

K
E
B
N
E

Wellenfliegen nördlich des POLARKREISES





Wellenfliegen ABENTEUER in der LUFT



✂ Inhalt

- ✂ Hypoxie
- ✂ Dekompressionskrankheit (DCS)
- ✂ Sauerstoff Ausrüstung
- ✂ Ausrüstung
- ✂ KEBNE Wave Camp
- ✂ Anhang





✂ Atmosphäre

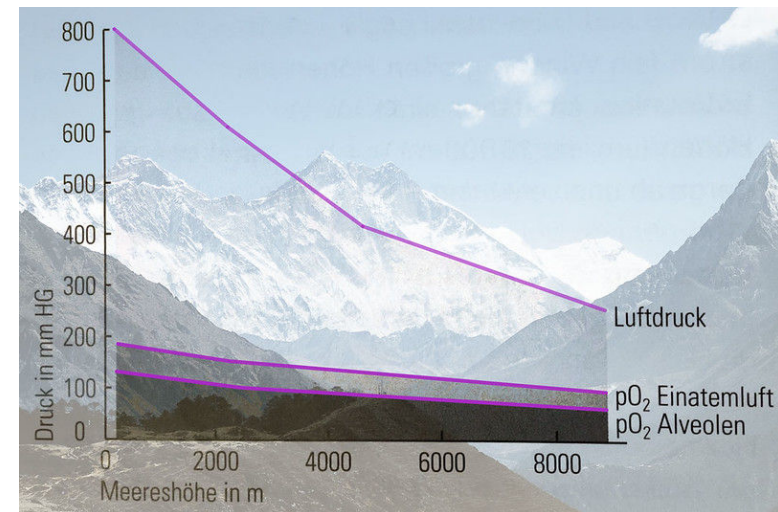
- ✂ Der Gesamtluftdruck nimmt mit zunehmender Höhe ab
- ✂ Die prozentuale Zusammensetzung bleibt gleich
- ✂ Der Partialdruck der einzelnen Gase fällt ebenfalls

✂ Was bedeutet das für den Piloten/in ?

- ✂ Die Sauerstoffsättigung des arteriellen Bluts sinkt

✂ Wie reagiert der Körper darauf?

- ✂ Durch Hyperventilation = gesteigerte Atmung
- ✂ Akklimatisation (= Zellvermehrung) wie bei den Bergsteigern nicht möglich





✂ Kleine Lungenphysiologie:

- ✂ Die treibende Kraft für den Austausch ist der Partialdruckunterschied zwischen gelösten Gasen im Blut zur Raumluft.
- ✂ Raumluft / Ausatemluft
 - ✂ 78 % Stickstoff / 78 % Stickstoff
 - ✂ 21 % Sauerstoff / ca. 17 % Sauerstoff
 - ✂ 0,03 % Kohlendioxid / ca. 5 % Kohlendioxid
 - ✂ Rest Edelgase + Wasserdampf / Rest Edelgase + Wasserdampf
- ✂ Sauerstoff diffundiert passiv entlang dem Partialdruckgradienten



Die Löslichkeit des O₂ im arteriellen Blut sinkt mit zunehmender Höhe



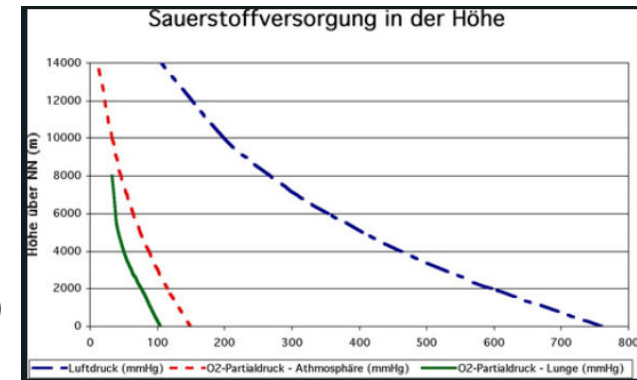
✂ Kleine Lungenphysiologie:

Luftdruck in Meereshöhe: 760 mmHg
(1013,25 mbar)

davon 21% Sauerstoffpartialdruck: 160 mmHg
(21% von 760 mmHg)

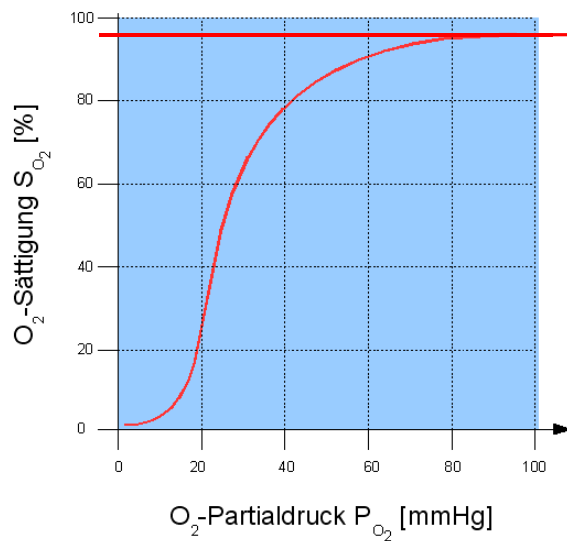
Sauerstoffpartialdruck im Lungenbläschen: 142 mmHg
(Verdünnung durch: Wasserdampf und abgeatmetes CO₂)

Sauerstoffpartialdruck im arteriellen Blut: 102 mmHg
(Diffusionsgradient: Lungenbläschen - Lungenkapillare)





✂ Sauerstoffbindungskurve im arteriellen Blut:



✂ Sauerstoffsättigung im arteriellen Blut in Meereshöhe MSL:

✂ $pO_2 \geq 102 \text{ mmHg}$

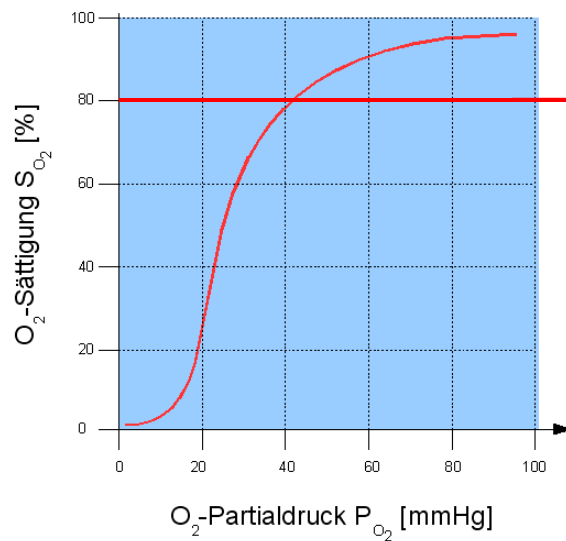
✂ $SaO_2 = > 98\%$



Volle Leistungsfähigkeit



✂ Sauerstoffbindungskurve im arteriellen Blut:



✂ Sauerstoffsättigung im arteriellen Blut 5.500 m:

✂ $pO_2 > 40$ mmHg

✂ $SaO_2 = > 80\%$

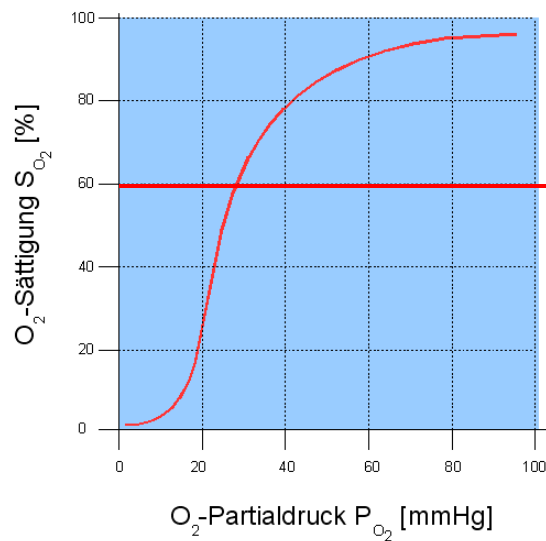


Igrendwie fühle ich mich noch gut

Lösung: Sauerstoffanteil verdoppeln: 42%!



✂ Sauerstoffbindungskurve im arteriellen Blut:



- ✂ Sauerstoffsättigung im arteriellen Blut 10.000 m:
- ✂ $pO_2 > 28 \text{ mmHg}$
- ✂ $SaO_2 \geq 60\%$

Ich glaub ich bin auf Drogen



Lösung: Sauerstoffanteil vervierfachen: 82%!



✂ Woran erkenne ich meine Hypoxie?

✂ zunächst: gar nicht!



✂ später:

Schwindel, Müdigkeit, Kopfschmerzen, Kribbeln, Benommenheit, wechselnde heiß und kalt Empfindungen, **vermindertes Farbwahrnehmung (Grauschleier)**, Tunnelblick, **Euphorie**, Kurzatmigkeit

✂ Verlust der Urteilsfähigkeit Entscheidungen werden ab $SaO_2 = 92\%$ schlechter
Gehirn fährt langsam runter“ abdriften in Handlungsunfähigkeit!



✂ Kompensationsmaßnahme: Sauerstoffpartialdruck erhöhen ->>> **Mehr Sauerstoff!**

✂ Mit einem höheren %-Anteil von O_2 in der Atem Luft bleibt der Sauerstoffpartialdruck im arteriellen Blut mit steigender Höhe im oberen Bereich der Sauerstoffbindungskurve

✂ Faustformel 1 Liter pro Minute pro 3.048 m (10.000 ft)



Höhe		TUC	Hypoxiegrad	SaO ₂	Symptome	
0-5.000 ft	0-1.823 m		indifferent	90-80 %	✗ Abnahme der Nachtsehtauglichkeit	
5.000-10.000 ft	1.823-3.647 m		kompensierbar	80-90 %	✗ Schläfrigkeit ✗ Urteilsschwäche ✗ Verschlechterte Koordination ✗ Verringerte Leistungsfähigkeit	
10.000-15.000 ft	3.647-5.470	FL 150				> 30 min.
15.000-20.000 ft	5.470-7.293 m	FL 180	20 – 30 min.	Nicht voll kompensierbar	70-80 %	✗ Verschlechterte Flugkontrolle ✗ Verschlechterte Handschrift ✗ Verschlechtertes Sprechvermögen ✗ Verminderte Koordination
20.000-25.000 ft	7.293-9.117 m	FL 220	5-10 min.	kritisch	60-70 %	✗ Kreislaufversagen ✗ Versagen der ZNS ✗ Krämpfe ✗ Kardiovaskulärer Kollaps
		FL 250	3-6 min.			
30.000 ft	9.144 m	FL 300	1-3 min.			
35.000 ft	10.668 m	FL 350	30-60 sec.			



✘ Falsche oder gar keine Kompensation kann tödlich enden

- ✘ Tschechien Wellenfluglager
- ✘ Pilot tödlich verunglückt nach 5 h
- ✘ Pilot tödlich verunglückt nach 2 h 9 min. aus 6.750 m

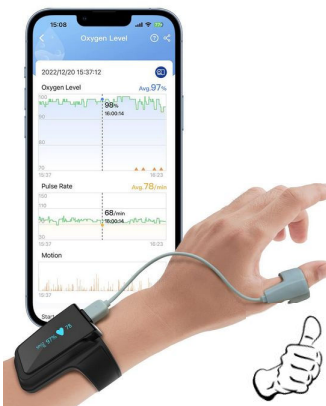




- ✘ **Kann ich Hypoxie/Sauerstoffsättigung messen? Antwort: ja**
- ✘ Die Messung der Sauerstoffsättigung über ein Pulsoximeter ist ein wichtiger Indikator (Trend), um eine Störung der Sauerstoffversorgung festzustellen, bevor an einem selbst die Mangelsymptome erkennbar werden.
- ✘ Ein weiterer Indikator wär ein erhöhter Puls („normal“ Kompensationsreaktion des Körpers)
- ✘ Welches Typs von Pulsoximeter ist geeignet unter den widrigen Bedingungen beim Wellenfliegen noch Brauchbare Werte zu liefern?
- ✘ Welches Gerät reduziert meine Aufmerksamkeit nicht unnötig?



