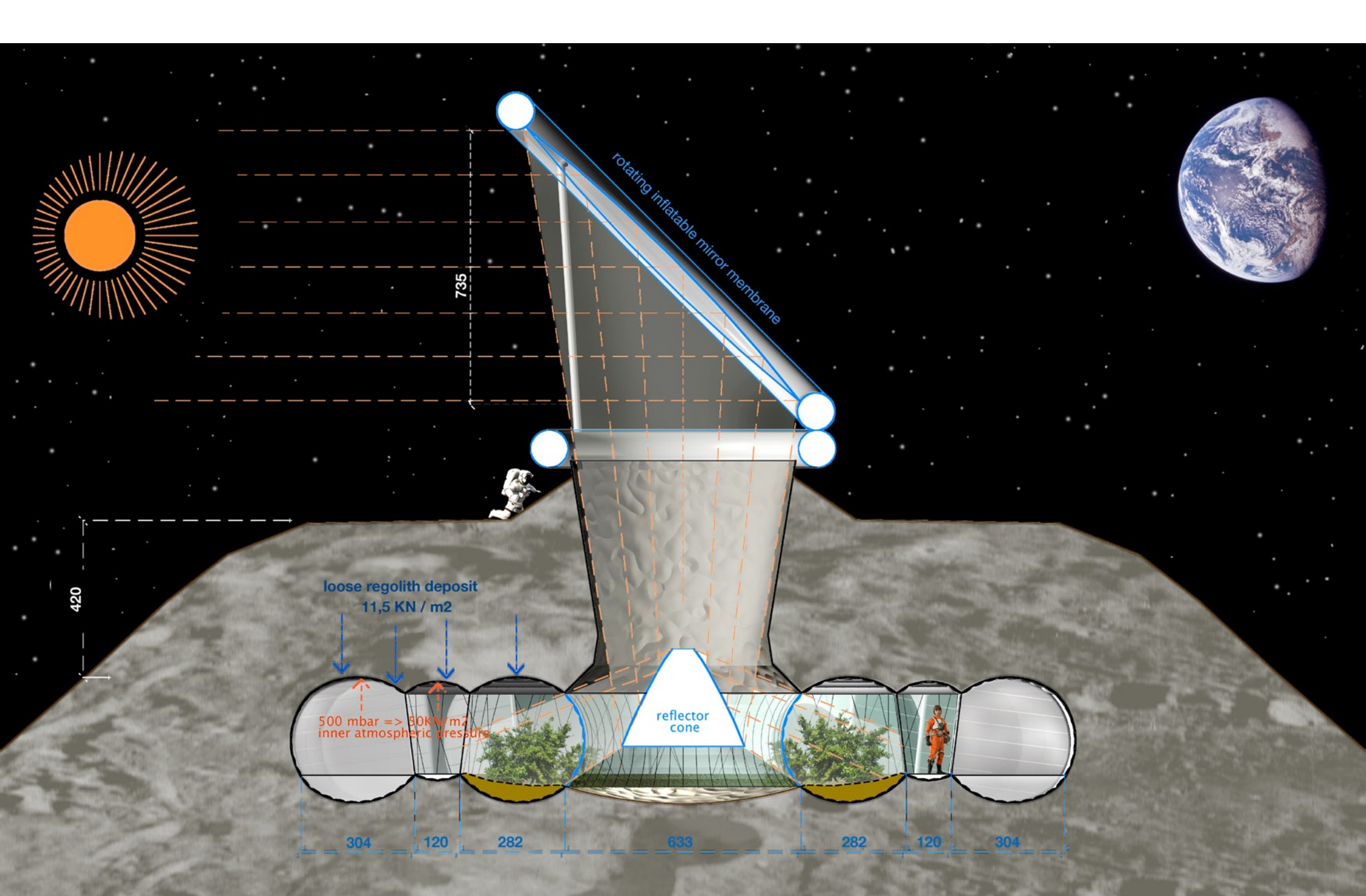
rotating inflatable mirror

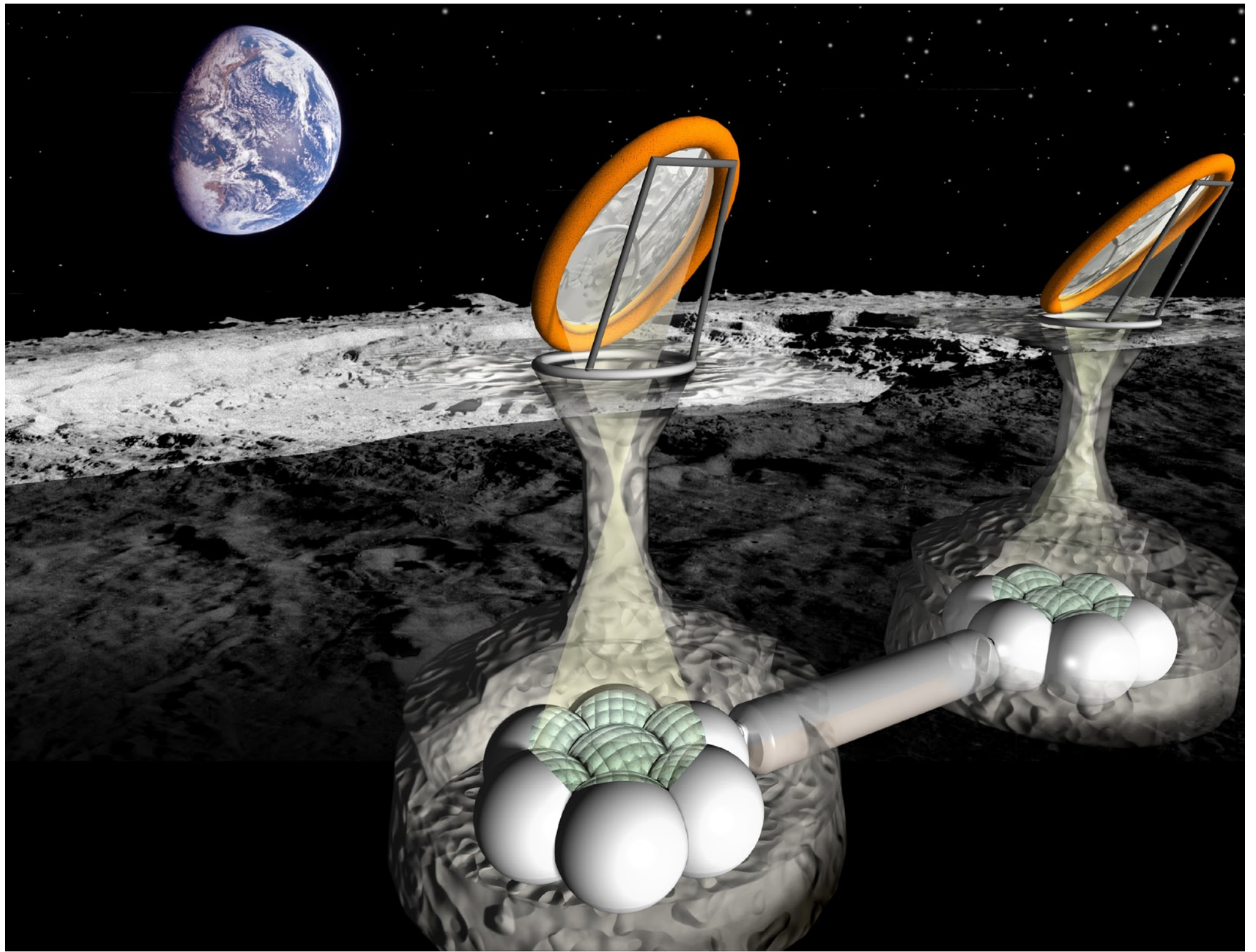
loose regolith deposit

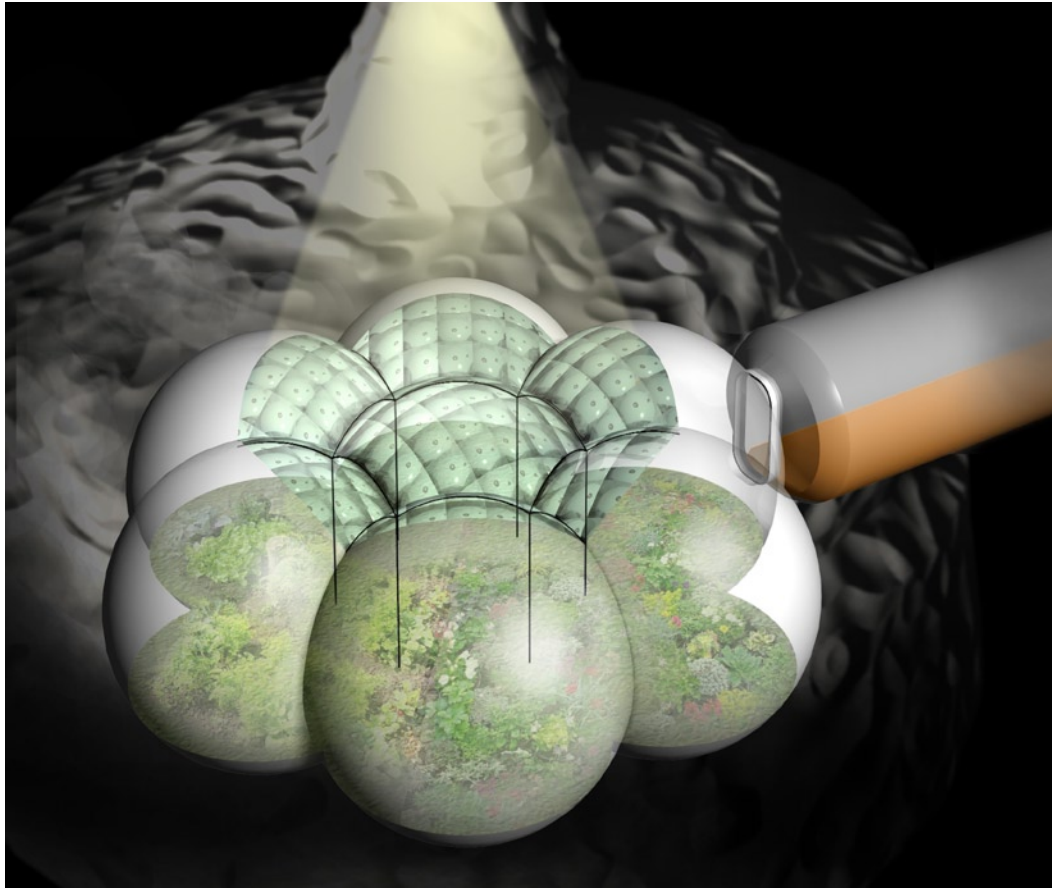
tunnel for view, or to
connect with another
building

inflatable structure, double layered and
reinforced by a net of high tensile ropes

inflatable modular
door and wall elements



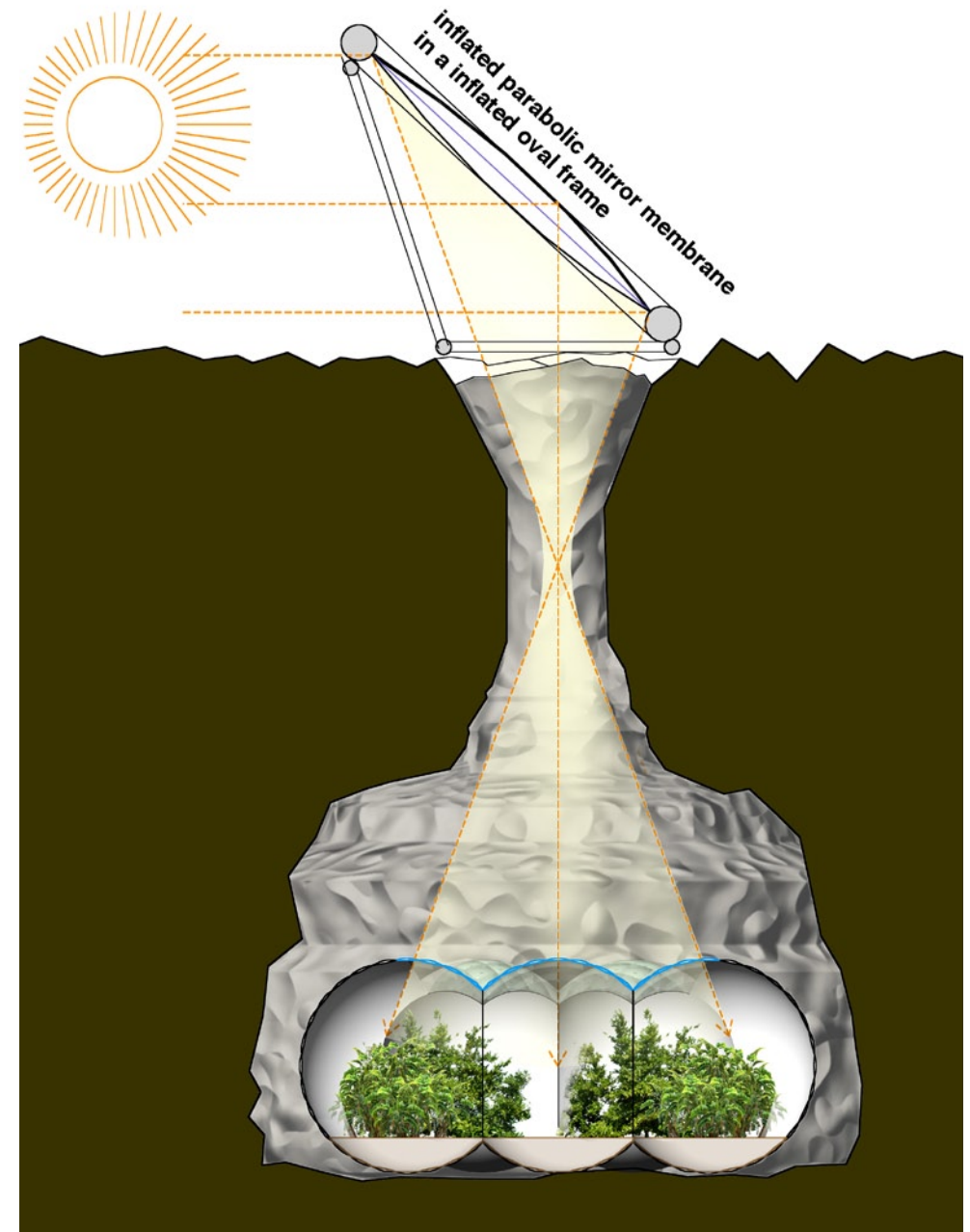




Variante eines Mondabitats innerhalb einer bestehenden Lavahöhle. Diese Lavahöhlen gewähren gut Schutz vor kosmischer Strahlung und Meteoriten, sind jedoch auch finster. Ein sich zur Sonne synchron drehender aufblasbarer Parabolspiegel reflektiert das horizontal einstrahlende Licht durch einen Schacht in die Höhle und das darin befindliche aufblasbare Habitat.

Das Sonnenlicht ist permanent, 24h pro Tag, verfügbar, für das Wachstum der Pflanzen und zum Beheizen des Habitats.

Das Vakuum am Mond unterbindet Wärmetransmission und Wärmekonvektion, nur Wärmeabstrahlung verbleibt.



In abgewandelter und vereinfachter Form kann das Pneumo-Planet Konzept auch auf der Erde sinnvoll angewendet werden: Als Gewächshaus in Wüsten.

