

# Helikopter-gebundene Highline Rettung

## Table of Contents

<b>1. Problemstellung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Angenommener Rettungsablauf.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Gewöhnlicher Aufbau einer Highline .....</b>	<b>2</b>
<b>4. Funktionsanalyse, Fehlerfälle und risikomindernde Maßnahmen für ein sicheres Übungsszenario .....</b>	<b>3</b>
Phase 1: Anflug und Positionierung.....	4
Phase 2: Einhängen des Patienten.....	8
Phase 3: Anheben zur Entlastung der Highline .....	13
Phase 4: Schnitt der Leash .....	17
Phase 5: Abtransport .....	21
<b>5. Resultierender Aufbau der Highline .....</b>	<b>21</b>
<b>6. Resultierender Ablauf der Rettung im Übungsszenario .....</b>	<b>22</b>

## 1. Problemstellung

Die Rettung von einer Highline ist ähnlich der Rettung von gestürzten Kletterern technisch sehr aufwändig. Gleichzeitig ist aufgrund des aus einer Verletzung resultierenden Hängens im Klettergurt Eile geboten (Hängetrauma). Im Allgemeinen sind Highlines an freistehenden, hohen Ankerpunkten die oft nur durch Klettern oder Abseilen zu erreichen sind. Dadurch ergibt sich selbst nach einer terrestrischen Rettung des Patienten zu einem der Ankerpunkte der Highline die Problematik, dass eine weitere terrestrische Rettung langwierig und kompliziert ist.

Diese Problematik der terrestrischen Rettung wird mit steigender Länge der Highline noch verschärft. Ausgehend von einer unbelastet horizontalen Line ergibt sich durch Materialdehnung und Patientengewicht ein steiler Winkel zu den Ankern hin (Je länger die Line desto mehr längt sich das Material insgesamt). Diesen Winkel entlang muss der Patient zum Anker hochgezogen werden.

Diese Überlegungen führten zu dem Anregen des Gespräches mit Heli Austria (Ansprechpartner: Gabriel Falkner) über die Möglichkeit einer direkten, luftgebundenen Rettung aus Highlines. Eine diesbezügliche Recherche ergab, dass die Thematik noch sehr unerforscht ist.

Dieses Dokument beschreibt die Überlegungen von Aaron Benkert, Lukas Irmner und Jakob Bludau zu der Problematik aus Sicht der Highline als System aus dem gerettet wird. Dafür wurden die einzelnen Phasen eines angenommenen Rettungsablaufes (Kap. 2) zusammen mit dem gewöhnlichen Aufbau einer Highline (Kap. 3) einer Fehleranalyse (Kap. 4) unterzogen. Für die dadurch entdeckten Fehlerfälle wurden verschiedene risikominimierende Maßnahmen definiert (Kap. 4). Abschließend beschreiben Kap. 5 den vorgeschlagenen Aufbau der Highline und den detaillierten Ablauf incl. Persönlicher Schutz Ausrüstung (Kap. 6) für ein Übungsszenario. Der Fokus gilt primär der Sicherheit aller Beteiligten.

## 2. Angenommener Rettungsablauf

In diesem Dokument wird von einem Rettungsablauf ähnlich der Kappbergung von Kletterern ausgegangen. Die Phasen wurden dabei vornehmlich durch den lasttragenden Pfad definiert. Die Phasen werden im Folgenden durch die unterstrichenen Phrasen abgekürzt.

1. Anflug und Positionierung Helikopter mit Flugretter und Kappschlinge über Patienten auf freier Talseite am variablen Tau
2. Abseilen des Flugretters und Einhängen des Patienten in Kappschlinge
3. Anheben durch Helikopter bis die Highline entlastet ist (Lastübertrag). Gleichzeitig einweisen des Hubschraubers für einen Abstand zwischen Tau und Highline von ca. 1m für Übersichtlichkeit.
4. Schnitt der Leash (Verbindung Klettergurt zur Highline) und Sicherstellen keiner weiteren Verbindung zu Highline
5. Abtransport in Richtung freier Talseite

Mit Beginn von Phase 2 bis Ende Phase 4 ist der Helikopter über die Kappschlinge, den Gurt des Patienten und die Verbindung mit der Highline (Leash) mit dem Anker verbunden und damit gefesselt. Durch die Materialdehnung erlaubt die Highline eine gewisse Bewegungsfreiheit in allen Richtungen.

Der lasttragende Pfad ist in Phase 1 und 2 für Flugretter und Patienten noch vollständig getrennt, Patient und Retter haben eigene Lastpfade. In der Phase 3 findet der langsame Lastübertrag des Patientengewichtes in das Helikoptertau statt. Der Lastübertrag ist abgeschlossen, wenn die Highline nahezu lastfrei ist (erkennbar an fehlendem Durchhang und Bewegungsfreiheit des Verbindungspunktes (Leashring) der Leash mit der Highline). Nach dem Schnitt der Leash in Phase 4 sind Patient und Retter nur noch über das Tau gesichert.

## 3. Gewöhnlicher Aufbau einer Highline

Gewöhnlich bestehen Highlines aus zwei Ankern, der Line selbst, einem Backup, einem Leashring, der Leash und dem Klettergurt.

Die Anker sind entsprechend geeignete feste Punkte wie Bäume, Bohrhaken, etc. oder mobile Punkte wie Cams, Klemmkeile, Eisschrauben, etc. In der Regel wird eine mehrfache Redundanz bei den Ankern angestrebt.

Zwischen den Ankern wird die Line gespannt. Die Vorspannung wird dabei nach Länge der Line, Material und nach persönlichen Vorlieben gespannt. Zur Absicherung, sollte die Line reißen (durch Steinschlag, reibender Belastung, etc.) wird ein Backup (oft ähnliches Bandmaterial oder Seile) locker unter der Line befestigt. Dabei hängt das Backup in Schlaufen unter der Line (um entlastet zu sein solange die Line als primäres System funktioniert). Sowohl Line als auch Backup sind unabhängig mit den Ankern verbunden. Im Falle eines Risses der Line kann das Backup als komplett eigenständiger Lastpfad übernehmen. Allerdings muss dafür ein ausreichend großer Sturzweg unter der Line vorhanden sein.

Sowohl Line als auch Backup werden durch einen geschlossenen Metallring, den Leashring, gefädelt. Dieser dient als längs der Line verschieblicher Befestigungspunkt zwischen highlinender Person und der Line. Dafür wird der Klettergurt der Person über ein durch Schlauchband geführtes Kletterseil mit dem Leashring verbunden.

#### 4. Funktionsanalyse, Fehlerfälle und risikomindernde Maßnahmen für ein sicheres Übungsszenario

Vorweg seien zwei Besonderheiten erwähnt die während aller Phasen der Rettung sehr Problematisch werden können:

- Im Allgemeinen sind die Schlaufen des Backups in allen Phasen der Rettung ein Problem, da sie sich durch den Downwash, Schwingbewegungen, etc. um Extremitäten oder Ausrüstung des Retters und Patienten wickeln können. Dies kann zu potentiell sehr schwer aufzulösenden Situationen führen in denen der Helikopter ungewollt mit der Highline verbunden ist. Ein Kappen des Backups in diesem Fall kann sich schwierig gestalten (z.B. Backup um Fuss oder an Gurt hinter Rücken). Zur Elimination dieses Problems wird eine Ummantelung um Line und Backup vorgeschlagen die Schlaufenbildung unterbindet.
- Bei einem Riss der Line schnalzt diese entlang ihrer Belastungsrichtung zurück. Dadurch kann sie dem Hubschrauber nahekomen. Um dieser Problematik in der Übung zu begegnen wird durch erhöhte Spannung der Line der Durchhang reduziert um den Abstand zum Helikopterrotor zu maximieren.

Für die Funktionsanalyse wird nachfolgend jede Phase der Rettung einzeln betrachtet.

Dafür wird primär nur zwischen den Systemen Helikopter, Tau, Klettergurt, Leash, Flugretter und Highline unterschieden. Die Fehlerfälle ergeben sich im Folgenden aus dem Ausfall einer Funktion eines Systems in einer Phase. Die zu erwartende Kritikalität wird angegeben und mögliche Maßnahmen zur Risikominimierung in einem Übungsszenario wird ausgeführt.

Im Folgenden wird das komplette System „Highline“ als Überbegriff für Anker, Line, Backup und Leashring verwendet da dieses meist als Einheit die Funktionen „Lastabtrag“ und „Positionieren“ erfüllt. Eine genauere Unterscheidung wird bei der Beschreibung der einzelnen Fälle ausgeführt.