- ✗ Finger Puls Oximeter
- ✗ Ablesbarkeit bei Sonnenlicht?
- ✗ Tragbar mit Handschuhen?
- ✗ Kosten 39 €



- ✗ Handgelenks Puls Oximeter mit Fingersensor von Viatom
- ✗ Vibrationsalarm
- ✗ Ablesbarkeit bei Sonnenlicht
- ✗ Kosten 179 €



- ✗ Stirn Sensor Illyrian II von AITHRE
- ✗ Kaum Bewegungsartefakte
- ✗ Vibrationsalarm
- ✗ Kosten 199 €





✂ **Was hat der sinkende Atmosphärendruck noch zur Folge?**

- ✂ Die gelösten Gase, z.B. Stickstoff in der Gewebeflüssigkeit, können bei schneller Druckreduzierung nicht mehr über die Lunge hinreichend abgeatmet werden die Folge: Bildung von Gasblasen im Gewebe und Blut -> [Dekompressionskrankheit](#) (DCS)

✂ **Welche Symptome treten auf**

- ✂ Gelenkschmerzen: meist in Schulter- und Kniegelenke
- ✂ Haut: Schwellung, Juckreiz, Marmorierung der Haut
- ✂ Lunge: Stickstoffembolie im Lungengefäßnetz
- ✂ Zentrales Nervensystem: Bewusstseins-, Seh- und Koordinationsstörungen
- ✂ Innenohr: Übelkeit, Schwindel, Tinnitus

✂ **Höheres Risiko für DCS beim Wellenfliegen**

- ✂ Schneller Aufstieg in extreme Höhen > 5.000 m
- ✂ Mit der Verweildauer in extremer Höhe, z.B. bei 6.400 m mit einer Verweildauer über 120 min. erhöhtes Risiko
- ✂ Die Symptome können Tage später auftreten



- ✘ Welcher Sauerstoff ist eigentlich der richtige, der Technische-, Medizinische- oder Höhenatem-Sauerstoff?
 - ✘ Der **Sauerstoff ist der gleiche!** die Frage ist, welche Verunreinigungen in welcher Menge in dem Behältnis noch anzutreffen sind!
- ✘ Was ist medizinischer Sauerstoff und ist der angefeuchtet?
 - ✘ Der **med. Sauerstoff ist nicht angefeuchtet**, H₂O hat in einer Stahl-, Alu-, oder Faserverbundflasche nichts zu suchen. Die Folgen wär u.a. Korrosion und einfrieren des Druckminderer!
 - ✘ Der med. Sauerstoff wird vor Auslieferung auf Verunreinigungen, gemäß Europäischem Arzneibuch hin untersucht und hat ein Verfallsdatum.



✂ Lieferbare Reinheit von Sauerstoffabfüllungen Lindegas, Praxair, Air Liquide ...

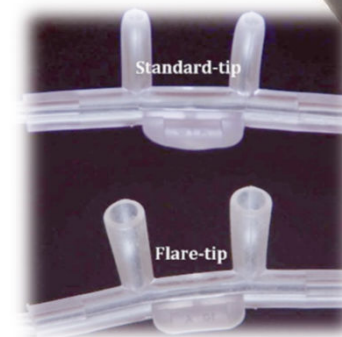
Bezeichnung	O ₂ [Vol.-%]	N ₂ +Edelgase [ppm]	CH _x [ppm]	CO+CO ₂ [ppm]	H ₂ O [ppm]
Technischer -					
Sauerstoff 2.5	≥ 99,5	-	-	-	-
Sauerstoff 3.5	≥ 99,95	-	< 1	< 5	< 5
Sauerstoff 4.5	≥ 99,995	< 40	< 0,5	< 0,5	< 5
Sauerstoff 4.8	≥ 99,998	< 15	< 0,5	< 0,5	< 3
Sauerstoff 5.0	≥ 99,999	< 7	< 0,2	< 0,2	< 2
Sauerstoff 6.0	≥ 99,9999	< 0,5	< 0,1	< 0,1	< 0,5
Medizinischer -					
Sauerstoff 2.5 1)	≥ 99,5	< 2	< 30	< 10	< 6,6
Höhenatmungssauerstoff	≥ 99,5	< 2	< 40	< 10	< 6

1) Luftbestandteile und Nebenbestandteile in Übereinstimmung mit den Anforderungen nach dem Europäischen Arzneibuch



✂ **MH** Oxygen Puls-Demand oxygen system

- ✂ EDS für 2 oder 1 Personen, automatische Anpassung des Sauerstoffflusses an verschiedene Flughöhen, spart bis zu 8mal mehr Sauerstoff wie herkömmliche Durchflussgeräte, ...
- ✂ Das EDS so anbringen das die akustischen und optischen Signale wahrnehmbar sind
- ✂ Ersatzbatterien zugänglich und warm aufbewahren
- ✂ **Nasenkanüle** bis 5.486 m (18.000 ft),
- ✂ Darüber **Maske** bis 7.620 m(25.000 ft)





✂ OXYTRON 3 von WEINMANN

- ✂ Beim Einatmen wird über die Nasenkanüle einen leichten Unterdruck am Regler erzeugt. Der OXYTRON Regler löst darauf ein Steuerimpuls aus.
- ✂ 7 Stufen 1/2/3/4/5/6 L/min. und Dauerstrom
- ✂ Manuel nachregeln über die Höhe
- ✂ **Faustformel 1 Liter pro Minute pro 3.048 m (10.000 ft)**
- ✂ **Nasenkanüle** bis 5.486 m (18.000 ft),
- ✂ Darüber **Maske** bis 7.620 m(25.000 ft)