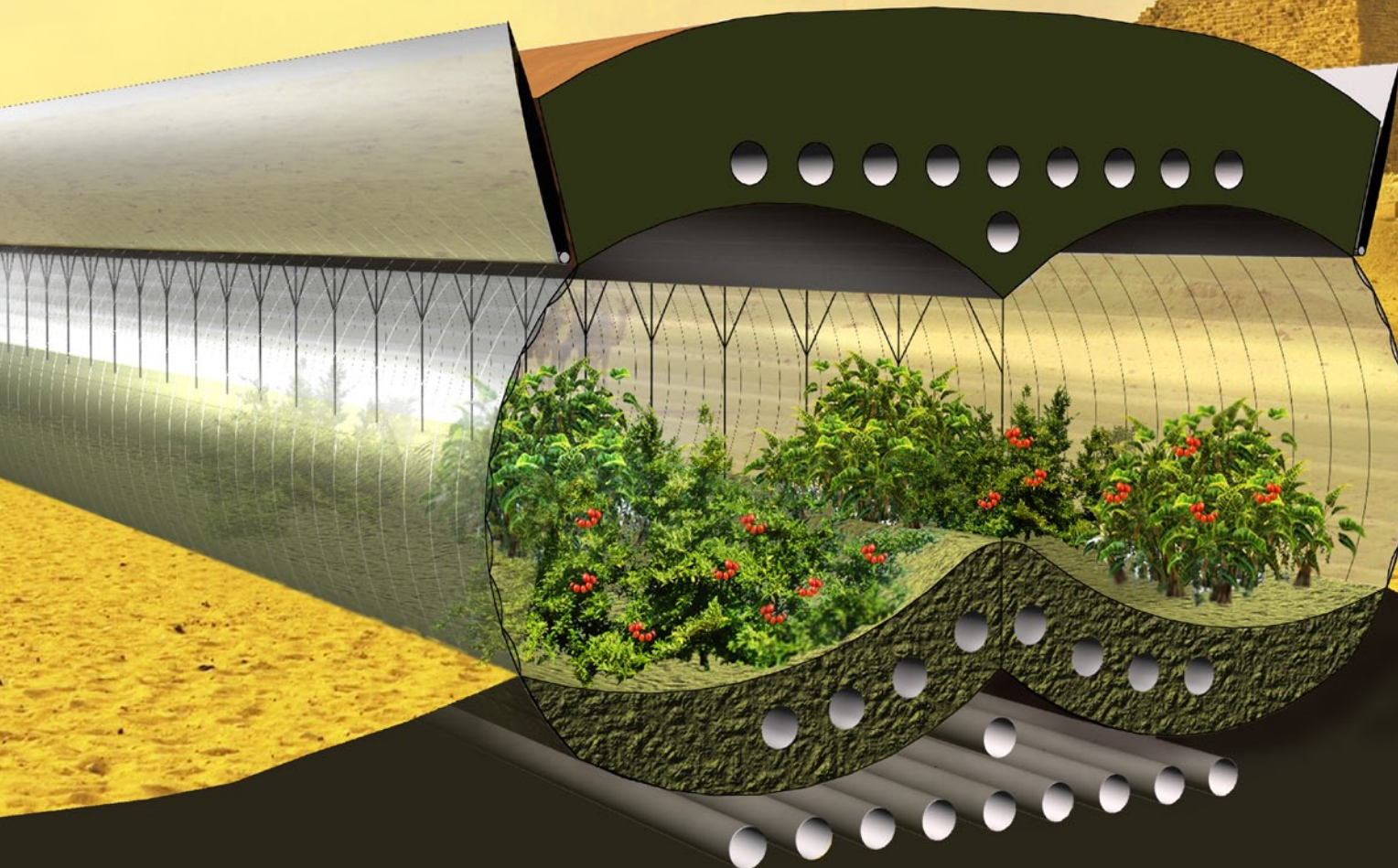
Die Vorteile gegenüber konventionellen Gewächshäusern sind folgende:

1; In dem geschlossenen Volumen gibt es keinen Wasserverlust. Das Wasser verdunstet T_s und kondensiert wieder an der Decke und an den Wänden, wodurch es wieder ins Erdreich zurück fließt.

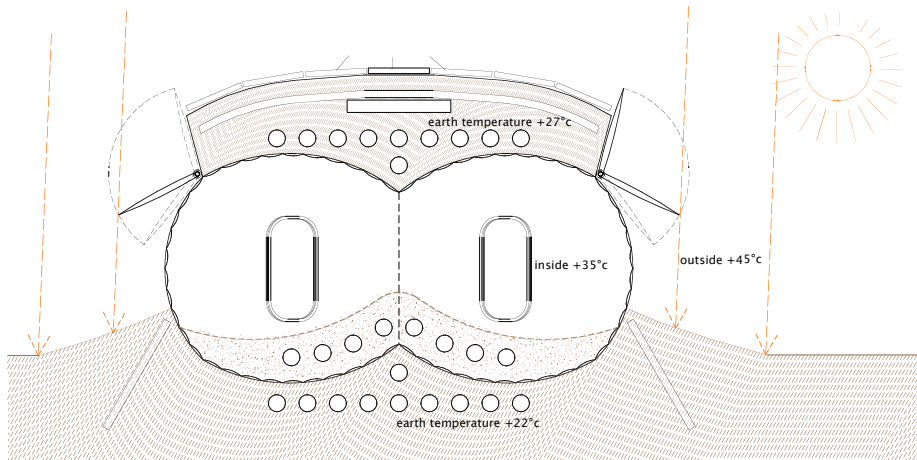
2; Es wird viel weniger Baumaterial benötigt, da die Konstruktion ohne Stützen und Träger aus Stahl oder Holz auskommt.

3; Das Gewächshaus wird von oben, wo die steile Mittagssonne herkommt, durch die dicke Sandbeschüttung gegen Überhitzung abgeschirmt. Nur von der Seite von Norden und Süden her kommt diffuses Licht, sowie flach eintreffende Sonneneinstrahlung von Herbst bis Frühling. Ausklappbare Blenden können zusätzlich beschatten.

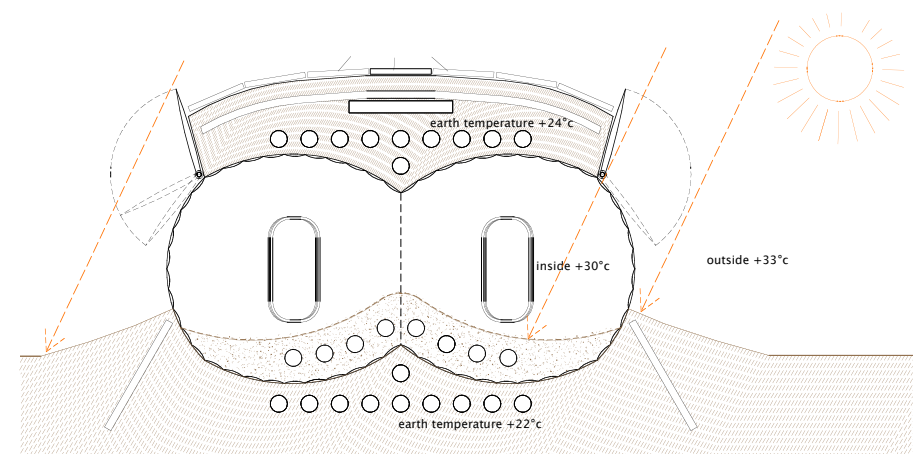
4; Über ein Röhrensystem, welches durch den Sand in der Beschüttung und dem Bodenmaterial unterhalb der Konstruktion, sowie auch durch die Substratschicht im Inneren führt, wird in der Nacht, wenn die Temperatur in der Wüste stark abfällt, stets kalte Luft geblasen. Dadurch werden die Massen abgekühlt und können unter Tags den Innenraum über Wärmeaustausch an ihrer Oberfläche temperieren. Da wir auf der Erde bereits ausreichenden Luftdruck haben, genügt hier ein Innendruck von 150 - 200 mbar um eine 1 Meter dicke Sandbeschüttung zu tragen.



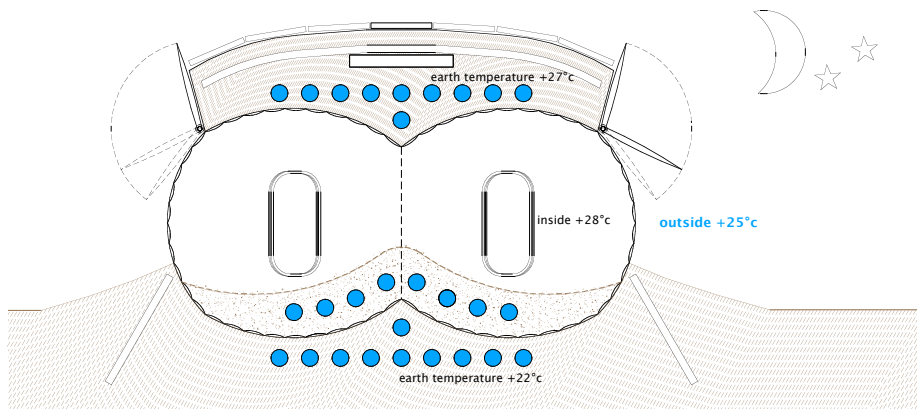
Sahara 25° Nord



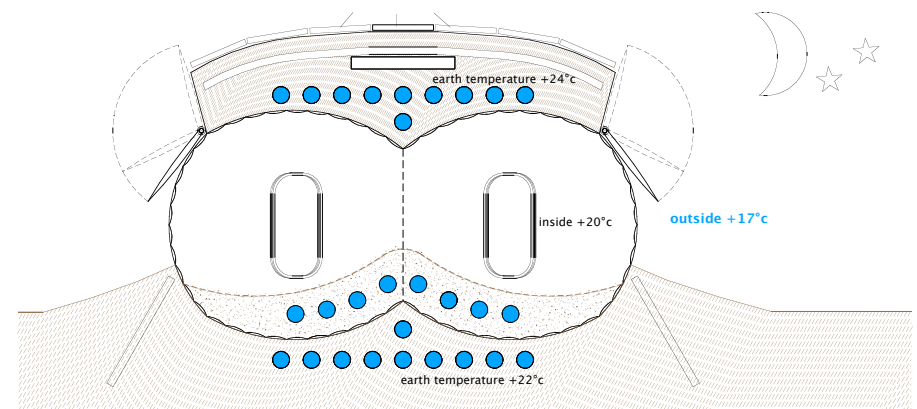
Juli tagsüber, Außentemperatur +45° :
Sonnenlicht kommt diffus über die transparente Nordseite und Südseite. Die kühleren Sandmassen auf der Deckenbeschüttung und im Boden nehmen Wärme auf und kühlen somit den Innenraum auf +34°C.



