

Schweizerische Lebensrettungs-Gesellschaft SLRG  
Société Suisse de Sauvetage SSS  
Società Svizzera di Salvataggio SSS  
Societad Svizra da Salvament SSS



Mitglied des Schweizerischen Roten Kreuzes SRK

**SLRG SSS**

**SLRG SSS**



## Tragverhalten von Eis

Entscheidungshilfe für die Freigabe/Sperrung  
von Eisflächen auf natürlichen Gewässern

Herausgeberin:

Verfasser:

Illustrationen/Fotos:

Edition:

Copyright

Schweizerische Lebensrettungs-Gesellschaft SLRG, 6210 Sursee

Prof. Dr. Hans Röthlisberger, ETH Zürich

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie

Prof. Dr. Hans Röthlisberger, ETH Zürich, in Zusammenarbeit mit der  
Kantonspolizei Zürich

3. Ausgabe 2012

© SLRG/SSS / Nachdruck ohne Bewilligung verboten

# Tragverhalten von Eis

## Entscheidungshilfe für die Freigabe/Sperrung von Eisflächen auf natürlichen Gewässern

Inhalt

### 0. Vorbemerkung

#### 1. Tragfähigkeit von Eis

- 1.1. Die Eisdecke als Floss
- 1.2. Die Eisdecke als Boot

#### 2. Eisqualität

- 1.1. Klar-Eis
- 1.2. Schnee-Eis
- 1.3. Lagiges Eis
- 1.4. Frühjahrs-Eis

#### 3. Störungen

- 1.1. Lufttemperatur
- 1.2. Wasserbewegung
- 1.3. Wasserspiegelschwankungen
- 1.4. Schmelzwasserlöcher
- 1.5. Schilfgürtel

#### 4. Beurteilung der Eisdicke

Messung und Beobachtung - Hinweise für Eisbeobachter

- 1.1. Eisdicke
- 1.2. Eisqualität
- 1.3. Verlauf des Zufrierens und des Wachstums
- 1.4. Witterung
- 1.5. Lokale Verhältnisse

#### 5. Empfehlungen und Regeln

## 0. Vorbemerkung

Die vorliegende Broschüre will in erster Linie den verantwortlichen Personen eine wichtige Entscheidungshilfe für die Freigabe resp. Sperrung von Eisflächen auf natürlichen Gewässern sein.

Kenntnis und Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse sind aber nach wie vor von zentraler Bedeutung.

Die Ausführungen beruhen auf den zur Zeit bekannten wissenschaftlichen Erkenntnissen. Trotzdem muss die Herausgeberin aus rechtlichen Gründen jegliche Haftung für Unfälle und Schäden ablehnen, die sich aus der Anwendung der in dieser Broschüre angegebenen Empfehlungen ergeben könnten. Die für die Entscheidung einer Freigabe oder Sperrung von Eisflächen zuständigen Stellen handeln in jedem Falle auf eigene Verantwortung.

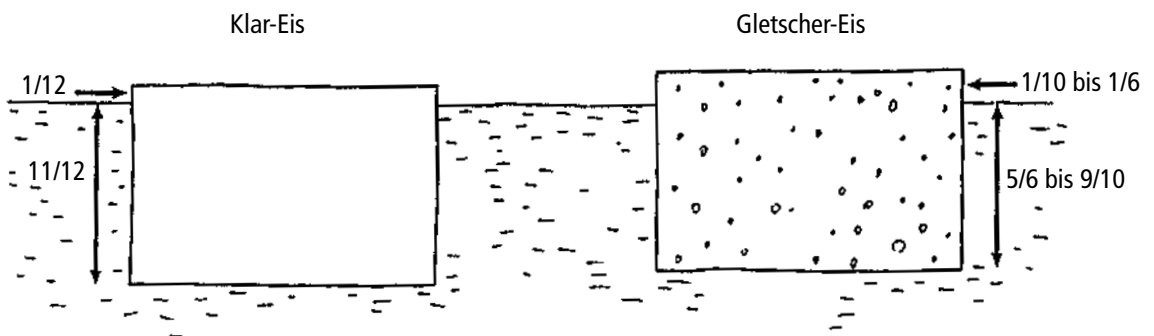
Einen herzlichen Dank geht an Herr Prof. Dr. Hans Röthlisberger für seine ehrenamtlich geleistete Mitarbeit.

# 1. Tragfähigkeit

## 1.1 Die Eisdecke als Floss

Eis ist etwas leichter als Wasser und kann deshalb - wie ein Floss - eine zusätzliche Last (Personen) über Wasser halten.

Weil der oft zitierte Eisberg viele Luftblasen enthält, ragt er immerhin  $1/10$  bis  $1/6$  aus dem Wasser. Bei einer glasklaren schwimmenden Eisdecke sind es lediglich  $1/12$ .