- ✧ Höhenatmer HLa 758
 - ✧ Temperaturbereich -50°C bis 70°C
 - ✧ Betriebsdruck von 200 bar bis 20 bar
 - ✧ Max. Einsatzhöhe bis 10.000 m
- ✧ Mischungsverhältnis bei 15 L/min. Entnahme
 - ✧ 4.000 m ca. 35% O₂
 - ✧ 6.000 m ca. 50% O₂
 - ✧ 8.000 m ca. 80 % O₂
 - ✧ 9.000 m 100% O₂
 - ✧ Faustregel ca. 1 Liter Flaschenvolumen pro Stunde
- ✧ Service bei BE Aerospace Systems GmbH in Lübeck





- ✂ **Not-Sauerstoff** : soll Volumen **2-4l /min.** bis 10.000 m, bei Störung der Hauptsauerstoffanlage muss der Not-Sauerstoff unmittelbar zur Verfügung stehen!
- ✂ **Dauerströmer**: z.B. XCR 180 von [Mountain High](#) für 312 \$ mit Aluf flasche, Druckmindere, MH-4 (FL250) und Ein/Aus Schalter. Über Gurt direkt am Arm fixierbar und somit in unmittelbarer Reichweite im Notfall.





✂ Not-Sauerstoff

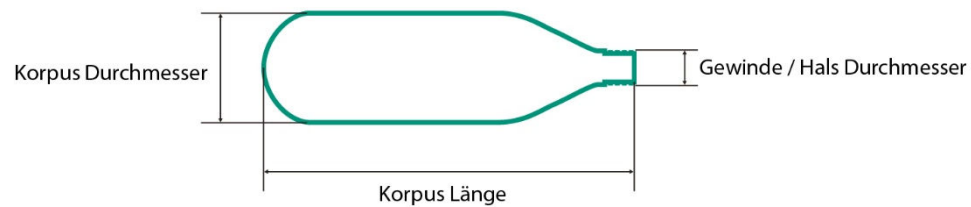
- ✂ Flasche 0,3 Liter mit 200 bar und 60 Gas Liter mit Durchgangsventil,
- ✂ Druckminderer mit mindestens 2 Liter pro Minute, MEDISELECT II 25 02D KL
- ✂ Alternative 4 Liter pro Minute, WEINMANN OXYWAY Fix I
- ✂ 30 Minuten Reserve bei 2 Liter pro Minute
- ✂ Durchfluss Indikator von AEROX





✂ Not-Sauerstoff

- ✂ Flasche 98 mL mit 180 bar und 19,5 Gas Liter, \varnothing 40 mm, L: 145 mm, Gewinde 5/8-18 UNF
- ✂ Druckminderer mit max. 2 Liter pro Minute
- ✂ 9 Minuten Reserve bei 2 Liter pro Minute
- ✂ Lieferant NTG-Europe – Aktuell nicht lieferbar





✂ Notfallausrüstung am Mann:

- ✂ Signalfolge (1x1 m orange/magenta)
- ✂ Signalfackel
- ✂ Signallaser (32 km Reichweite)
- ✂ Taschenlampe (LED Lenser P7)
- ✂ Handsäge von Fiskars
- ✂ Trillerpfeife Tornado 2000 (122 dB)
- ✂ Rettungsdecke
- ✂ Bivatorak aus GoreTex von Hilleberg
- ✂ Kleinteile (Signalspiegel, Taschenmesser, Süßes, ...)

Fallschirm-
raketen sind
besser

Sachkunde-
nachweis
„PyroSchein“





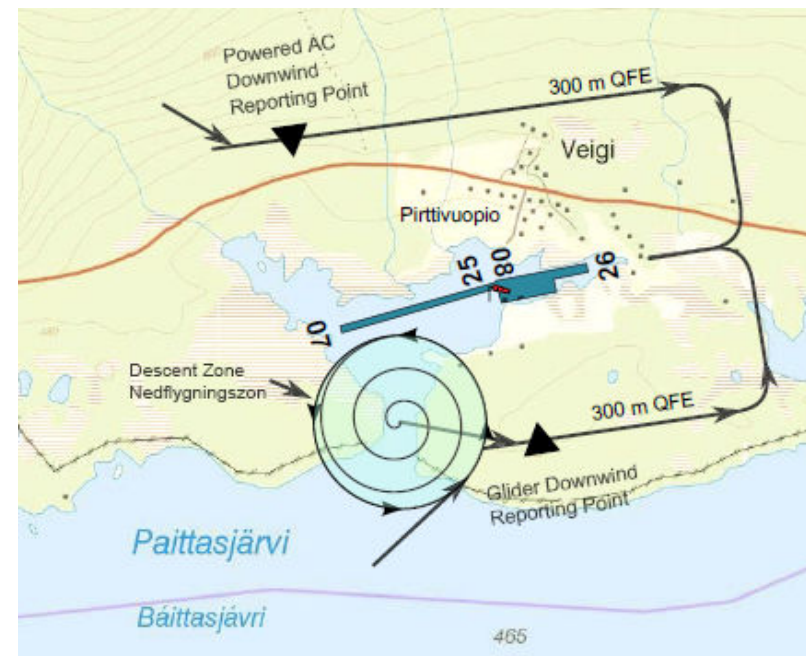
- ✂ **Achtung:** Haube vereist von innen, Sichtbehinderung
- ✂ **Lösung:** Lexan-Polycarbonat-Folie Typ 8010-MC innen befestigen
- ✂ Doppelseitiges transparentes Klebeband Typ 3M VHB 4918 F
- ✂ Lösungsmittelfreie Klebmasse achten, sonst können Mikrorisse in der Haube entstehen!