Oktober tagsüber, Außentemperatur +33°:
Sonnenlicht kommt diffus über die Nordseite und schräg etwas verstärkt über die Südseite. Die kühleren Sandmassen auf der Deckenbeschüttung und im Boden nehmen Wärme auf und kühlen somit den Innenraum auf +30°C

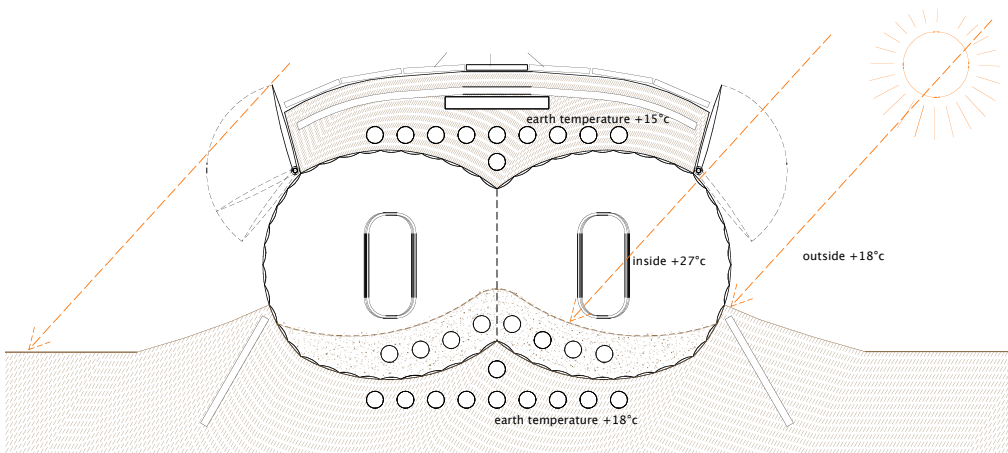


Juli nachts, Außentemperatur +25°:
Die kühle Nachtluft fließt durch die Röhren und kühlen die Massen auf nahezu diese Temperatur herunter

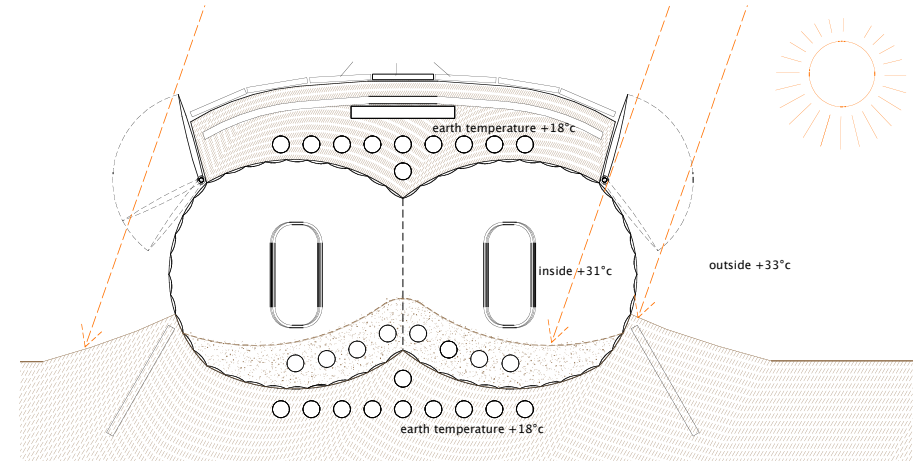


Oktober nachts, Außentemperatur +17°:
Die kühle Nachtluft fließt durch die Röhren und kühlen die Massen, die noch vom Sommer gewärmt sind, auf 22°C herunter

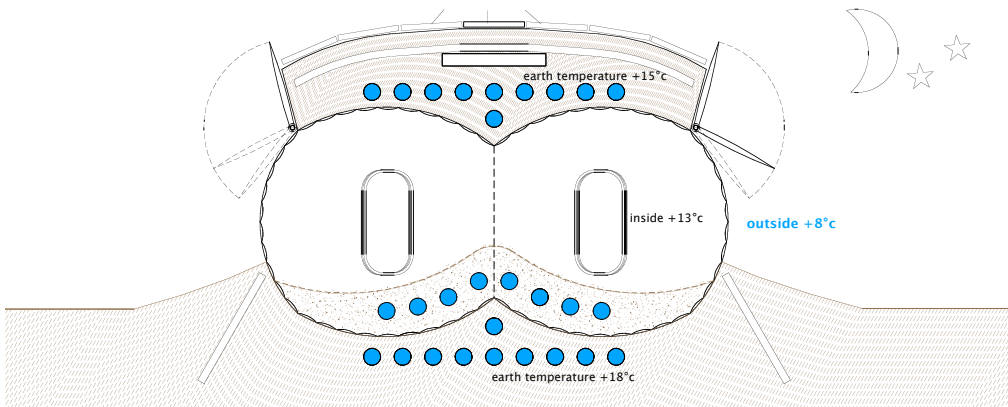
Sahara 25° Nord



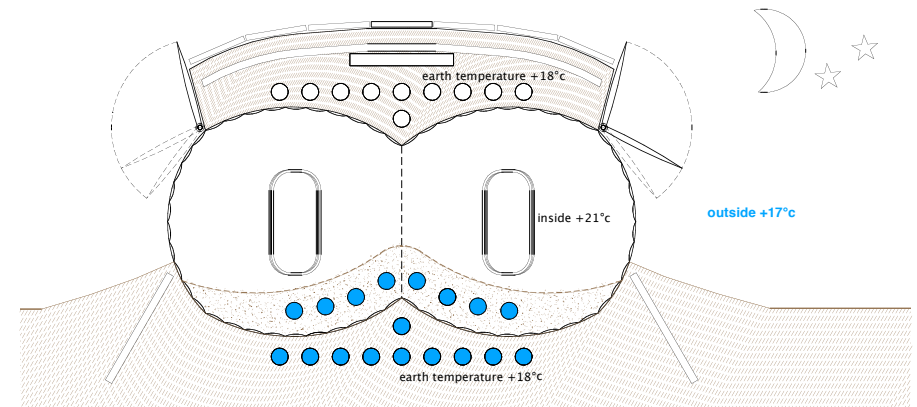
Januar tagsüber, Außentemperatur +18°:
Sonnenlicht kommt diffus über die Nordseite und schräg unter maximaler Menge über die Südseite und wärmt den Innenraum trotz kühler Decke und Boden auf +27°C



April unter Tags, Außentemperatur +33°:
Sonnenlicht kommt diffus über die Nordseite sowie schräg über die Südseite und wärmt den Innenraum trotz kühler Decke und Boden auf +27°C



Januar nachts, Außentemperatur +8°:
Die kühle Nachtluft fließt durch die Röhren und kühlt die Massen stark auf +13°C herunter. Die Innenraumtemperatur beträgt nun ebenfalls +13°C.

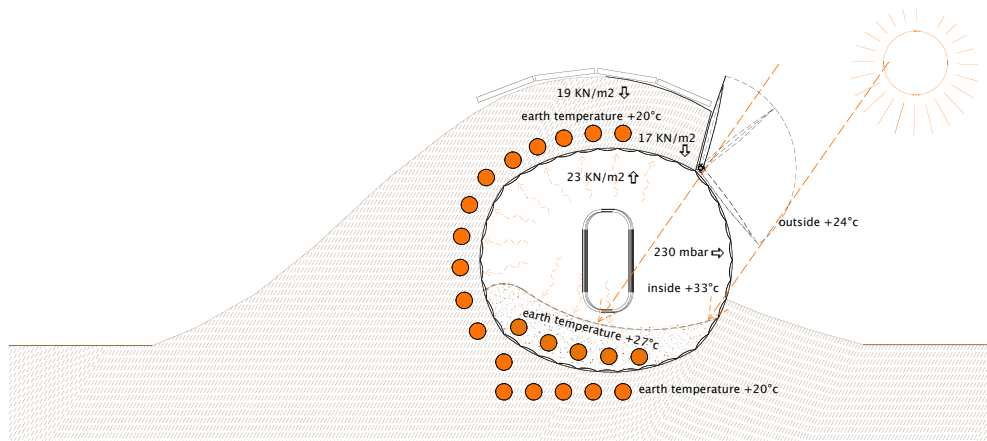


April nachts, Außentemperatur +17°:
Die Erdtemperatur ist vom Winter her noch niedrig und liegt ungefähr auf gleichem Niveau wie die Außenlufttemperatur. Die Innenraumtemperatur sinkt über Nacht auf +21°C.