Die Einschätzung der Kritikalität erfolgt nur auf den drei Stufen **niedrig** **mittel** **hoch**. Die Stufen richten sich dabei nach der Komplexität um die Situation wieder zu normalisieren und der Verletzungsgefahr für Patient und Retter:

Kritikalität	Komplexität der Normalisierung:	Verletzungsgefahr:
<b>niedrig</b>	Keine Handlung nötig	keine
<b>mittel</b>	z.B.: Ein-zwei einfache Handgriffe Blickcheck Bekannte Kommunikation	z.B.: leichte Prellung an Extremität
<b>hoch</b>	z.B.: Kappen einer Verbindung Denken unter Druck Spontanes Vorgehen Spontane Kommunikation	Alles über leichten Prellungen an Extremitäten bis hin zum Absturz

Die betrachteten Funktionen der Systeme sind im folgenden Tabellenformat aufgelistet:

System:	Funktion:
Helikopter	Lastabtrag
	Positionieren (unter Einweisung durch FR)
Flugretter	Positionieren (selbst, translatorisch)
	Positionieren (selbst, rotatorisch)
	Einhängen des Patientengurtes in Tau
	Auflösen der Verbindung Patient mit Highline
Tau	Lastabtrag
Highline	Lastabtrag
	Positionieren
Leash	Lastabtrag
Klettergurt (Patient/Retter)	Lastabtrag

Die nachfolgende Analyse geht nicht auf spezielle Fehlerfälle des Hubschraubers während des Manövers ein. Der Hubschrauber ist im Folgenden als eine Black-Box die ihre Position im 3D Raum ändern, eine Last tragen und (notfalls) ein Tau ausklinken kann abstrahiert.

In den in der Fehleranalyse identifizierten Maßnahmen zur Risikominimierung im Übungsszenario werden zur besseren Übersichtlichkeit die Aufgaben von den menschlichen Rollen **Flugretter**, **Patient** und **Beobachter** in den hier verwendeten Farben markiert. Auch wenn andere Kommunikationsmöglichkeiten vorhanden sind, sind alle menschlichen Akteure mit einer gemeinsamen, jederzeit nutzbaren Funkverbindung ausgestattet.

## Phase 1: Anflug und Positionierung

Die Betrachtung dieser Phase startet ab dem Zeitpunkt ab dem die Subsysteme aus Helikopter + Tau + Retter und Highline + hängender Patient interagieren. Dies schließt aerodynamische Interaktion durch den Downwash des Helikopters mit ein.

Die Fehlerfälle vom System aus Helikopter + Retter + Tau im isolierten Anflug wird im Folgenden nicht betrachtet.

Betroffenes System: <b>Helikopter</b>	Gestörte Funktion: <b>Lastabtrag</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>1.1</b>
Mögliche Ursachen: <b>(Temporäres) Leistungsdefizit des Hubschraubers</b>			
Beschreibung: Während der Positionierung des Retters zum Patienten durch den Helikopter könnte ein Leistungsdefizit auftreten wodurch der Helikopter ungewollt Höhe verliert. In diesem Szenario könnte der Retter oder das Tau ungewollten, schlagenden oder reibenden Kontakt mit der Highline haben.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abriebfeste Ummantelung von Line und Backups</li> <li>• Line Aufbau mit mehreren Backups aus Kern-Mantel Seilen</li> <li>• Anflug nur von der Seite der Line in die sich der Helikopter auch mit Leistungsdefizit entfernen kann</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>mittel</b> , da die Ummantelung einen Reibschaden an der Line verhindert. Ein Schaden durch Schlagen kann durch die verwendeten Backups entschärft werden. Die Näherung des Hubschraubers von der Seite der Highline in die er auch bei Leistungsdefizit abdrehen kann verhindert ein ungewolltes Fesseln des Hubschraubers an die Line durch ein „Rüberziehen“ des Retters über die Line durch das Tau			

Betroffenes System: <b>Helikopter</b>	Gestörte Funktion: <b>Positionierung</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>1.2</b>
Mögliche Ursachen: <b>z.B. Zu tiefer Anflug, Anflug zu weit rechts/links vom Patienten, Windböen, Rezirkulation, etc.</b>			
Beschreibung: Während der Positionierung des Retters zum Patienten durch den Helikopter könnte aus verschiedenen Gründen Relativbewegung mit Kontakt zwischen Tau und Highline entstehen. Diese könnten einen Reibschaden an der Highline verursachen. Desweiteren könnte der Kontakt zwischen Line und Tau das Steuerverhalten des Helikopters beeinflussen.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abriebfeste Ummantelung von Line und Backups</li> <li>• Line Aufbau mit mehreren Backups aus Kern-Mantel Seilen</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühzeitiger Abbruch bei Steuerschwierigkeiten mit Entfernen zur freien Seite der Highline</li> </ul>
<p>Kritikalität nach Maßnahme:</p> <p><b>mittel</b>, da die Ummantelung einen Reibschaden an der Line verhindert. Ein Schaden durch Schlagen kann durch die verwendeten Backups entschärft werden. Die Näherung des Hubschraubers von der Seite der Highline in die er auch bei Leistungsdefizit abdrehen kann verhindert ein ungewolltes Fesseln des Hubschraubers an die Line durch ein „Rüberziehen“ des Retters über die Line durch das Tau</p>

Betroffenes System: <b>Flugretter</b>	Gestörte Funktion: Positionierung(translatorisch)	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: 1.3
<p>Mögliche Ursachen:</p> <p>Flugretter positioniert sich auf falscher Seite der Highline und blockiert so den freien Abflug. Abseilgerät des Variablen Taus verhängt sich in Highline</p>			
<p>Beschreibung:</p> <p>Während des Abseilens zum Patienten könnte sich der Flugretter auf der falschen Seite der Highline abseilen. Dadurch wäre ein freies Abdrehen des Hubschraubers nicht mehr möglich. Eine zu tiefe Positionierung mit anschließendem Reibkontakt zwischen Highline und Tau wird in 1.2 behandelt.</p>			
<p>Risikomindernde Maßnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikation zwischen Piloten und Flugretter und eventueller Anflug mit verringerter Geschwindigkeit um Flugretter mehr Zeit zu gewähren</li> <li>• Abseilen mit variablem Tau gezielt auf abflugfreier Seite der Highline</li> <li>• <b>Beobachter</b> und <b>Patient</b> greifen frühzeitig per Warnung am Funk ein</li> </ul>			
<p>Kritikalität nach Maßnahme:</p> <p><b>mittel</b>, da nicht anders als bei vielen anderen Flugrettungsmanövern auch und durch Beobachter und Patient zwei zusätzliche Kanäle für Rückmeldung vorhanden. Flugretter kann an das Abseilgerät des variablen Taus in hängender Position greifen und das Verhängen auflösen. Dennoch wird ein erhöhter Zeitaufwand entstehen.</p>			

Betroffenes System: <b>Flugretter</b>	Gestörte Funktion: Positionierung(rotatorisch)	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: 1.4
<p>Mögliche Ursachen:</p> <p>Flugretter und Patient haben Berührungskontakt, Downwash von Helikopter begünstigt ein Verdrehen der beiden und damit ein Verdrehen von Tau und Leash.</p>			
<p>Beschreibung:</p> <p>Während des Berührkontaktes zwischen Retter und Patienten kann ein Verdrehen von Tau und Leash zu einer ungewollten „gefesselt“ Situation des Hubschraubers erzeugen (durch Reibung der umwickelten Seile). Je nach Stärke der Verdrehung ist ein Auflösen aufwendiger. Zeitgleich kann ein weiteres Abseilen des Retters oder ein Anheben durch den Hubschrauber behindert werden.</p>			
<p>Risikomindernde Maßnahme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flugretter greift Patient bei Berührkontakt sicher mit den Beinen</li> <li>• <b>Durch auseinanderdrücken von Leash und Tau durch den Flugretter kann ein Verdrehen erschwert werden.</b></li> <li>• <b>Beobachter</b> und <b>Patient</b> greifen frühzeitig per Warnung am Funk ein</li> </ul>			
<p>Kritikalität nach Maßnahme:</p>			

**mittel**, da der Patient frühzeitig eingreifen kann und das Verdrehen durch Auseinanderdrücken von Tau und Leash verhindern kann.

Die Funktionen „Einhängen des Patientengurtes“ und „Auflösung der Verbindung von Patienten und Highline“ sind in dieser Phase der Rettung nicht aufgeführt da sie hier nicht ausgeführt werden dürfen. Bereits ein Versuch eine dieser Funktionen auszuführen erfordert den sofortigen Abbruch.