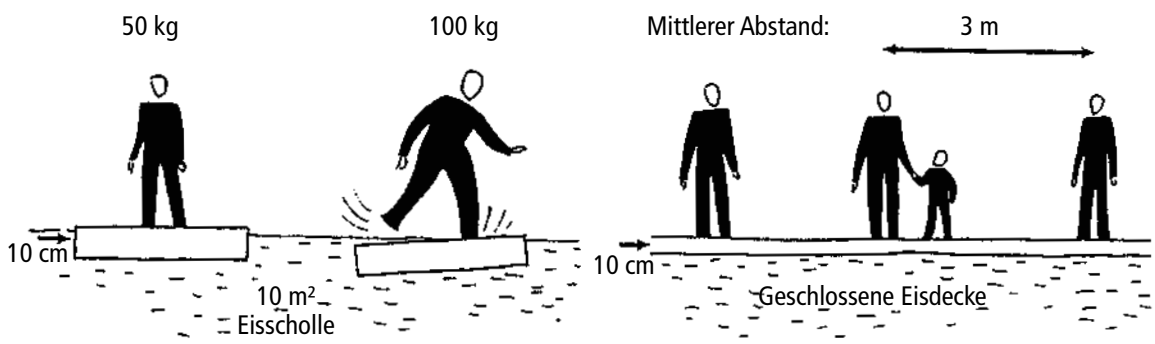


Rechnerisches Beispiel:

Klar-Eis hat ein spezifisches Gewicht von  $917 \text{ kg/m}^3$  und trägt deshalb höchstens  $83 \text{ kg}$  pro  $\text{m}^2$ .

Anders gesagt, benötigt eine  $83 \text{ kg}$  schwere Person bei  $10 \text{ cm}$  dicken Klar-Eis eine Fläche von mindestens  $10 \text{ m}^2$ . Dies gilt für eine Einzelperson auf einer Eisscholle ebenso wie wenn sich Hunderte über eine entsprechend grosse Fläche verteilen.

Der mittlere zu wählende Abstand zwischen Erwachsenen beträgt demnach bei  $10 \text{ cm}$  dickem Eis rund  $3$  bis  $3,5 \text{ m}$ , bei  $20 \text{ cm}$  Eisstärke also immer noch ca.  $1,5$  bis  $1,7 \text{ m}$ .



## 1.2 Die Eisdecke als Boot

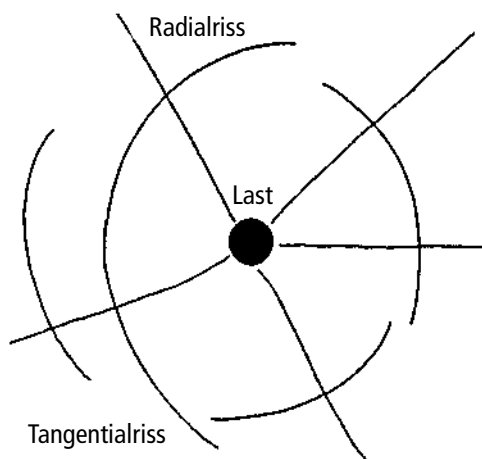
Eis ist elastisch und bei Kälte wasserdicht. Unter einer Last biegt sich die Eisdecke schüsselförmig durch; sie trägt wie ein Boot. Ist die Last zu schwer, bricht das Eis.



Vor dem Einbrechen reissen an der Unterfläche der Eisdecke Radialrisse auf, später öffnen sich an der Oberfläche die kreisförmigen Tangentialrisse. Bei starker Überbelastung (Zusammenballung oder viel zu dünnem Eis) erfolgt der Durchbruch unmittelbar, sonst kann geraume Zeit vergehen. Bewegte Lasten sind weniger gefährdet als stehende.

Radialrisse sind als Anzeichen ungenügender Eisdicke zu verstehen, z.B. wenn sich zu viele Leute auf zu engem Raum sammelndrängen.  
Tangentialrisse bedeuten Alarm!

Die Rissbildung ist meistens mit lautem Knall verbunden, der aber im Lärm untergehen kann, z.B. im Kindergeschrei bei einem Unfall. Im Falle von morschem Eis kann der warnende Knall auch ausbleiben.



Rechnerisches Beispiel:

Wegen des Zeitfaktors und der variablen Eisqualität lässt sich hier die Tragfähigkeit für Einzellasten nicht so eindeutig berechnen wie beim Floss. Eine brauchbare Formel, die bei Eisdecken über 5 cm eine genügende Sicherheit gewährt, lautet:

$$\text{Tragfähigkeit (kg)} = 5 h^2 \text{ (kg/cm}^2\text{); } h = \text{Eisdicke in cm.}$$

Der Sicherheitsfaktor nimmt bei dieser Berechnungsweise mit der Eisdicke zu. Für 10 cm dickes Eis finden wir eine Tragfähigkeit von 500 kg.