✂ Eisflugplatz

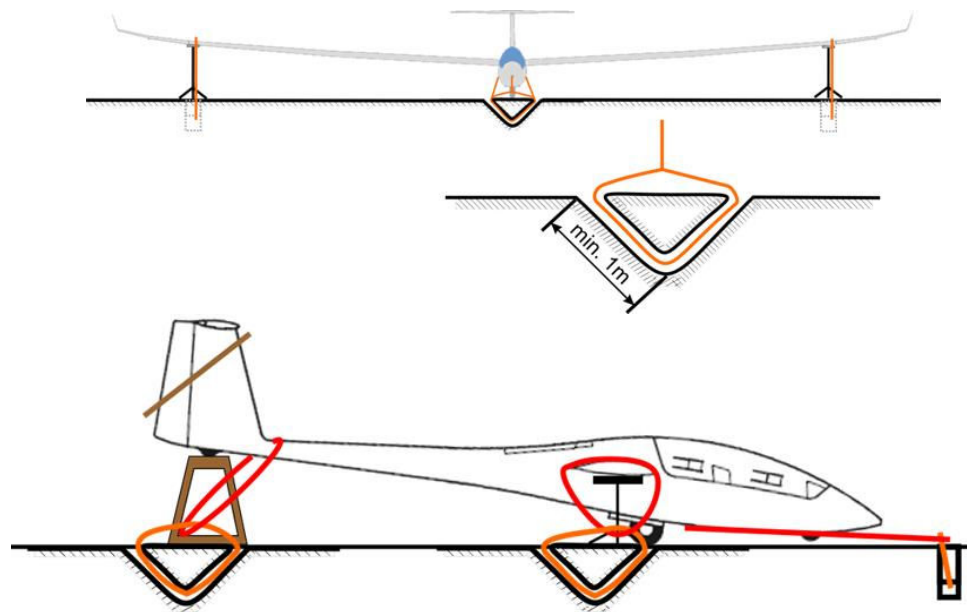
- ✂ Bahn 07/25, 1100x30 m
- ✂ Bahn 08/26, 600x40 m
- ✂ Platzhöhe 465 m, 1525 ft
- ✂ NIKKA RADIO 123,500
- ✂ Koordinate:
67° 52.043' N, 19° 13.156 E
- ✂ Flugplan aufgaben, 30 min. vor Ende bei Bedarf verlängern
- ✂ Abstiegszone linksrum, Einflug mit Höhenangaben





✂ Flugzeugabsicherung auf dem Eis







✂ Wenn's mal doof kommt, oder



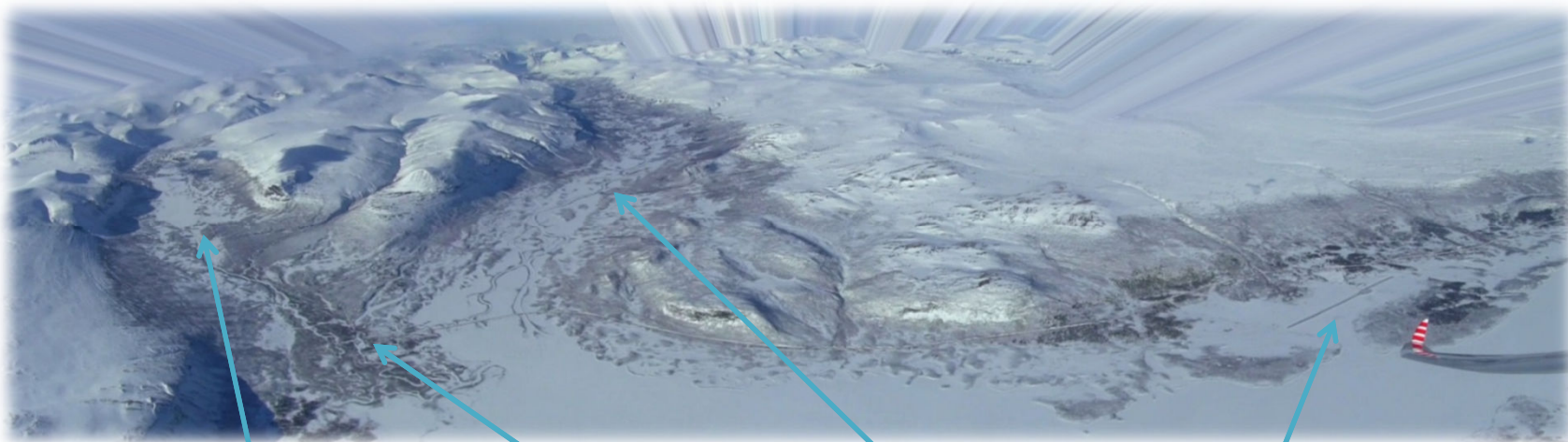
vom Winde verweht



und Endstation Paittasjärvi



✈ Wellensektor



Laddjuvaggig

Nikkaluokta

Vistasvaggi

Eisflugplatz



KEBNE Wave Camp



Ankunft am Eisflugplatz



Unser Feldlager für 2 Wochen



Nach der langen Fahrt



Erster Flugtag einfach schön



Über Nacht hat es geschneit,
das will auch beseitigt werden



Auch die Start- und Landebahn









Fred Eilers mit seiner Cessna





Tür-Thermometer, Eisansatz -30 °C



Feuchte kommt rein, Schneefall
im unteren Level, Aufpassen!