Betroffenes System: <b>Tau</b>	Gestörte Funktion: <b>Lastabtrag</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>1.5</b>
Mögliche Ursachen: <b>Helikopter muss Tau ausklinken</b>			
Beschreibung: Während der Positionierung des Retters zum Patienten durch den Helikopter könnte es nötig sein das Tau incl. Retter auszuklinken. Dadurch könnte die Highline vom herabfallenden Tau und Retter belastet werden. Problematisch ist dabei, dass durch herabfallenden Retter und Tau mehrfach Schlagbelastung auf die Highline einwirken können. Außerdem könnte das Gewicht des Retters das Tau über die Highline ziehen und dabei erheblichen Reibschaden verursachen			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"><li>• Abriebfeste Ummantelung von Line und Backups</li><li>• Line Aufbau mit mehreren Backups aus Kern-Mantel Seilen</li><li>• Vermeiden, dass Retter und Helikopter auf verschiedenen Seiten der Highline sind</li></ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>mittel</b> , da die Ummantelung einen Reibschaden an der Line verhindert. Ein Schaden durch Schlagen kann durch die verwendeten Backups entschärft werden.			

Betroffenes System: <b>Highline</b>	Gestörte Funktion: <b>Positionieren</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>1.6</b>
Mögliche Ursachen: <b>Aerodynamische Interaktion von Highline mit Helikopter Downwash (Aufschaukeln der Line im Wind)</b>			
Beschreibung: Eine aerodynamische Interaktion zwischen Helikopter und Highline sind schon vor räumlicher Erreichbarkeit des Patienten durch den Retter möglich. Da lange Highlines stark seitlich schwingen können und in dieser Richtung auch wenig dämpfen kann dies ein ausreichend genaues Positionieren des Retters durch den Heli verhindern. Desweiteren können durch den Downwash die Schlaufen des Backups der Highline umherschlagen und sich an diversen Orten beim Patienten oder Retter verhängen. Diese könnten im weiteren Rettungsvorgang durchtrennt werden müssen oder zu ungewollten gefesselt Situationen führen.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"><li>• Abbruch des Versuches bei akutem Aufschaukeln der Highline</li><li>• Schwebeflug in Nähe von Highline um auf aerodynamische Interaktion zu testen (vorsichtiges Nähern)</li><li>• Ummantelung der Highline und Backups um Schlaufen zu eliminieren</li><li>• Stärkeres Spannen der Highline beim Aufbau um Amplitude zu verkleinern</li></ul>			
Kritikalität nach Maßnahme:			

**mittel**, da die Schlaufenbildung unterbunden wird und ein vorher abgesprochenes, langsam herantastendes Positionieren des Helikopters jederzeit einen Abbruch ermöglicht

Betroffenes System: <b>Highline</b>	Gestörte Funktion: <b>Lastabtrag</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>1.7</b>
Mögliche Ursachen: <b>Steinschlag oder andere herabgeblasene Gegenstände durch Downwash</b>			
Beschreibung: Ein herabfallender Stein, Ast, Karabiner etc. ist ausreichend um die unter Spannung stehende Line zu kappen. Dadurch fällt der Patient in das Backup und hängt tiefer als in der Line. Es könnten mehrere Gegenstände in Serie herabfallen und das nachfolgend belastete Backup auch kappen.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verwendung von zwei Kern-Mantel Seilen als jeweils unabhängiges Backup</li> <li>• Das zweifach ausgeführte Backup verteilt die Last parallel auf beide Stränge</li> <li>• Säubern der Standplätze von losen Steinen und aufwirbelbaren Gegenständen</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>mittel</b> , da ein sequentielles Kappen von Line und zwei schlagunempfindlichen Kern-Mantel Seilen durch herabfallende Gegenstände als sehr unwahrscheinlich gesehen wird (da die Schnittempfindlichkeit mit abnehmender Last auch abnimmt)			

Betroffenes System: <b>Leash</b>	Gestörte Funktion: <b>Lastabtrag</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>1.8</b>
Mögliche Ursachen: <b>Keine Ursachen für einen spontanen Leashriss bekannt</b>			
Beschreibung: Spontanes Reißen der Leash durch Berührung unter Last mit scharfem Gegenstand. Dies wird durch den Aufbau der normalen Leash aus Kletterseil und umhüllendes Schlauchband mit gleicher Traglast in der Regel komplett eliminiert. Allerdings wird es in der Analyse aufgeführt, da für ein einfacheres Kappen eine einfache Leash verwendet werden kann			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermeidung von scharfen Gegenständen an Gurten/Kleidung bei Retter und Patient</li> <li>• Zusätzliche Selbstsicherungsschlinge die bei Bedarf in den Leashring gehängt werden kann</li> <li>• <b>Leash kürzer als die Armlänge des Patienten, damit der Leashring auch in sitzender Position einfach erreicht werden kann</b></li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>hoch</b> , allerdings sehr unwahrscheinlich. Selbst bei einfacher Leash bei Verwendung von geeigneter Kleidung und Gurten und entsprechender Vorsicht.			

Auf ein Versagen der Funktion des Klettergurtes des Patienten und Retters wird an dieser Stelle nicht eingegangen, da dies bei Verwendung von aktuellen und unbeschädigten Gurten als unwahrscheinlich gesehen wird.

## Phase 2: Einhängen des Patienten



Dies beschreibt die Phase ab der der Helikopter über die am Patientengurt eingehängte Kappschlinge gefesselt ist. Die Phase umschließt alle Handlungen zum Einhängen des Patienten.

Betroffenes System: <b>Helikopter</b>	Gestörte Funktion: <b>Lastabtrag</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>2.1</b>
Mögliche Ursachen: <b>(Temporäres) Leistungsdefizit des Hubschraubers</b>			
Beschreibung: Vor Einhängen der Kappschlinge wird dies durch 1.1 beschrieben. Nach Einhängen der Kappschlinge (Hubschrauber gefesselt) kann die Last des Retters auch über Kappschlinge, Patientengurt und Leash auf die Highline übertragen werden falls der Hubschrauber ungewollt Höhe verliert. Sollte der Hubschrauber in dieser Phase seine Schwebe-Position verlassen müssen kann entweder die Kappschlinge wieder entlastet und ausgehängt werden. Alternativ kann das Tau abgeworfen werden, der Retter fällt zusammen mit dem Patienten in die Highline. Allerdings kann das fallende Tau dabei eine Gefahr sowohl für Personal als auch für die Highline darstellen (Schlag- und Reibbelastung der Line)			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abriebfeste Ummantelung von Line und Backups</li> <li>• <b>Patient und Retter tragen einen entsprechenden Helm</b></li> <li>• Line Aufbau mit mehreren Backups aus Kern-Mantel Seilen</li> <li>• Ausreichend Fallhöhe unter der Highline für Dehnung durch Gewicht von zwei Personen</li> <li>• Terrestrische Rettungsausrüstung und ein einfach zugänglicher Standplatz der Highline</li> <li>• Ausreichend Personal mit Kenntnissen am Ankerplatz für eine terrestrische Rettung</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>Hoch.</b> Die Ummantelung verhindert einen Reibschaden an der Line. Ein Schaden durch Schlagen kann durch die verwendeten Backups entschärft werden. Eine Verletzung der Personen durch das herabfallende Tau kann nicht ausgeschlossen werden, allerdings kann eine unmittelbare, schnelle Rettung vorbereitet sein. Der Helm bietet einen Kopfschutz. Beim Aufbau kann eine ausreichende Sturzhöhe eingeplant werden.			