Kurzfristig vermag diese Eisdecke auch ein Fahrzeug von 1 t zu tragen, doch ist die Sicherheit dann nicht mehr gewährleistet.

Eine Gruppe eng beisammenstehender Personen kann ebenfalls als Einzellast betrachtet werden, wobei wegen der Verteilung der Last auf eine grössere Fläche die Sicherheit erheblich zunimmt.

## 2. Eisqualität

Im allgemeinen widerspiegelt die Eisdecke den Verlauf der Witterung, weshalb ganz unterschiedliche Eisarten anzutreffen sind.

### 2.1 Klar-Eis

Solches Eis entsteht, wenn die Wasseroberfläche ohne Störung durch Wind oder Schneefall gefriert. Es ist glasklar und wird auch als Schwarz-Eis bezeichnet, weil es die Durchsicht auf die dunklen Tiefen des Sees ermöglicht.

Klar-Eis weist die höchste Festigkeit auf und ist wegen der glatten Oberfläche für den Schlittschuhlauf besonders beliebt.

### 2.2 Schnee-Eis

Diese Art Eis bildet sich bei starkem Schneefall und tiefer Temperatur aus Schneematsch im Wasser, häufiger, wenn mehr Schnee auf eine bereits bestehende Eisdecke fällt als diese in der Art des Flosses tragen kann. Wasser, das durch Spalten und Löcher in der Eisdecke oder vom Ufer her eindringt, wandelt den Schnee zu Schneematsch; man spricht von „wasserzügigem“ Schnee. Wasserzügigkeit kann man daran erkennen, dass beim Bohren zur Eisdicken-Bestimmung Wasser austritt.

Wegen der isolierenden Wirkung des Schnees dauert es selbst bei grosser Kälte lange, bis dieser Schneematsch wieder gefriert. Zudem führt das nur langsam nachströmende Wasser dem Schneematsch weitere Wärme zu. Für die rasche Bildung einer tragenden Eisdecke ist es deshalb günstiger, wenn nach dem Schneefall Tauwetter einsetzt und Regen fällt, bevor eine nächste Kältewelle folgt. Günstigsten Falles entsteht dabei wieder eine glatte Oberfläche.

Verdichten des Schnees und künstliches Wässern sind mögliche Eingriffe zur Beschleunigung des Wiedergefrierens.

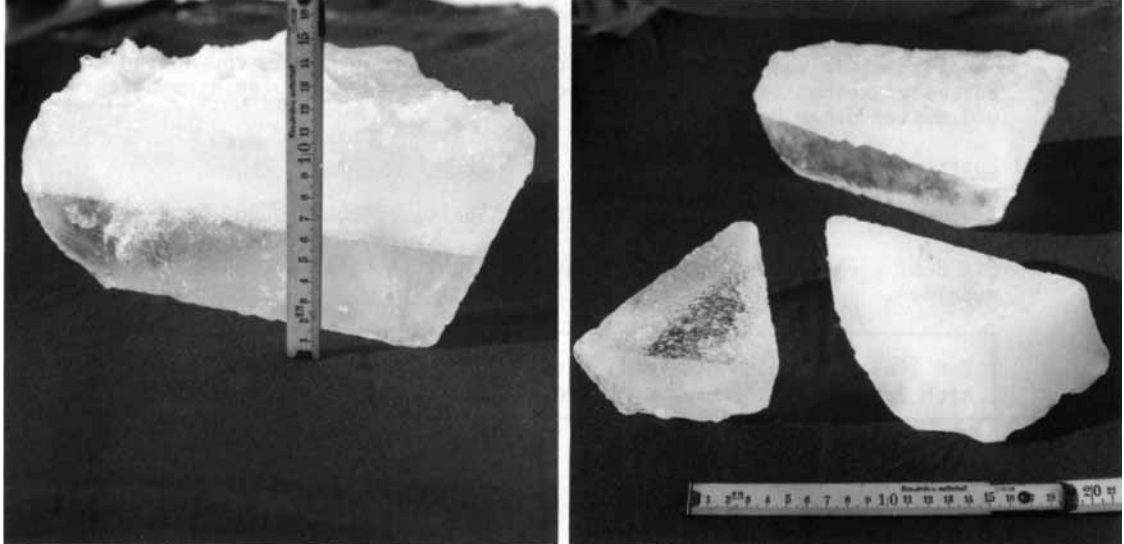
Die effektiv oder potentiell vorhandene Wasserzügigkeit muss berücksichtigt werden, wenn eine tief verschneite, gefrorene Wasserfläche für Sportanlässe freigegeben wird (Langlaufloipe, Pferderennen)

Die Festigkeit von Schnee-Eis ist geringer als die von Klar-Eis, weshalb bei der Berechnung der zulässigen Einzellast blasiges Eis nur mit der Hälfte der gemessenen Schichtdicke veranschlagt wird.