Blick Richtung Westen





Start auf der Eis-Piste

Ausblick aus 4.000 m





Sonnenuntergang mit Auroa Boralis





08.02.2025

Treffen Schwerewelle 2025

41



08.02.2025

Treffen Schwerewelle 2025

42

Wellenfliegen nördlich des POLARKREISES

- ✂ Weitere Infos im Anhang
- ✂ Nächstes **KEBNE** Wellenfluglager
5 bis 20, April 2025

<https://sfk-kiruna.se/the-wave-soaring-camp/>



- ✂ Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit



08.02.2025

Treffen Schwerewelle 2025

43



- ✘ Sauerstoffflasche, DIN-477 Anschluss
 - ✘ Stahlflasche, Prüfung alle 10 Jahre
 - ✘ Aluf flasche, Prüfung alle 10 Jahre
 - ✘ Verbundflasche, Prüfung alle 3 Jahre
- ✘ Spezialgleitmittel für Sauerstoffarmaturen, Gleitmo BAM geprüft
- ✘ O₂-Armaturen Sauber und Fettfrei
- ✘ O₂-Flaschen langsam öffnen und befüllen (Druckstoß, Erwärmung)!
- ✘ Druckminderer, XCR-DIN-G DIN-477#9
- ✘ T-Stück für Backup Betrieb
- ✘ Flaschenadapter Schweden SMS 690, W21.8x1/14"
- ✘ Flaschenadapter Tschechien SMS 690, W21.7x114"
- ✘ Restdruckadapter zur Überbrückung des Restdruckventils