Betroffenes System: <b>Helikopter</b>	Gestörte Funktion: <b>Positionierung</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>2.2</b>
Mögliche Ursachen: <b>Gefesselter Helikopter lenkt wegen Positionsschwankungen die Highline aus</b>			
Beschreibung: Während der Positionierung des Retters zum Patienten durch den Helikopter könnte aus verschiedenen Gründen Relativbewegung mit Kontakt zwischen Tau und Highline entstehen. Diese könnten einen Reibschaden an der Highline verursachen. Desweiteren könnte der Kontakt zwischen Line und Tau das Steuerverhalten des Helikopters beeinflussen. Im schwerwiegendsten Fall könnte das Tau ausgeklinkt werden müssen (in diesem Fall siehe 2.1)			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abriebfeste Ummantelung von Line und Backups</li> <li>• Line Aufbau mit mehreren Backups aus Kern-Mantel Seilen</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>mittel</b> , da die Ummantelung einen Reibschaden an der Line verhindert. Ein Schaden durch Schlagen kann durch die verwendeten Backups entschärft werden. Ein Abwerfen des Taus führt nicht zum Absturz des Retters			

Betroffenes System: <b>Flugretter</b>	Gestörte Funktion: <b>Positionierung(translatorisch)</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>2.3</b>
Mögliche Ursachen: Flugretter positioniert sich zu weit unter Patienten zum Einhängen des Patienten in Tau.			
Beschreibung: Direkt nach dem Einhängen kann sich der Flugretter zu weit mit dem variablen Tau ablassen oder durch einen Höhenverlust des Hubschraubers unterhalb des Patienten hängen. Das kann so weit sein, dass das Tau entlastet ist und Patient und Retter in einer vertikalen Linie hängen. In diesem Zustand kann ein Verdrehen des Taus mit der Leash nicht mehr effektiv verhindert werden.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Langsames und sparsames Ablassen am variablen Tau um eine zu tiefe Position nach dem Einhängen zu vermeiden</b></li> <li>• <b>Frühzeitiges Hinweisen des Piloten auf etwaiges ungewolltes Sinken des Helikopters</b></li> <li>• <b>Beobachter</b> und <b>Patient</b> greifen frühzeitig per Warnung am Funk ein (Flugretter zu tief unter Patienten)</li> <li>• <b>Sollte das Tau entlastet werden greift der Patient an die Highline um ein Verdrehen zu verhindern.</b></li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>mittel</b> , da es sich durch den Patienten bei kurzer Leash (Highline in Greifdistanz) verhindern lässt.			

Betroffenes System: <b>Flugretter</b>	Gestörte Funktion: <b>Positionierung(rotatorisch)</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>2.4</b>
Mögliche Ursachen: Flugretter und Patient haben Berührungskontakt, Downwash von Helikopter begünstigt ein Verdrehen der beiden und damit ein Verdrehen von Tau und Leash. Der Flugretter ergreift keine ausreichende Maßnahme.			
Beschreibung: Auch ohne eine zu tiefe Position des Flugretters unterhalb des Patienten können sich Leash und Tau verdrehen. Während des Manövers sollte der Flugretter dies verhindern um eine ungewollte gefesselt Situation zu vermeiden.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Flugretter greift Patient bei Berührkontakt sicher mit den Beinen</b></li> <li>• <b>Durch auseinanderdrücken von Leash und Tau durch den Flugretter kann ein Verdrehen erschwert werden.</b></li> <li>• <b>Nach dem sicheren Einhängen des Patienten ins Tau kann der Hubschrauber ca. eine Leashlänge horizontale Distanz zwischen Line und Tau herstellen. Damit wird die Seilsituation übersichtlicher und ein Verdrehen effektiv verhindert.</b></li> <li>• <b>Beobachter</b> und <b>Patient</b> greifen frühzeitig per Warnung am Funk ein</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>gering</b> , da der Patient frühzeitig eingreifen kann und das Verdrehen durch greifen der Highline verhindern kann.			

Betroffenes System:	Gestörte Funktion:	Kritikalität:	Nummer:
---------------------	--------------------	---------------	---------

Flugretter	Einhängen des Patientengurtes ins Tau	mittel	2.5
Mögliche Ursachen: Flugretter hängt zu tief/hoch oder seitlich entfernt von Patienten um dessen Gurt ins Tau einzuhängen			
Beschreibung: Während des Einhängens können diverse Nachjustierungen der Position des Flugretters nötig sein um den Patienten einzuhängen. Dadurch wird die Zeit und damit das Risiko in dieser Phase erhöht. Desweiteren kann durch die Unübersichtlichkeit am Patientengurt/Leahs/Line/etc. der Gurt des Patienten falsch eingehängt werden			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Patient macht einen Partnercheck ob er richtig eingehängt wurde und kommuniziert alle diesbezüglichen Probleme an den Flugretter</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: gering, da der Patient durch einen Partnercheck nach dem 4 Augenprinzip prüft und bei Verletzung der Sicherheit Rückmeldung gibt			

Der Flugretter darf in dieser Phase die Funktion „Auflösen der Verbindung Patient mit Highline“ nicht durchführen. Bei einem falschen zeitlichen Ablauf greift der Patient per Warnung am Funk ein.

Da die Fälle 2.1 und 2.2 schon auf das Ausklinken des Taus in dieser Phase eingehen wird es hier nicht nochmal explizit aufgeführt.

Betroffenes System: Highline	Gestörte Funktion: Positionieren	Kritikalität: hoch	Nummer: 2.6
Mögliche Ursachen: Aerodynamische Interaktion von Highline mit Helikopter Downwash (Aufschaukeln der Line im Wind)			
Beschreibung: Eine aerodynamische Interaktion zwischen Helikopter und Highline sind schon vor räumlicher Erreichbarkeit des Patienten durch den Retter möglich. Da lange Highlines stark seitlich schwingen können und in dieser Richtung auch wenig dämpfen kann dies ein ausreichend genaues Positionieren des Retters durch den Heli verhindern. Desweiteren können durch den Downwash die Schlaufen des Backups der Highline umherschlagen und sich an diversen Orten beim Patienten oder Retter verhängen. Diese könnten im weiteren Rettungsvorgang durchtrennt werden müssen oder zu ungewollten gefesselt Situationen führen.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schon in Phase 1 (Anflug) auf aufschwingendes Verhalten testen</li> <li>• Ummantelung von Line und Backup um Schlaufen zu unterbinden</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: mittel, da die Schlaufenbildung unterbunden wird und ein Aufschwingen in Phase 1 durch langsame Annäherung getestet werden kann			

Betroffenes System: Highline	Gestörte Funktion: Lastabtrag	Kritikalität: hoch	Nummer: 2.7
Mögliche Ursachen:			

<b>Steinschlag oder andere herabgeblasene Gegenstände durch Downwash</b>
<p><b>Beschreibung:</b>  Ein herabfallender Stein, Ast, Karabiner etc. ist ausreichend um die unter Spannung stehende Line zu kappen. Dadurch fällt der Patient plötzlich in die Kappschlinge und die Line trägt sein Gewicht nicht mehr. Dies kann zu hoher Steuerlast für den Piloten führen. Die Sturzhöhe ist beschränkt durch die Länge der Verbindung zwischen Tau und Patientengurt</p>
<p><b>Risikomindernde Maßnahme:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Säubern der Standplätze von losen Steinen und aufwirbelbaren Gegenständen</li> <li>• Unterbinden von Handlungen in der Nähe der Highline bei denen Gegenstände geworfen/losgetreten/etc. werden.</li> <li>• Minimieren der möglichen Sturzhöhe des Patienten bei einem Lineriss</li> </ul>
<p><b>Kritikalität nach Maßnahme:</b>  <b>Mittel.</b> Bei ausreichender Säuberung der Ankerplätze und entsprechendem Verhalten des Personals an den Standplätzen sehr unwahrscheinlich. Zusätzlich kann die Sturzhöhe klein gehalten werden und der Pilot vorbereitet sein</p>

<b>Betroffenes System:</b> Leash	<b>Gestörte Funktion:</b> Lastabtrag	<b>Kritikalität:</b> hoch	<b>Nummer:</b> 2.8
<p><b>Mögliche Ursachen:</b>  Fall von zwei Personen in Leash bei Ausklinken des Taus</p>			
<p><b>Beschreibung:</b>  Muss das Tau in dieser Phase ausgeklinkt werden fallen Retter und Patient in die Leash des Patienten.</p>			
<p><b>Risikomindernde Maßnahme:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermeidung von scharfen Gegenständen an Gurten/Kleidung bei Retter und Patient</li> <li>• Schnittwerkzeug für den Leashschnitt verbleibt gesichert in einem Halter</li> <li>• Keine ungeschützten, scharfen Gegenstände an Patienten und Retter</li> </ul>			
<p><b>Kritikalität nach Maßnahme:</b>  <b>hoch</b>, allerdings sehr gut durch Maßnahmen vermeidbar (Verwendung von geeigneter Kleidung und Gurten und entsprechender Vorsicht).</p>			

<b>Betroffenes System:</b> Gurt	<b>Gestörte Funktion:</b> Lastabtrag	<b>Kritikalität:</b> mittel	<b>Nummer:</b> 2.9
<p><b>Mögliche Ursachen:</b>  Fall von zwei Personen in Leash bei Ausklinken des Taus</p>			
<p><b>Beschreibung:</b>  Muss das Tau in dieser Phase ausgeklinkt werden fallen Retter und Patient in die Leash des Patienten. Dabei ist der Lastpfad des Retters über die Kappschlinge in die Anseilschlaufe des Patientengurtes. Die Leash wird für gewöhnlich parallel zum Anseilring gebunden (durch die Schlaufen des Gürtelteils und des Beinteils des Gurtes gefädelt, wie bei direktem einbinden eines Kletterseils)</p>			
<p><b>Risikomindernde Maßnahme:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhängen der Kappschlinge in Anseilschlaufe der Leash und in Anseilring des Patientengurtes. Falls nur eins möglich: Einhängen in Anseilschlaufe der Leash.</li> <li>• Gegenkontrolle des korrekten Einhängens durch den Patienten</li> </ul>			
<p><b>Kritikalität nach Maßnahme:</b></p>			

**Gering.** Sehr gut durch Kommunikation und 4-Augen Prinzip kontrollierbar. Allerdings ist ein geeigneter Kommunikationskanal Voraussetzung.