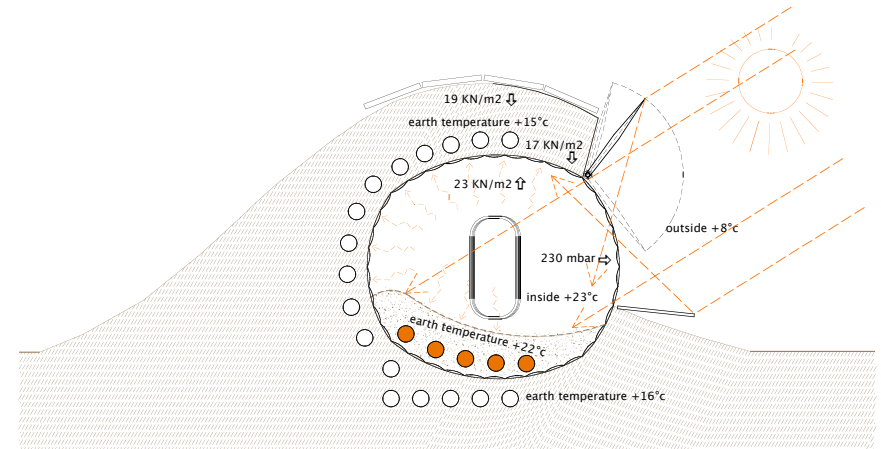
Aber auch in kalten Klimazonen ist das Pneumo-Planet Konzept als Gewächshaus sinnvoll indem hier umgekehrt ohne zusätzliche Heizung ein wärmeres Innenklima geschaffen werden kann. Anders als beim Wüstengewächshaus wird hier im Winter das einfallende Sonnenlicht über Spiegel sogar verstärkt. Das Erdreich wird nicht durch Nachtluft und Winterluft gekühlt, sondern im Sommer tagsüber gewärmt. In diesem Fall ist nur die Südseite transparent, während die Nordseite gut beschützt und wärmedämmend ist.



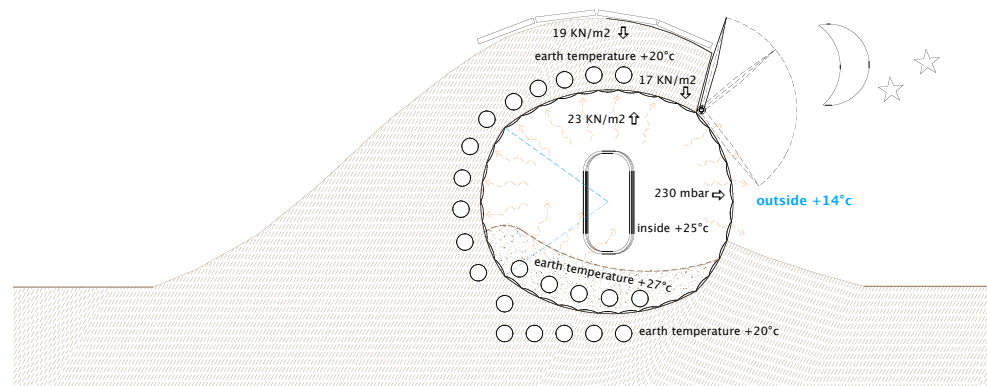
Moskau 55° Nord



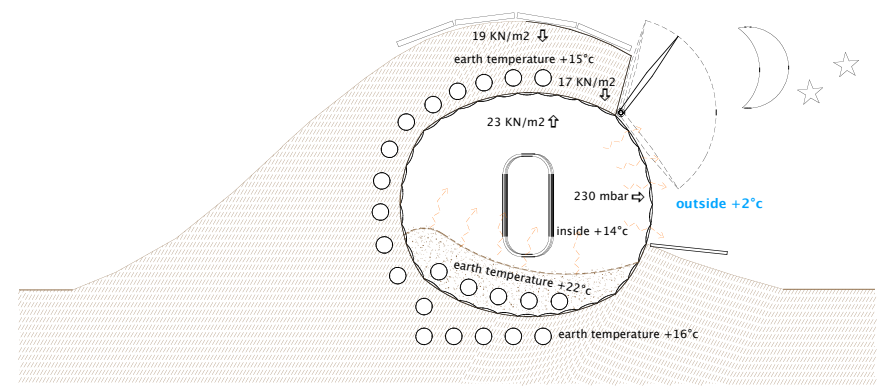
Juli tagsüber, Außentemperatur +24° :
Sonnenlicht kommt schräg von der Südseite. Das umgebende Erdreich wird über die Röhre mit Luft durchströmet, wodurch dieses erwärmt wird. Die erwärmte Innenluft zirkuliert über ein zweites Rohrsystem durch die Substratschicht innen. Die Temperatur des Erdreichs ist aber immer noch niedriger wodurch im Innenraum trotz Sonneneinstrahlung die Temperatur +33°C nicht übersteigt.



Oktober tagsüber, Außentemperatur +8° :
Sonnenlicht kommt schräg von der Südseite, wird durch Spiegel zusätzlich verstärkt und erwärmt den Innenraum auf +24°C. Die erwärmte Innenluft zirkuliert über Röhren durch die Substratschicht innen und erwärmt diese auf +22°C. Die Temperatur des umgebenden Erdreichs liegt noch bei +16°C.

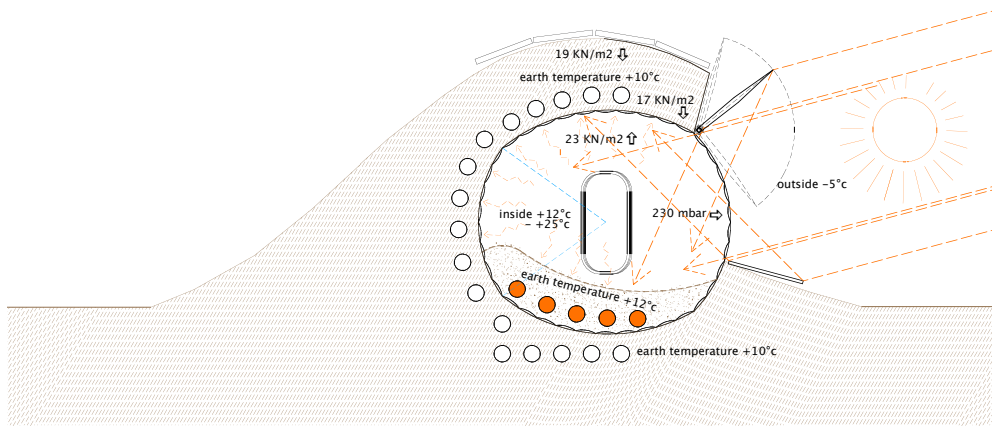


Juli nachts, Außentemperatur +14°:
Die Röhren sind verschlossen. Innentemperatur fällt auf +25°C ab.