XCR DIN-477



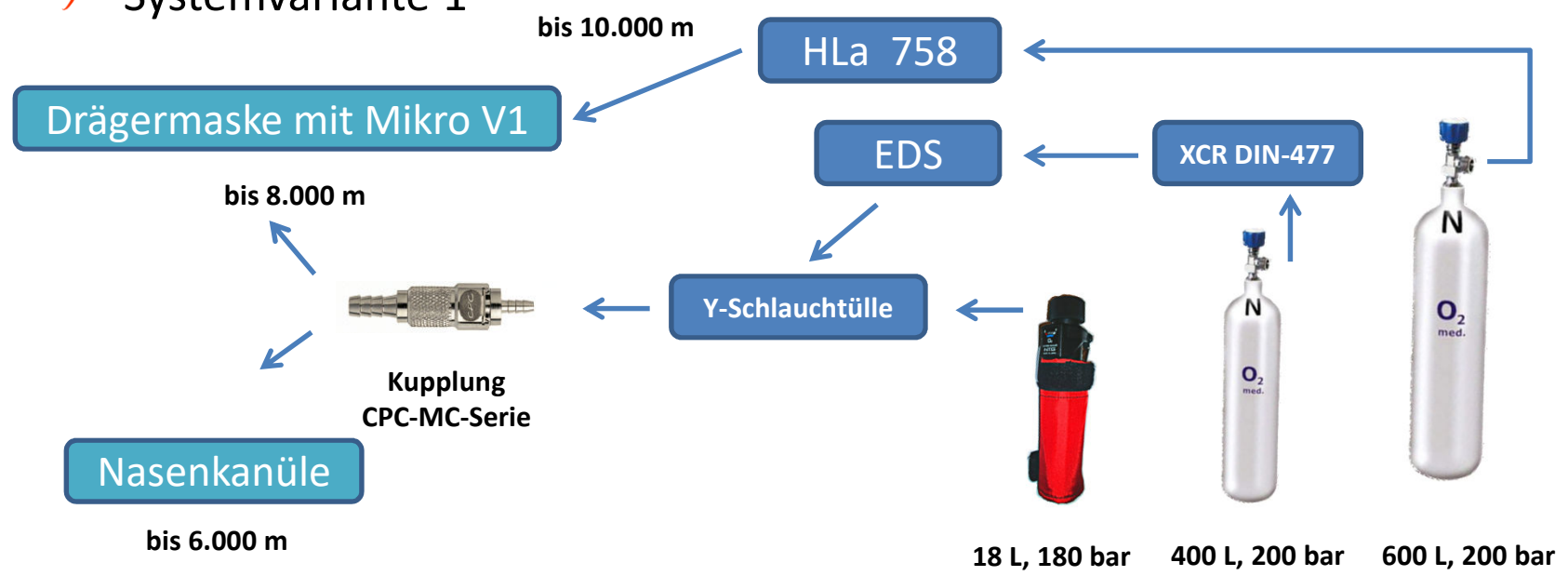
T-Stück



600 L, 200 bar

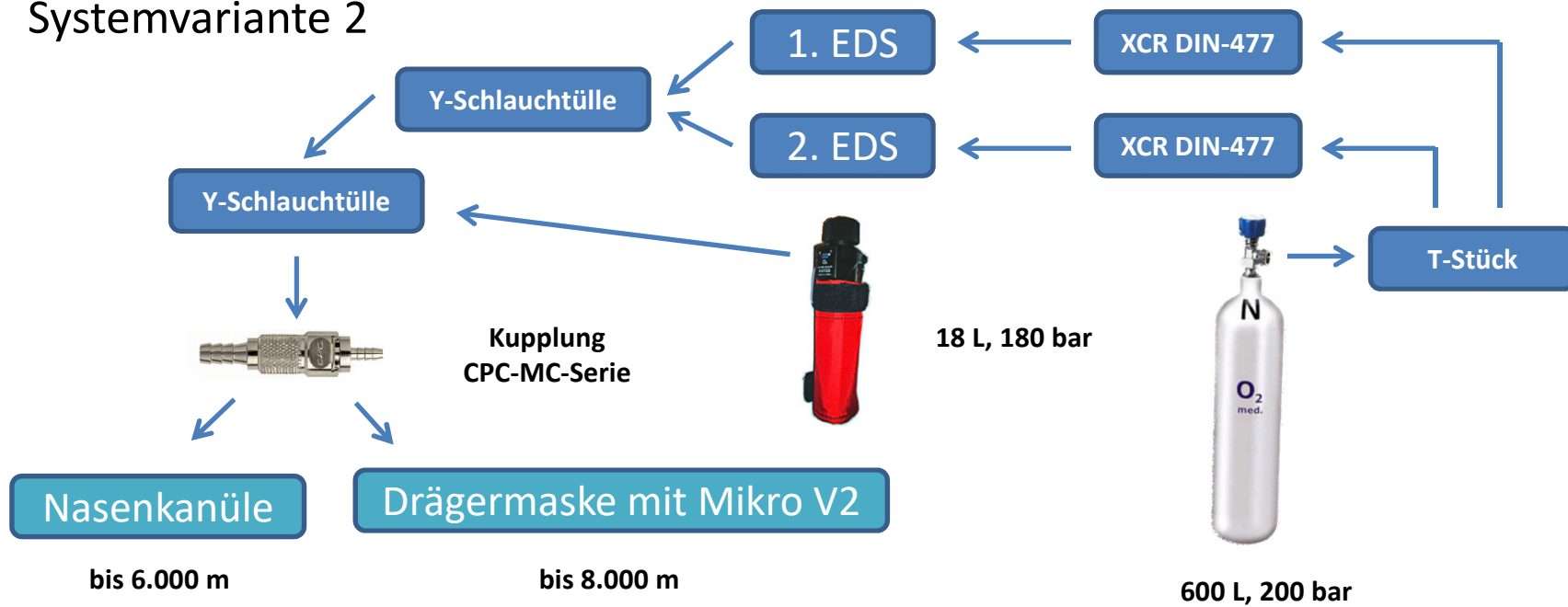


✈ Systemvariante 1



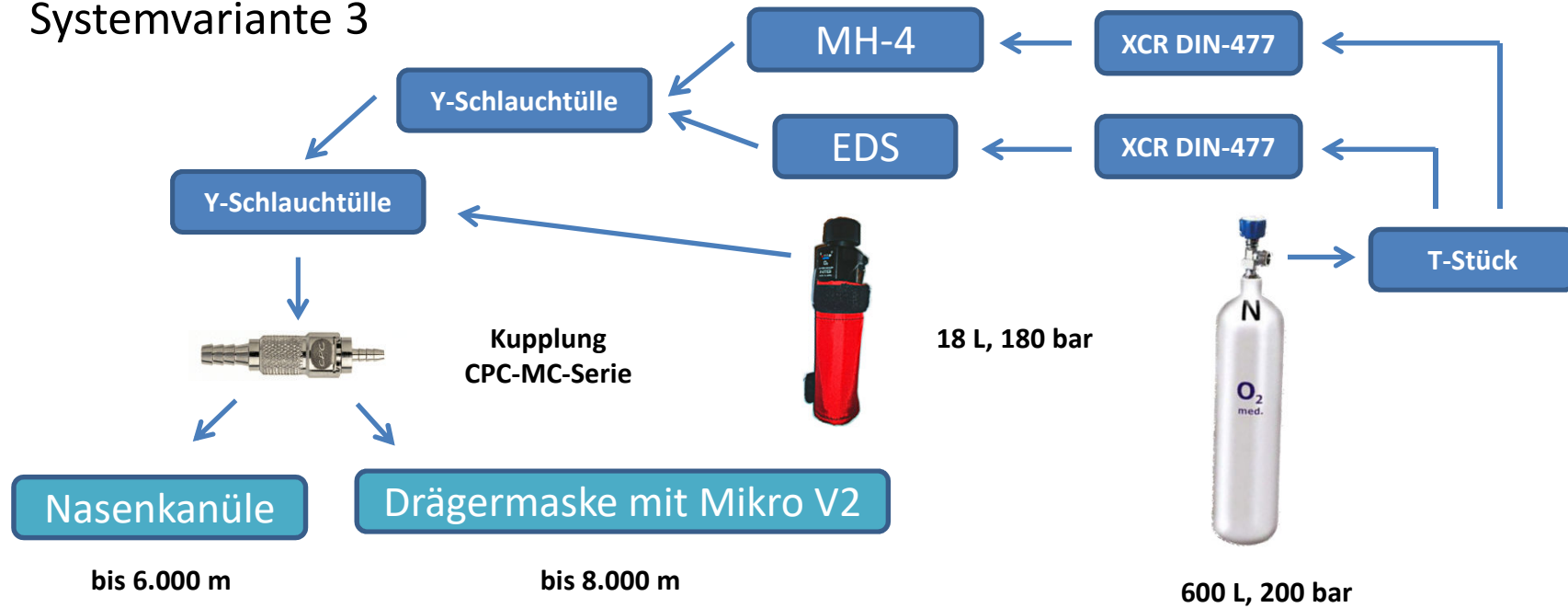


✈ Systemvariante 2



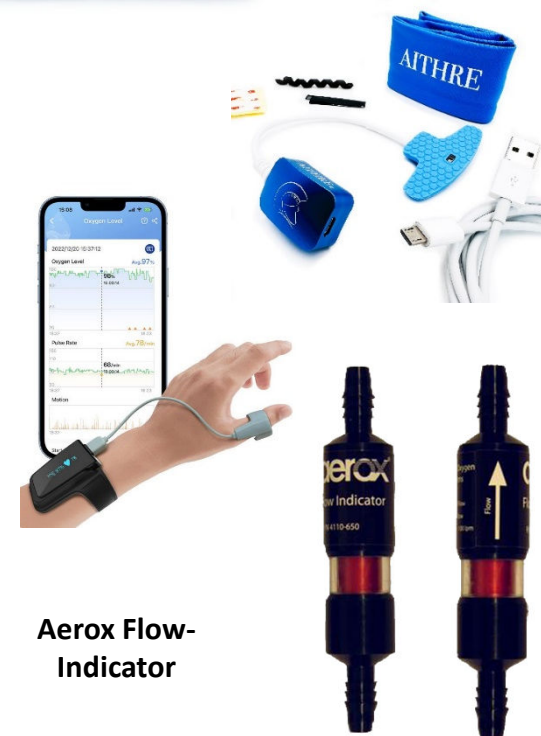


✈ Systemvariante 3





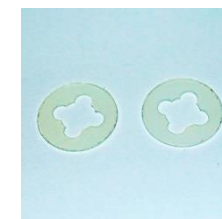
Art.Nr.	Bezeichnung	Preis	Lieferant
521005	Hochdruckgleitmittel O ₂	40 €	Dive-Nautec
OT-SMC048491	M-5ALU-6	3,51 €	Landefeld
OT-SMC048501	SMC Dichtring	0,16 €	Landefeld
SV 50 MSV	Schottverschraubung M5-G 1/8"	3,02 €	Landefeld
PD-30096	Checkme™ O2 - Handgelenk Pulsoximeter mit SpO2- Vibrations-Sensor	179 €	Viatom O2-pulsoximeter
AISOAHII02	Illyrian II Haptic Safety Wearable	195 \$	illyrian-ii
00XCR-1032	XCR Breathing Stations	312 \$	XCR
4110-650	Aerox Flow Indicator	79 \$	aerox