### Phase 3: Anheben zur Entlastung der Highline

Diese Phase beginnt nach dem erfolgreichen Einhängen des Patienten in die Kappschlinge mit dem Anheben von Retter und Patient durch den Helikopter. Das Anheben ist abgeschlossen, wenn die Highline (nahezu) lastfrei ist.

Betroffenes System: <b>Helikopter</b>	Gestörte Funktion: <b>Lastabtrag</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>3.1</b>
Mögliche Ursachen: <b>(Temporäres) Leistungsdefizit des Hubschraubers</b>			
Beschreibung: Nach Einhängen der Kappschlinge (Hubschrauber gefesselt) kann die Last des Retters auch über Kappschlinge, Patientengurt und Leash auf die Highline übertragen werden falls der Hubschrauber ungewollt Höhe verliert. Die Lastübernahme von der Highline passiert graduell. Allerdings kann es bei einem schnellen Wegfall des Lastabtrages durch den Helikopter zu einem Schaukeln der Highline in vertikaler Richtung kommen (wenn Patient und Retter schnell in die Line fallen). In diesem Fall könnte das Tau periodisch be- und entlastet werden. Da Patient und Retter aber noch über die Highline gesichert sind führt ein Ausklinken des Taus nicht zu einem Personenabsturz			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"><li>• Abriebfeste Ummantelung von Line und Backups</li><li>• <b>Patient und Retter tragen einen entsprechenden Helm</b></li><li>• Line Aufbau mit mehreren Backups aus Kern-Mantel Seilen</li><li>• Ausreichend Fallhöhe unter der Highline für Dehnung durch Gewicht von zwei Personen</li><li>• Terrestrische Rettungsausrüstung und ein einfach zugänglicher Standplatz der Highline</li><li>• Ausreichend Personal mit Kenntnissen am Ankerplatz für eine terrestrische Rettung</li><li>• Erhöhte Vorspannung in der Highline um Entlastungsweg gering zu halten</li><li>• Bewusstsein des Piloten</li></ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>Hoch.</b> Die Ummantelung verhindert einen Reibschaden an der Line. Ein Schaden durch Schlagen kann durch die verwendeten Backups entschärft werden. Eine Verletzung der Personen durch das herabfallende Tau kann nicht ausgeschlossen werden, allerdings kann eine unmittelbare, schnelle Rettung vorbereitet sein. Der Helm bietet einen Kopfschutz. Beim Aufbau kann eine ausreichende Sturzhöhe eingeplant werden.			

Betroffenes System: <b>Helikopter</b>	Gestörte Funktion: <b>Positionierung</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>3.2</b>
Mögliche Ursachen: <b>Gefesselter Helikopter lenkt wegen Positionsschwankungen die Highline aus</b>			
Beschreibung: Während des Anhebens des Retters und Patienten durch den Helikopter könnte aus verschiedenen Gründen Relativbewegung mit Kontakt zwischen Tau und Highline entstehen. Diese könnten einen Reibschaden an der			

Highline verursachen. Desweiteren könnte der Kontakt zwischen Line und Tau das Steuerverhalten des Helikopters beeinflussen. Im schwerwiegendsten Fall könnte das Tau ausgeklinkt werden müssen (in diesem Fall siehe 2.1)

Risikomindernde Maßnahme:

- Abriebfeste Ummantelung von Line und Backups
- Line Aufbau mit mehreren Backups aus Kern-Mantel Seilen

Kritikalität nach Maßnahme:

**mittel**, da die Ummantelung einen Reibschaden an der Line verhindert. Ein Schaden durch Schlagen kann durch die verwendeten Backups entschärft werden. Ein Abwerfen des Taus führt nicht zum Absturz des Retters

Betroffenes System: <b>Flugretter</b>	Gestörte Funktion: Positionierung(translatorisch)	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: 3.3
Mögliche Ursachen: Highline gerät zwischen Retter und Patienten oder Abseilgerät an Tau verhakt sich in Highline			
Beschreibung: Beim Anheben durch den Hubschrauber kann die Highline zwischen den Patienten und den Retter gelangen. In Diesem Fall ist selbst nach dem Kappen der Leash (nächste Phase) kein freies Abfliegen möglich. Ein Verhängen des Abseilsystems an der Highline beim Anheben führt zu einem komplexen Lastzustand des Taus, Leash und sonstiger Komponenten.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Durch Herstellen eines seitlichen Abstandes von ca. einer Leashlänge zwischen Tau und Highline vor Beginn des Anhebens kann dieser Fall gut verhindert werden.</b></li> <li>• <b>Beobachter</b> und <b>Patient</b> greifen frühzeitig per Warnung am Funk ein (Flugretter zu tief unter Patienten)</li> <li>• <b>Sollte die Situation nicht durch den Flugretter gelöst werden greift der Patient ein und hebt die Highline über sich oder den Flugretter. Sollte ein Verhängen des Abseilsystems an der Highline drohen, drückt der Patient Tau und Highline auseinander</b></li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>gering</b> , da es sich durch den Flugretter sowie Patienten bei kurzer Leash (Highline in Greifdistanz) nachträglich noch lösen lässt.			

Betroffenes System: <b>Flugretter</b>	Gestörte Funktion: Positionierung(rotatorisch)	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: 3.4
Mögliche Ursachen: Flugretter und Patient haben Berührungskontakt, Downwash von Helikopter begünstigt ein Verdrehen der beiden und damit ein Verdrehen von Tau und Leash. Der Flugretter ergreift keine ausreichende Maßnahme.			
Beschreibung: Auch ohne eine zu tiefe Position des Flugretters unterhalb des Patienten können sich Leash und Tau verdrehen. Während des Manövers sollte der Flugretter dies verhindern um eine ungewollte gefesselt Situation zu vermeiden.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Durch Positionierung des Hubschraubers ca. eine Leashlänge in horizontaler Distanz zwischen Line und Tau wird die Seilsituation übersichtlicher und ein Verdrehen effektiv verhindert.</b></li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sollte keine Reaktion vom Flugretter erfolgen greift der Patient in die Highline und verhindert ein Verdrehen</li> <li>• Patient checkt Tau und Highline bei Anheben auf mögliches verhängen und warnt frühzeitig.</li> <li>• Beobachter und Patient greifen frühzeitig per Warnung am Funk ein</li> </ul>
Kritikalität nach Maßnahme: gering, da der Patient frühzeitig eingreifen kann und das Verdrehen durch greifen der Highline verhindern kann.

Die Funktion „Einhängen des Patientengurtes ins Tau“ des Flugretters ist in dieser und allen nachfolgenden Phasen nicht mehr relevant. Die Funktion „Auflösen der Verbindung Patient mit Highline“ darf in dieser Phase noch nicht durchgeführt werden, da sonst die Restspannung der Highline eine starke vertikale Schwingung erzeugt die zu Verhängen am Tau, Patient, Flugretter, Helikopter führen kann und unbedingt zu vermeiden ist. Sollte der Flugretter die nächste Phase (Schnitt der Leash) zu früh einleiten, greift der Patient mit frühzeitiger Warnung ein.

Da die Fälle 3.1 und 3.2 schon auf das Ausklinken des Taus in dieser Phase eingehen wird es hier nicht nochmal explizit aufgeführt.