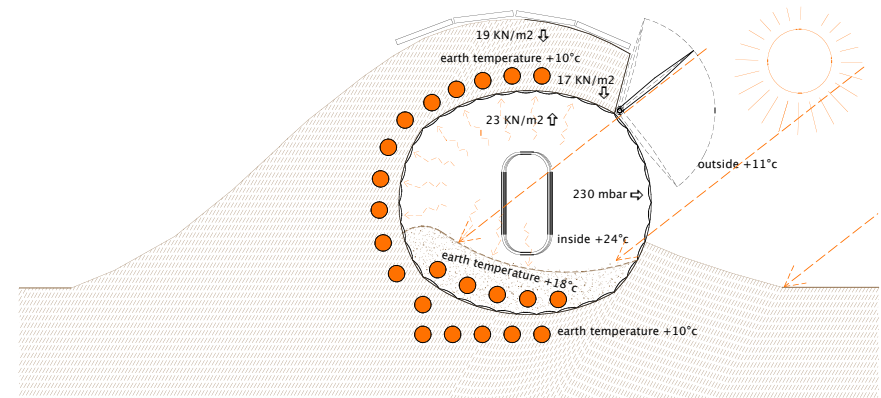


Oktober nachts, Außentemperatur +2°:
Die Röhren sind verschlossen. Innentemperatur fällt auf +14°C ab

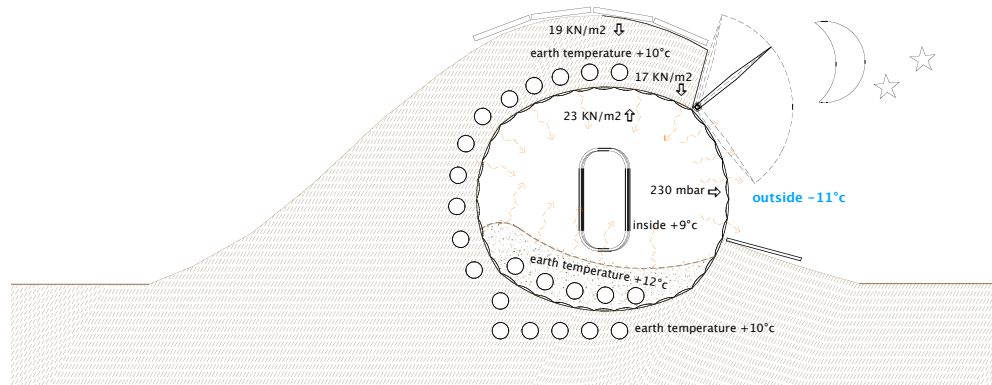
Moskau 55° Nord



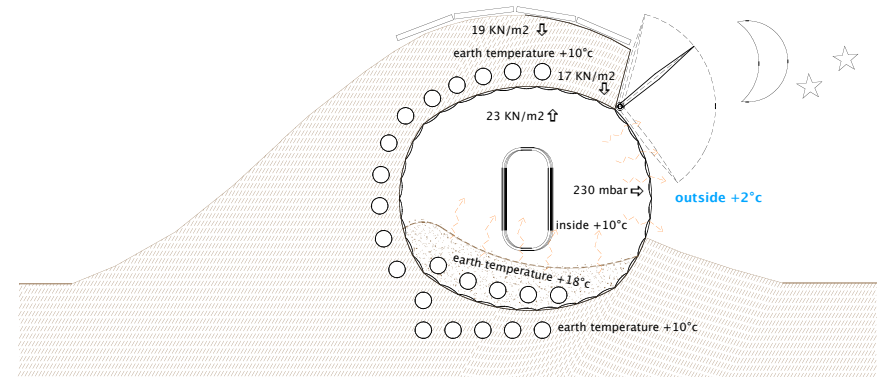
Januar tagsüber, Außentemperatur -5°:
Sonnenlicht kommt im optimalen Einfallswinkel schräg von der Südseite und wird durch Spiegel zusätzlich verstärkt und erwärmt den Innenraum auf +12°C, mit kurzzeitigen Spitzen von +24°C bei klarem Himmel. Die erwärmte Innenluft zirkuliert über Röhren durch die Substratschicht innen und erwärmt diese auf +12°C. Die Temperatur des umgebenden Erdreichs liegt noch bei +10°C.



April tagsüber, Außentemperatur +11° :
Sonnenlicht kommt ausreichend schräg von der Südseite und erwärmt den Innenraum auf +24°C. Durch das umgebende Erdreich strömt über die Rohre Luft, wodurch dieses auf +11°C wieder leicht erwärmt wird. Die erwärmte Innenluft zirkuliert über Röhren durch die Substratschicht innen und erwärmt diese auf +18°C.

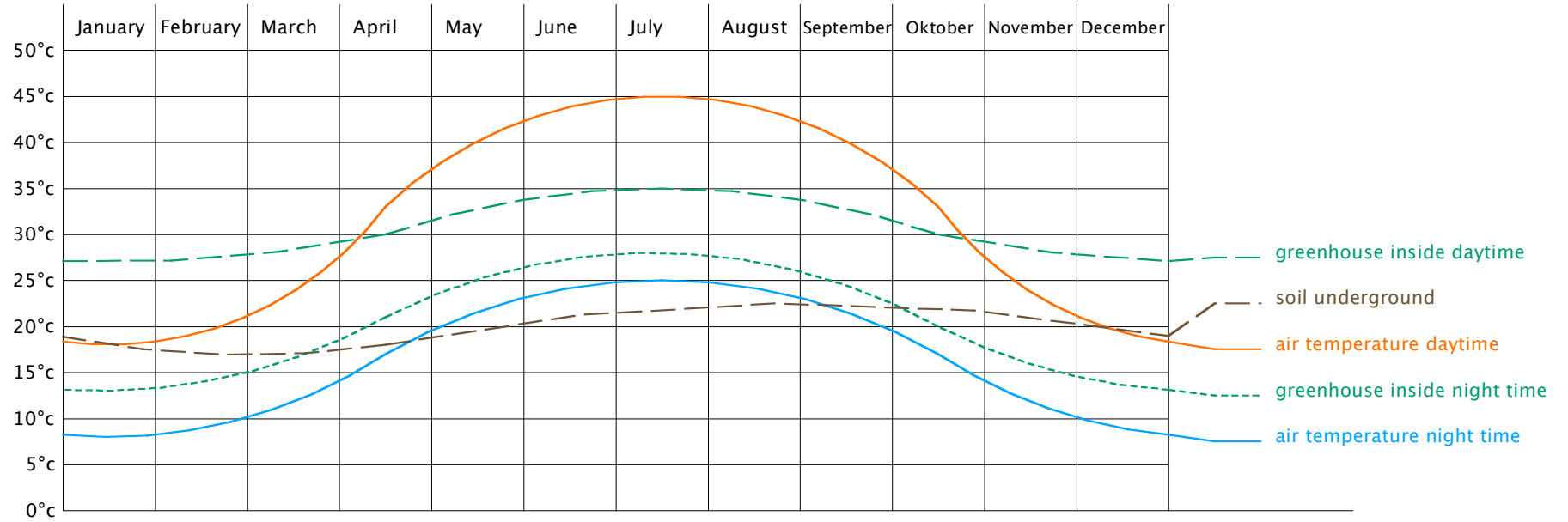


Januar nachts, Außentemperatur -11°:
Die Röhren sind verschlossen. Innentemperatur fällt auf +9°C ab.

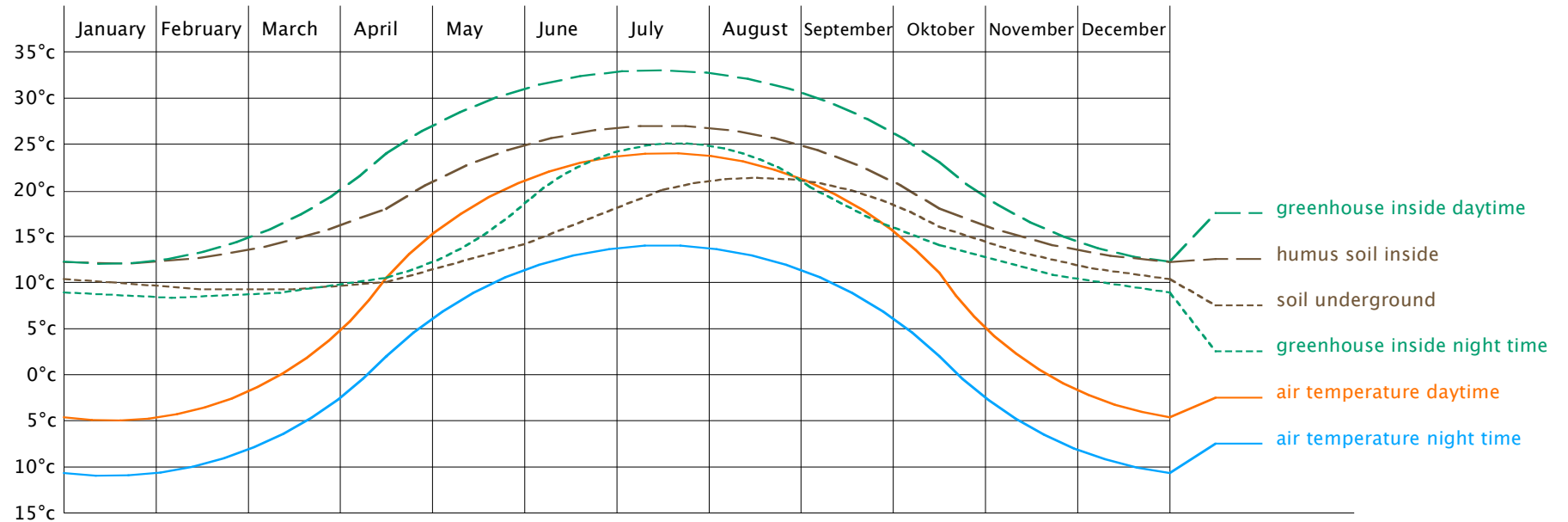


April nachts, Außentemperatur +2°:
Die Röhren sind verschlossen. Innentemperatur fällt auf +10°C ab