Aerox Flow-Indicator



Art.Nr.	Bezeichnung	Preis	Lieferant
1575	OXYfit 18	169,90 €	Sanismart
-	Fallschirm OXYfit-Halter	25 €	Heinrich Mertens
32204	Drägermaske (EDS)	185 €	Friebe
32216	MH Alps (EDS)	575 €	Friebe
9589	T- Doppelnippel	29,99 €	Gase-Dopp
10371	Schnellverschluss-Stecker	13 €	rct-online
10343	Schnellverschluss-Kupplung	32 €	rct-online
29260	Mini-Y-Schlauchtülle	57 €	rct-online
306668	Unverlierbarkeitsscheibe	18 €	rct-online

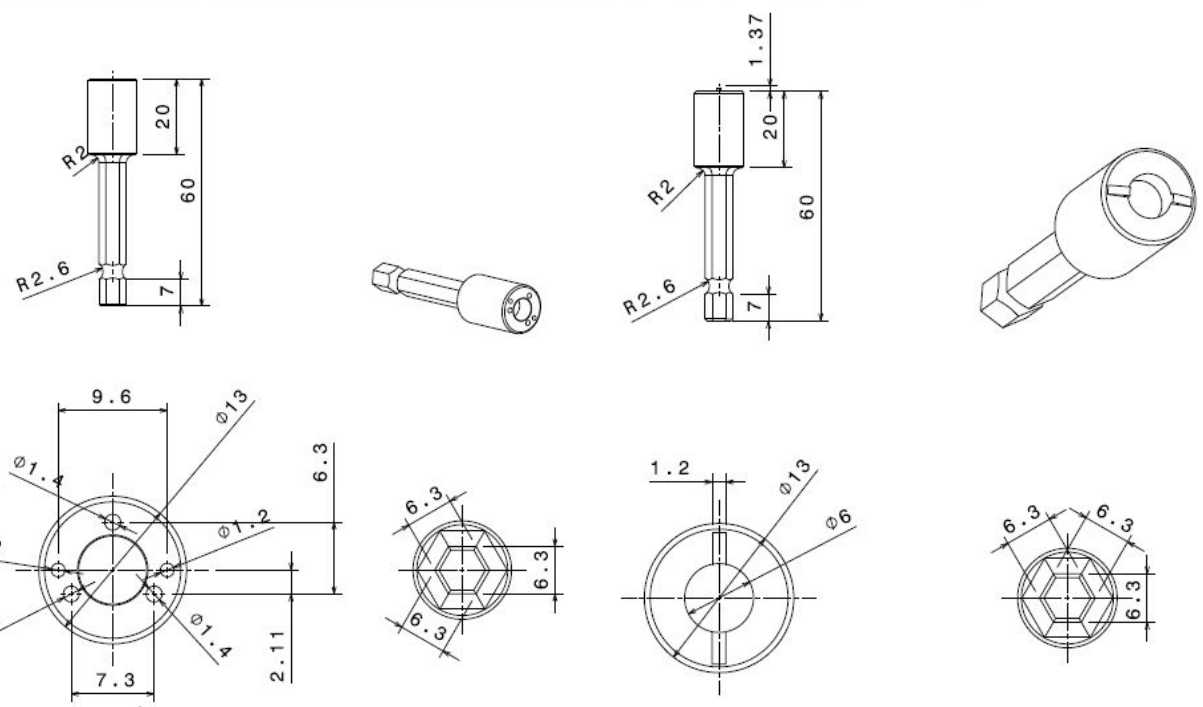




O₂ Ausrüstung



Restdruckventil-Schlüssel





Art.Nr.	Bezeichnung	Preis	Lieferant
5507-0050-00	Plexiglas farblos Typ 99524, beidseitig hoch glänzend mit Schutzfolie 0,5 +/- 0,05 mm, Rollenbreite 1270 mm	~ 20 €/ LFM	Firma Schlösser GmbH
990379	3M VHB Klebeband 4918 F, Transparent, 6 mm x 16,5 m, 2 mm	12 Stk. 262,18 € VE	https://www.klebebaender.de
	Erste-Hilfetasche für Fallschirm	ca. 70 €	Heinrich Mertens





- ✂ Sichere Knotentechnik zum Befestigen des Segelflugzeugs
- ✂ Spierenstich zum Verbinden von Seilenden mit gleichem Durchmesser
- ✂ Die herauslaufenden Seilenden sollten auch hier das 12-fache des Seildurchmessers, mindestens jedoch 10 cm, nicht unterschreiten.



Einfacher Spierenstich



Doppelter Spierenstich



✂ Bekleidung

- ✂ Produkte der Firma Woolpower sind sehr empfehlenswert





✂ Bekleidung

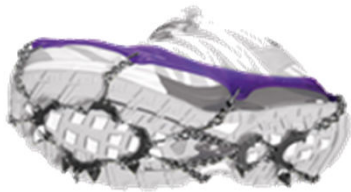
- ✂ ECIG 3.0 Jacket Black Edition, Carinthia HIG 3-0 Jacket und Carinthia HIG 3-0 Trouser, sehr warm, robust und Funktionell
- ✂ Fellmütze, Fäustlinge & Ski-Brille





✂ Bekleidung

✂ Was für den richtigen Halt und warme Füße



Kamik-Icers



Tretorn-Gummistiefel
WINGS-NEO
neoprengefüettert



Skyboots