Betroffenes System: Highline	Gestörte Funktion: Positionieren	Kritikalität: hoch	Nummer: 3.5
Mögliche Ursachen: Aerodynamische Interaktion von Highline mit Helikopter Downwash (Aufschaukeln der Line im Wind)			
Beschreibung: Durch die graduelle Entlastung der Highline ändert sich die Vorspannung und damit das Schwingungsverhalten. Dadurch kann es beim Anheben zum Aufschwingen der Line durch den Downwash kommen, obwohl in den vorherigen Phasen kein Aufschwingen beobachtet wurde.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei zu starkem Aufschwingen: Absenken von Retter und Patient um wieder in stabile Situation zu kommen</li> <li>• Griff von Retter in Highline zur Führung und zum manuellen Dämpfen der Schwingung</li> <li>• Kurze Leash um eine Erreichbarkeit der Highline durch den Retter sicherzustellen</li> <li>• Ummantelung von Line und Backup um Schlaufen zu unterbinden</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: mittel, da die Schlaufenbildung unterbunden wird und die Entlastung graduell stattfindet. Dadurch kann ein Aufschwingen früh bemerkt werden (haptisch) und in gewissem Rahmen vom Arm des Flugretters aktiv gedämpft werden. Bei unkontrollierbaren Schwingungen kann durch ein Belasten der Highline in einen stabilen Zustand zurückgekehrt werden			

Betroffenes System: Highline	Gestörte Funktion: Lastabtrag	Kritikalität: hoch	Nummer: 3.6
Mögliche Ursachen: Steinschlag oder andere herabgeblasene Gegenstände durch Downwash			
Beschreibung:			

Ein herabfallender Stein, Ast, Karabiner etc. ist ausreichend um die unter Spannung stehende Line zu kappen. Dadurch wird der Lastanteil den die Highline noch getragen hat plötzlich auf den Helikopter übertragen. Dies kann zu hoher Steuerlast für den Piloten führen.
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Säubern der Standplätze von losen Steinen und aufwirbelbaren Gegenständen</li> <li>• Unterbinden von Handlungen in der Nähe der Highline bei denen Gegenstände geworfen/losgetreten/etc. werden.</li> <li>• Bewusstsein/Einschätzung des Piloten einbeziehen</li> </ul>
Kritikalität nach Maßnahme: <b>Mittel.</b> Bei ausreichender Säuberung der Ankerplätze und entsprechendem Verhalten des Personals an den Standplätzen sehr unwahrscheinlich. Zusätzlich kann der Pilot vorbereitet sein

Betroffenes System: <b>Leash</b>	Gestörte Funktion: <b>Lastabtrag</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>3.7</b>
Mögliche Ursachen: <b>Fall von zwei Personen in Leash bei Ausklinken des Taus</b>			
Beschreibung: Muss das Tau in dieser Phase ausgeklinkt werden fallen Retter und Patient in die Leash des Patienten. Am höchsten Punkt des Anhebens entsteht die größte potentielle Sturzlaster. Diese ist der größte nominelle Belastungsfall für die Leash.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vermeidung eines unnötigen Anhebens über die Nullline (entlastete Highline). Dies kann durch den Flugretter durch die Beweglichkeit des Leashrings einfach erkannt werden</b></li> <li>• <b>Vermeiden von scharfen Gegenständen an Gurten/Kleidung bei Retter und Patient</b></li> <li>• Schnittwerkzeug für den Leashschnitt verbleibt gesichert in einem Halter</li> <li>• Keine ungeschützten, scharfen Gegenstände an Patienten und Retter</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>hoch</b> , allerdings sehr gut durch Maßnahmen vermeidbar (Verwendung von geeigneter Kleidung und Gurten und entsprechender Vorsicht).			

Betroffenes System: <b>Gurt</b>	Gestörte Funktion: <b>Lastabtrag</b>	Kritikalität: <b>mittel</b>	Nummer: <b>3.8</b>
Mögliche Ursachen: <b>Fall von zwei Personen in Leash bei Ausklinken des Taus</b>			
Beschreibung: Muss das Tau in dieser Phase ausgeklinkt werden fallen Retter und Patient in die Leash des Patienten. Dabei ist der Lastpfad des Retters über die Kappschlinge in die Anseilschleife des Patientengurtes. Die Leash wird für gewöhnlich parallel zum Anseilring gebunden (durch die Schlaufen des Gürtelteils und des Beinteils des Gurtes gefädelt, wie bei direktem einbinden eines Kletterseils)			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• In Phase 2: Einhängen der Kappschlinge in Anseilschleife der Leash und in Anseilring des Patientengurtes. Falls nur eins möglich: Einhängen in Anseilschleife der Leash.</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme:			



**Gering.** Sehr gut durch Kommunikation und 4-Augen Prinzip kontrollierbar. Allerdings ist ein geeigneter Kommunikationskanal Voraussetzung.

#### Phase 4: Schnitt der Leash

Diese Phase beginnt mit dem Anfassen des Werkzeuges zum Kappen der Leash. Fehlerfälle die aus direkten Problemen beim Kappen der Leash entstehen werden bei dem System Leash angeführt.

Betroffenes System: <b>Helikopter</b>	Gestörte Funktion: <b>Lastabtrag</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>4.1</b>
Mögliche Ursachen: <b>(Temporäres) Leistungsdefizit des Hubschraubers</b>			
Beschreibung: Ein ungewollter Verlust an Höhe während des Schnittvorgangs der Leash kann zu einer ungewollten Belastung einer schon angeschnittenen Leash führen. Ab diesem Zeitpunkt ist die Highline keine ernstzunehmende Absturzsicherung für Retter und Patienten mehr.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"><li>• Leash kürzer als Armlänge um Erreichbarkeit zu gewährleisten</li><li>• Möglichst kurzes Verweilen in dieser Phase -&gt; schneller, sicherer Schnitt</li><li>• <b>Patient mit zweiter Schere bereit um evtl. auszuhelfen</b></li><li>• Schnittsicherheit der Ummantelung Line und der Backups um Beschädigung auszuschliessen.</li><li>• <b>Patient hat Selbstsicherungsschlinge die bei Bedarf in den Leashring eingehängt werden kann und die Highline wieder als Absturzsicherung fungiert. Danach führt ein Abwurf des Taus nicht mehr zu einem Absturz</b></li><li>• Ausreichend Fallhöhe unter der Highline für Dehnung durch Gewicht von zwei Personen</li><li>• Terrestrische Rettungsausrüstung und ein einfach zugänglicher Standplatz der Highline</li><li>• Ausreichend Personal mit Kenntnissen am Ankerplatz für eine terrestrische Rettung</li></ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>Hoch.</b> Ein Problem des Helikopters während dieser Phase kann fatale Folgen haben, wenn es unangekündigt auftritt. Mit etwas Zeit kann wieder eine sichere Verbindung zur Highline hergestellt werden.			

Betroffenes System: <b>Helikopter</b>	Gestörte Funktion: <b>Positionierung</b>	Kritikalität: <b>mittel</b>	Nummer: <b>4.2</b>
Mögliche Ursachen: <b>Gefesselter Helikopter lenkt wegen Positionsschwankungen die Highline aus</b>			
Beschreibung: Die entspannte Line kann leicht in alle Richtungen ausgelenkt werden. Nach dem Schnitt der Leash schwingt sie allerdings in ihre Nullposition zurück. Dabei könnte sie sich an Retter oder Patient verhängen.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"><li>• Abriebfeste Ummantelung von Line und Backups um Schlaufen zu vermeiden</li></ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglichst wenig seitliche Auslenkung der Highline beim Anheben durch den Helikopter</li> </ul>
Kritikalität nach Maßnahme: <b>Mittel.</b> Die Ummantelung macht ein Verhängen unwahrscheinlicher und es muss nur ein Strang (durch Ummantelung) auf Verhängen kontrolliert werden.

Betroffenes System: <b>Flugretter</b>	Gestörte Funktion: Positionierung(translatorisch)	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: 4.3
Mögliche Ursachen: Flugretter und Patient nahe an Line dadurch Verhängen möglich und folglich gefesselt Situation nach Schnitt nicht aufgelöst.			
Beschreibung: Vor dem Schneiden der Leash sollte der Patient und Flugretter ca. eine Leashlänge horizontalen Abstand zur Highline haben. So ist einfach ersichtlich ob aktuell eine zweite Verbindung zwischen Retter oder Patienten außerhalb der Leash mit der Line besteht. Ist dies der Fall muss diese Verbindung vor dem Schneiden der Leash gelöst werden. Stellt der Flugretter keinen solchen Abstand durch Positionieren des Helikopters her ist die Gefahr eines Verhängens nach dem Schnitt erhöht.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Durch Herstellen eines seitlichen Abstandes von ca. einer Leashlänge zwischen Tau und Highline vor Beginn des Anhebens kann dieser Fall gut verhindert werden.</b></li> <li>• <b>Beobachter</b> und <b>Patient</b> greifen frühzeitig per Warnung am Funk ein sollte kein seitlicher Abstand durch den Flugretter erzeugt worden sein oder sollte eine ungewollte, zweite Verbindung bestehen.</li> <li>• <b>Sollte eine zweite Verbindung bestehen und nicht durch den Flugretter gelöst werden können greift der Patient ein und löst die zweite Verbindung unter Absprache mit dem Flugretter.</b></li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>gering</b> , da es sich bei seitlichem Abstand zur Highline ein guter Überblick über die vorhandenen Verbindungen einstellt und durch je eine Schere bei Patienten und Retter ein großer Bereich ergibt in dem ungewollte Verbindungen gekappt werden können.			