Jahrestemperaturdiagramm für Pneuo-Planet Gewächshaus in der Sahara 25° N

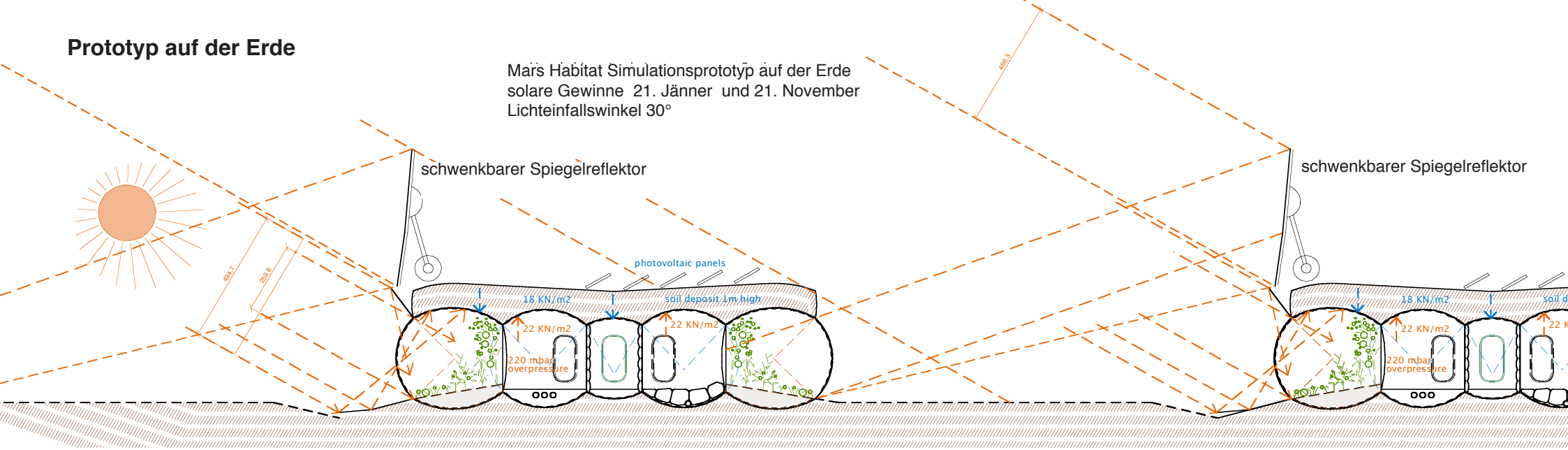


Jahrestemperaturdiagramm für Pneuo-Planet Gewächshaus bei Moskau 55° N



Prototyp auf der Erde

Mars Habitat Simulationsprototyp auf der Erde
solare Gewinne 21. Jänner und 21. November
Lichteinfallswinkel 30°

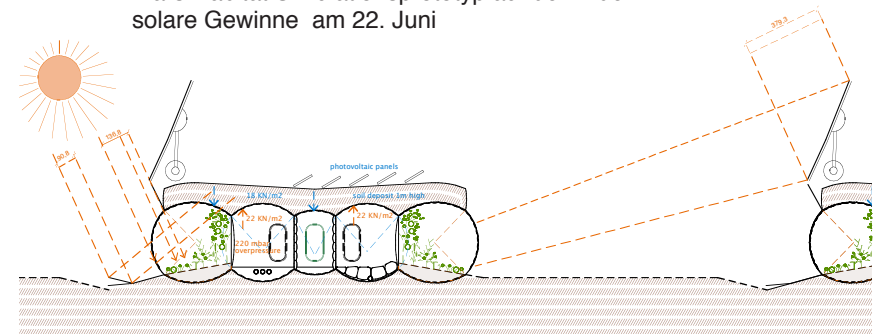


Bevor ein **PNEUMO PLANET** Habitat am Mars oder am Mond errichtet wird, sollte zuerst ein voll funktionsfähiger Prototyp auf der Erde getestet werden. Dieser muss den Bedingungen der Erde angepasst werden. Für vertikal eintreffendes Sonnenlicht wie für das Marshabitat wäre der Äquator naheliegend. Anders als auf der Erde jedoch, ist es am Marsäquator nachts so kalt wie auf der Antarktis. Auf der Antarktis wiederum gibt es viel zu wenig Sonnenlicht um die Bedingungen am Mars zu simulieren und erst recht zu wenig um ein Gewächshaus damit zu betreiben. Ein guter Kompromiss wäre ein Standort, der einerseits so kalt wie möglich ist, andererseits aber Sonnenlicht das ganze Jahr über erhält und der zudem für Besucher erreichbar ist.

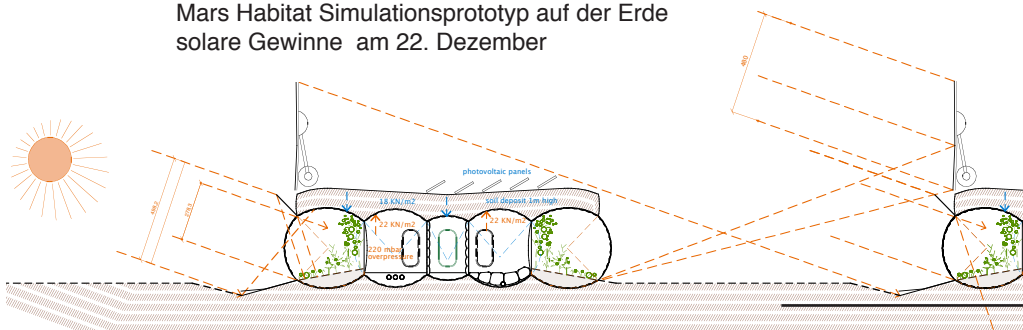
Ein Standort in den Alpen, oberhalb der Baumgrenze wäre geeignet. Das Sonnenlicht würde mit einem Winkel von, je nach Jahreszeit, 19° bis 65° direkt auf die südseitige transparente Fassade treffen, während Spiegel das Sonnenlicht auf die, ebenfalls transparente nordseitige Fassade reflektieren.

Die Deckenbeschüttung ist geringer um der stärkeren Gravitation auf der Erde Rechnung zu tragen. Die Beschüttung wird zwar nicht als Strahlenschutz benötigt, bietet aber eine gute Wärmedämmung und durch ihre Speichermasse Temperatenausgleich zwischen Tag und Nacht, sowie Sommer und Winter.

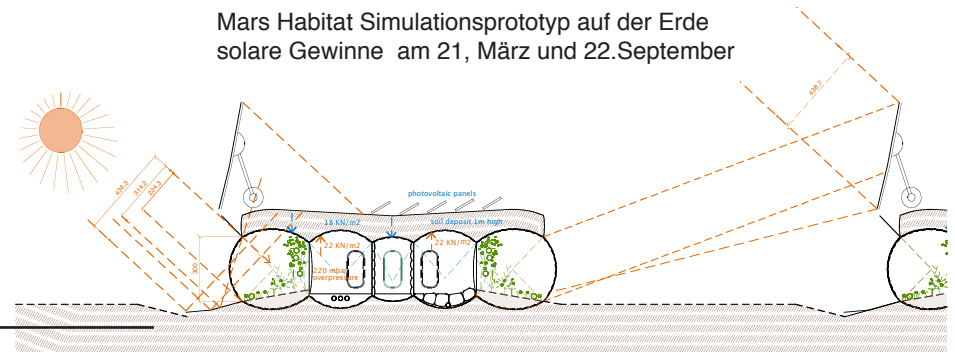
Mars Habitat Simulationsprototyp auf der Erde
solare Gewinne am 22. Juni



Mars Habitat Simulationsprototyp auf der Erde
solare Gewinne am 22. Dezember



Mars Habitat Simulationsprototyp auf der Erde
solare Gewinne am 21. März und 22. September