Betroffenes System: <b>Flugretter</b>	Gestörte Funktion: Positionierung(rotatorisch)	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: 4.4
Mögliche Ursachen: Downwash kann Retter und Patient verdrehen wodurch eine gefesselt Situation selbst nach einem Schnitt der Leash bestehen kann (Reibung der Leash am Tau durch Umwicklung)			
Beschreibung: Durch ein (mehrfaches) Verdrehen oder Verhängen der Leash im Abseilgerät des variablen Taus ist der Hubschrauber selbst nach dem Leashschnitt gefesselt. Diese Verbindungen können durch den bestehenden Zug auf den Seilen sehr schwer bis unmöglich lösbar sein.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Durch Positionierung des Hubschraubers ca. eine Leashlänge in horizontaler Distanz zwischen Line und Tau wird die Seilsituation übersichtlicher und ein Verdrehen effektiv verhindert.</b></li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>Sollte keine Reaktion vom Flugretter erfolgen greift der Patient in die Highline und verhindert ein Verdrehen (die Leashlänge wird entsprechend eingestellt)</li> <li>Beobachter und Patient greifen frühzeitig per Warnung am Funk ein</li> </ul>
Kritikalität nach Maßnahme: gering, da der Patient frühzeitig eingreifen kann und das Verdrehen durch greifen der Highline verhindern kann.

Betroffenes System: Flugretter	Gestörte Funktion: Auflösen der Verbindung Patient mit Highline	Kritikalität: hoch	Nummer: 4.5
Mögliche Ursachen: Flugretter schneidet Leash bevor alle sonstigen (ungewollten) Verbindungen des Patienten mit der Highline gelöst sind.			
Beschreibung: Durch z.B. eine Schlaufe eines Highline-backups um den Fuß des Patienten bliebe der Helikopter weiterhin gefesselt. Desweiteren könnte diese Verbindung besonders schwierig zu lösen sein nachdem die Leash geschnitten wurde			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>Durch Positionierung des Hubschraubers ca. eine Leashlänge in horizontaler Distanz zwischen Line und Tau wird die Seilsituation übersichtlicher und ein ungewollte Verbindungen sind einfacher identifizierbar.</li> <li>Patient und Beobachter checken ob Patient, Flugretter oder Tau ungewollte Verbindungen haben bevor Flugretter zur Schere greift.</li> <li>Beobachter und Patient greifen frühzeitig per Warnung am Funk ein</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: mittel, da 6 Augen auf ungewollte Verbindungen prüfen. Gleichzeitig soll diese Phase des Rettungsablaufes bewusst kurzgehalten werden. Dies erfordert ein frühzeitiges Starten der Überprüfung durch Patienten und Beobachter und schnelles Warnen.			

Betroffenes System: Tau	Gestörte Funktion: Lastabtrag	Kritikalität: hoch	Nummer: 4.6
Mögliche Ursachen: Helikopter muss Tau ausklinken			
Beschreibung: Bei schon angeschnittener Leash wäre ein Ausklinken des Taus ohne Vorwarnung fatal.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>Leash kürzer als Armlänge</li> <li>Patient/Retter können Line mit Arm greifen.</li> <li>Patient/Retter hat Selbstsicherungsschlinge zur Notsicherung griffbereit</li> <li>Patient/Retter hat stabile Kommunikationsverbindung zum Hubschrauber</li> <li>Es ist ausreichend Zeit vorhanden um eine stabile Sicherung einzuhängen</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme:			

**Hoch.** Je nach Vorwarnzeit stellt dies immer noch einen kritischen Moment dar. Ob ein rechtzeitiges Einhängen einer Sicherung klappt ist von der verfügbaren Vorwarnzeit abhängig.

Betroffenes System: <b>Highline</b>	Gestörte Funktion: <b>Positionieren</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>4.7</b>
Mögliche Ursachen: <b>Aerodynamische Interaktion von Highline mit Helikopter Downwash (Aufschaukeln der Line im Wind)</b>			
Beschreibung: Sollte sich die Highline im entlasteten Fall durch den Downwash aufschwingen kann sie nicht durch den Retter manuell gedämpft werden, da er seine Hände zum Schneiden der Leash benötigt. Diese Schwingung kann das Schneiden stören oder stark erschweren.			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Patient übernimmt manuelles Dämpfen falls nötig</b></li> <li>• <b>Helikopter kann eine leichte seitliche Auslenkung der Highline erzeugen um Retter und Patienten außerhalb von Bewegungsbereich der schwingenden Highline zu halten.</b></li> <li>• Kurze Leash um eine Erreichbarkeit der Highline durch den Retter sicherzustellen</li> <li>• Ummantelung von Line und Backup um Schlaufen zu unterbinden</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>mittel</b> , da die Schlaufenbildung unterbunden wird. Patient kann Line manuell dämpfen. Außerdem Möglichkeit der Positionsänderung des Helikopters seitlich zur Line bis Leash leicht gespannt.			

Betroffenes System: <b>Highline</b>	Gestörte Funktion: <b>Lastabtrag</b>	Kritikalität: <b>gering</b>	Nummer: <b>4.8</b>
Mögliche Ursachen: <b>Steinschlag oder andere herabgeblasene Gegenstände durch Downwash</b>			
Beschreibung: Ein herabfallender Stein, Ast, Karabiner etc. ist ausreichend um die unter Spannung stehende Line zu kappen. In dieser Phase ist die Highline nicht mehr das lasttragende System ist. Dadurch ist ihre Anfälligkeit gegen Durchschlagen geringer. Ein Wegfall der nicht mehr lasttragenden Highline wird als nicht einflussreich angesehen			
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Säubern der Standplätze von losen Steinen und aufwirbelbaren Gegenständen</li> <li>• Unterbinden von Handlungen in der Nähe der Highline bei denen Gegenstände geworfen/losgetreten/etc. werden.</li> </ul>			
Kritikalität nach Maßnahme: <b>Gering.</b> Bei ausreichender Säuberung der Ankerplätze und entsprechendem Verhalten des Personals an den Standplätzen sehr unwahrscheinlich. Außerdem ist der Lastübertrag in das Helikoptertau in dieser Phase abgeschlossen.			

Betroffenes System: <b>Leash</b>	Gestörte Funktion: <b>Lastabtrag</b>	Kritikalität: <b>hoch</b>	Nummer: <b>4.9</b>
Mögliche Ursachen:			

Alles was zeitliche Verzögerungen beim Kappen der Leash erzeugen kann. z.B. ein Herunterfallen der Schere, schlechte Schnittleistung, widrige Umstände beim Schneiden etc.
Beschreibung: In dieser Phase wird die Funktion „Lastabtrag“ der Leash bewusst durch Kappen zerstört
Risikomindernde Maßnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kappvorgang erst starten, wenn die Bedingungen für einen schnellen Schnitt günstig sind</li> <li>• Nur eine einfache Leash die sich gut kappen lässt verwenden</li> <li>• Zweite Schere griffbereit bei Patienten. Gute Kommunikation falls der Schnitt misslingt</li> <li>• Bei anhaltenden Problemen frühzeitiges Einhängen der Notsicherung und Abbruch erwägen</li> </ul>
Kritikalität nach Maßnahme: <b>Hoch.</b> Durch zwei Personen in Schneidebereitschaft + gute Absprache -> gute Möglichkeit diesen Vorgang sicher und kurz zu halten.

Auf die Fehleranalyse des Gurtes in dieser Phase wird nicht gesondert eingegangen, da kein außergewöhnlicher Lastfall bekannt.

## Phase 5: Abtransport

Nach erfolgreichem Abschluss von Phase 4 ist der lasttragende Pfad alleine auf Heli, Tau und die Gurte beschränkt. Im Allgemeinen werden die Vorgänge in dieser Phase als gleich zu einer Rettung eines Kletterers angesehen.