Alpine Mars Simulationsstation: niedrige Temperatur, niedriger Luftdruck



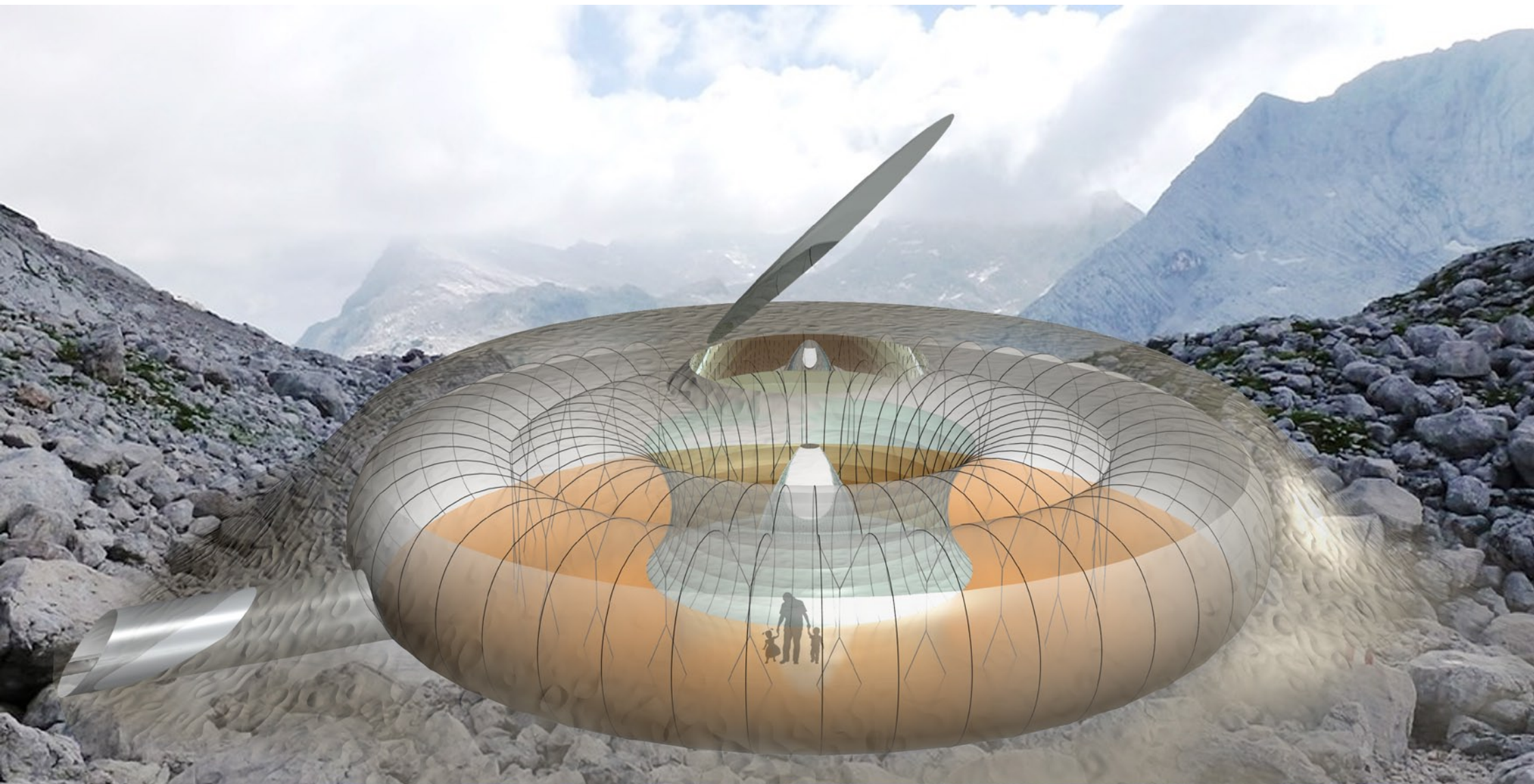
Ein pneumo planet Prototyp in den Alpen, oberhalb der Baumgrenze kann zum Simulieren einer echten Mars Mission dienen und auch als Tourismusattraktion, wenn ein Teil davon als Museum oder als "Mars Hotel" genutzt wird. Auch hier wäre eine Selbstversorgung mit Sauerstoff und Nahrung möglich, mit der Sonne als einziger Energiequelle.

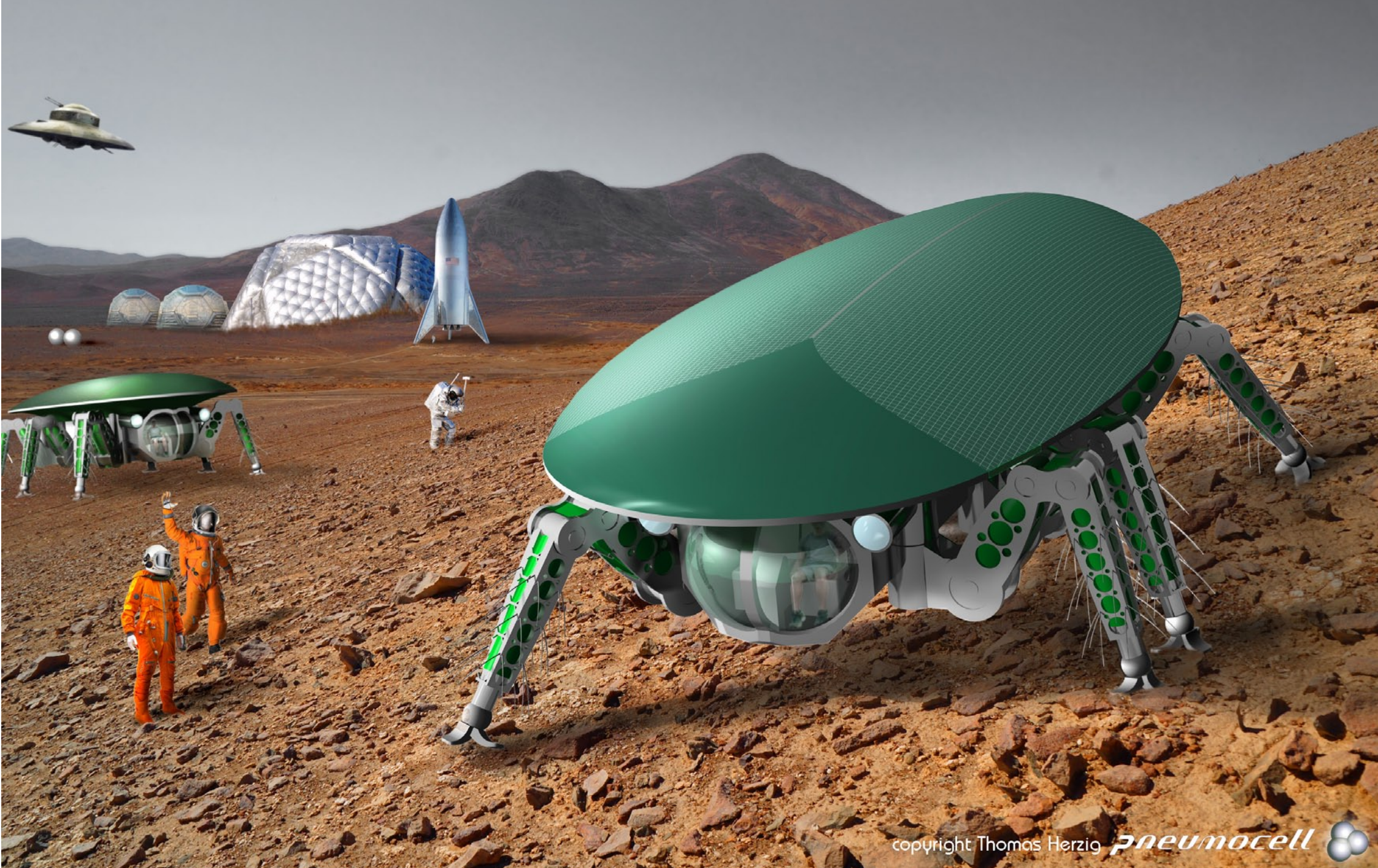


abenteuerliche Anfahrt zur alpinen Mars station via a Seilbahngondel in Form einer "Big Falcon Rocket"



Mondbasisvariante für Prototyp in Österreich adaptiert





copyright Thomas Herzig *pneumocell* 

Architekt Thomas Herzig
Weyringergasse 29/17, 1040 Wien, Tel: +43-699 11 10 12 20 info@pneumocell.com www.pneumocell.com