Der Vollständigkeit halber sei allerdings nochmals erwähnt, dass Backupschlaufen falls vorhanden ungewollt um Extremitäten oder Ausrüstung von Retter und Patient gewickelt sein können. Dies stellt aufgrund der potentiell schweren Auflösbarkeit und resultierenden Konsequenz einen kritischen Fall dar. In dieser Analyse ist allerdings eine Ummantelung der Line und der Backups vorgesehen. Dadurch kann diese schwer zu beherrschende Gefahr aus dem realen Szenario für eine Übung eliminiert werden.

## 5. Resultierender Aufbau der Highline

Der gewöhnliche Aufbau einer Highline resultiert bereits in einem sehr hohen Sicherheitsstandard. Wie in Kapitel 3 beschrieben ist die einfache Redundanz in jeder einzelnen Komponente für den Normalfall absolut ausreichend. Nichtsdestotrotz schlagen wir für den speziellen Fall des planmäßigen Übungsszenarios einen besonderen Aufbau vor, welcher von dem gewöhnlichen Aufbau durch weitere Sicherheitskomponenten ergänzend abweicht um die bereits erörterten Sicherheitsbedenken bestmöglich auszuschließen, bzw. zu minimieren.

Für den besonderen Schutz der Line und des Backups werden diese durch einen 9m langen Feuerwehrschauch gefädelt, welcher in der Mitte der Line im Bereich des Patienten positioniert wird. Neben einem starken Abriebschutz im Falle eines Kontakts zwischen Tau/Flugretter und Line, schützt der Schlauch ebenfalls gegen herabfallende Teile z.B. im Falle eines Ausklinkens des

Taus. Außerdem werden die Schlaufen der nicht gespannten, redundanten Backup-Seile verdeckt, wodurch ein Verhängen in diesen Schlaufen bestmöglich verhindert wird.

Um den eventuell größeren einwirkenden Kräften auf das Gesamtsystem als im Normalfall gerecht zu werden (2 Personen in der Line; im schlimmsten Falle dynamischer Sturz von zwei Personen inklusive Tau in die Line; seitliche Auslenkung durch Hubschrauber) werden die Ankerpunkte mit ausreichend Sicherheitsreserve aufgebaut. Statt drei 10mm Bohrhaken, werden am westlichen Ankerpunkt vier 12mm Bohrhaken eingesetzt und am östlichen Ankerpunkt eine Ausgleichsverankerung an 4 gesunden Bäumen (Stammdurchmesser ca. 30cm) errichtet. Als Mainline wird ein besonders starkes, zertifiziertes Highline-Gewebe verwendet (voraussichtlich RedTube, Slacktivity, Minimal Breaking Strength 36.9kN). Für die doppelte Redundanz im Falle eines Mainline-Versagens wird das Backup-System durch zwei getrennte Kern-Mantel-Seile aufgebaut. Diese bieten neben der ausreichenden Festigkeit ein höheres Sicherheitsmaß im Falle einer Schnittkantenbelastung durch Steine am Ankerpunkt oder scharfkantiges Material des Luftretters/Patienten.

Statt nur einem Leashring als Verbindungsmittel zwischen Leash und Line/Backup werden zwei geprüfte Leashringe verwendet, um den sehr unwahrscheinlichen Falle eines Materialversagens eines Ringes durch Redundanz zu sichern.

Als Sicherung des Patienten an der Line wird statt einer normalen Leash (Kletterseil in Schlauchband gefädelt) nur ein Strang neuwertiges Kletterseil verwendet. Das Durchtrennen der Leash wird durch das bewegliche Schlauchband über dem Seil deutlich erschwert und birgt das Risiko einer nicht komplett getrennten Sicherung, wodurch der sehr kritische Fall einer Fesselung des Hubschraubers entsteht ohne sichere Verbindung zwischen Flugretter/Patient und Line im Falle eines Ausklinkens des Taus. Durch die Verwendung eines einzelnen Kletterseiles wird die Situation vergleichbar mit einer Kapprettung eines Kletterers.

## 6. Resultierender Ablauf der Rettung im Übungsszenario

Aufgrund der Fehleranalyse lassen sich einige Positionen im Ablauf identifizieren die für eine gesteigerte Sicherheit der Beteiligten während der Übung erweitert werden sollten. Im Folgenden ist der Angenommene Ablauf aus Kap 2 wiederholt. Eine weitere Abstimmung/Ausarbeitung mit Piloten und Luftrettern und weitere Anpassungen sind explizit erwünscht.

<b>Rettungsphase</b>	<b>Besonderheit durch Übungsszenario</b>	<b>Aufgaben Flugretter</b>	<b>Aufgaben Patient</b>	<b>Aufgaben Beobachter</b>
0. Vorbereitung	Testen der Funkverbindung, Bereitschaft aller Funktionsträger, Material ist sicherzustellen.	Test Funkverbindung, Tau, Schere vorhanden	Test Funkverbindung, Erreichbarkeit der Highline von Hand bei Sitzen im Gurt, Selbstsicherungsschlinge vorhanden und lang genug, Kappschere vorhanden und gut erreichbar	Test Funkverbindung, Sicht auf Rettungsgeschehen, Gegencheck Patient
1. Anflug und Positionierung Helikopter mit Flugretter und Kappschlinge am Tau	Patient und Beobachter greifen bei falschem Anflug oder sonstigen Fehlerfällen ein	Abseilcheck variables Tau, Hubschrauber einweisen, Patient umfassen, Seilhygiene zwischen Tau, Highline und Leash	Bereitschaft signalisieren, Anflug überprüfen	Bereitschaft signalisieren, Anflug überprüfen
2. Einhängen des Patienten in Kappschlinge	Leash ist kürzer als gewöhnlich, Backupschlaufen an Highline sind nicht fest	Sicheres Einhängen des Patientengurtes in Kappschlinge, Seilhygiene zwischen Tau, Highline und Leash	Check ob Kappschlinge richtig in eigenen Gurt eingehängt, Achtet auf einhalten der Phasen und warnt FR bei Fehlerfällen. Greift bei nicht Lösen durch Flugretter ein	Überwacht Hubschrauberposition relativ zur Highline, Warnt bei Fehlerfällen, gibt Außeneinschätzung über Abbruch
3. Anheben durch Helikopter bis die Highline	Highline hat im Übungsszenario keine festen Backupschlaufen	Weißt Hubschrauber ein zur Entlastung der Highline und Herstellung eines	Checkt ob ungeplante Verbindungen mit der Highline bestehen. Achtet auf einhalten der	Überwacht Hubschrauberposition relativ zur Highline, checkt ob ungeplante

entlastet ist (Lastübertrag).		horizontalen Abstands von einer Leashlänge zur Highline ein. Checkt ob ungeplante Verbindungen mit der Highline bestehen. Beendet Anheben durch Hubschrauber bei Erreichen der Neutralposition der Highline. Dämpft eventuelles Aufschwingen der Highline manuell	Phasen und warnt FR bei Fehlerfällen.	Verbindungen mit der Highline bestehen, warnt bei Fehlerfällen, gibt Außeneinschätzung über Abbruch
4. Schnitt der Leash (Verbindung Klettergurt zur Highline)	Der Aufbau der Leash ist abgeändert um kurze Verweilzeit in dieser Phase zu ermöglichen. Nach einem Durchtrennen kann die Verbindung durch eine Selbstsicherungsschlinge am Patienten wieder hergestellt werden (falls Highline erreichbar). Für das Versagen/Verlust einer Schere ist der Patient auch mit einer ausgestattet	Trennt Verbindung zwischen Patientengurt und Highline in Neutralposition der Highline. Überprüft vor Schnitt ob eine ungewollte Verbindung besteht oder Rettungsequipment mit der Highline verhängt ist.	Überwacht ob FR erst im Neutralpunkt der Highline die Leash schneidet. Überprüft vor Schnitt ob eine ungewollte Verbindung besteht oder Rettungsequipment mit der Highline verhängt ist. Hält für Notfälle eine zweite Schere und eine Selbstsicherung bereit	Überwacht ob FR erst im Neutralpunkt der Highline die Leash schneidet. Überprüft vor Schnitt ob eine ungewollte Verbindung besteht oder Rettungsequipment mit der Highline verhängt ist.



5. Abtransport	Keine	Weißt Hubschrauber ein, geregelter Abflug von Station	keine	keine
----------------	-------	---	-------	-------