### 2.3. Lagiges Eis

Beim Wiedergefrieren nach Wasserzügigkeit entsteht eine Eisdecke, die aus mehreren Schichten aufgebaut ist. Es wird dann etwa von Sandwich-Eis gesprochen, besonders dann, wenn über Klar-Eis Lagen von Schneematsch, blasigem Schnee und Schnee folgen. Bei mehrmaligem Witterungswechsel kann der Aufbau noch komplizierter sein; dieser Fall tritt im Gebirge häufiger auf als im Mittelland.

Diese Eisart kann äusserst gefährlich sein, wie der tödliche Unfall eines Gemeindearbeiters zeigt. Er hatte in einem Schneeräumungsfahrzeug mit Kabine rund die Hälfte des Weiher überquert, als das Eis plötzlich brach. Ein eng begrenztes Gebiet, in dem die letzten paar Millimeter von Schneematsch zwischen blasigen und klarem Eis noch nicht gefroren waren, wurde ihm zum Verhängnis.



## 2.4 Frühjahrs-Eis

Infolge der kräftigeren Sonnenstrahlung wird das Eis im Frühjahr morsch. Die Tragfähigkeit der Eisdecke nimmt rasch ab, da die Korngrenzen schmelzen. Es gibt zwei Arten von Eis, die sich kristallografisch unterscheiden. Eine erste Art bleibt lange Zeit elastisch, weil die einzelnen Kristalle miteinander verzahnt sind. Bei der zweiten Art (dem Spargel-Eis) brechen sie wie Bündel von Eiszapfen auseinander. Beide Arten können nebeneinander vorkommen, während das verzahnte Eis noch voll trägt, bricht das Spargel-Eis sogar bei grosser Eisdicke unvermittelt durch.



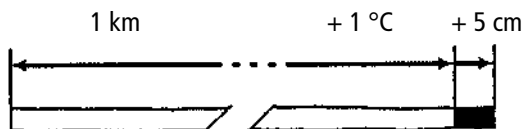
### 3. Störungen

Im allgemeinen wächst das Eis gleichmässig; Störungen, die von Anfang an auftreten können oder sich nachträglich einstellen, bedeuten eine Gefahr und müssen daher beachtet werden.

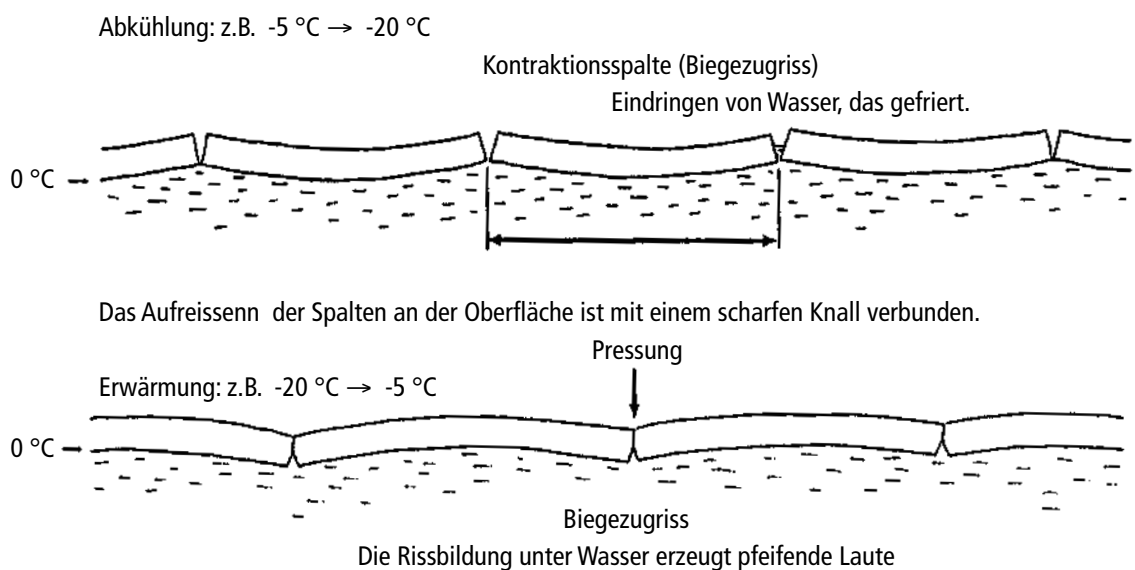
#### 3.1 Lufttemperatur

Temperaturschwankungen erzeugen Risse, Spalten, Hebungen und Senkungen. Eis dehnt sich bei der Erwärmung aus und zieht sich bei der Abkühlung zusammen.

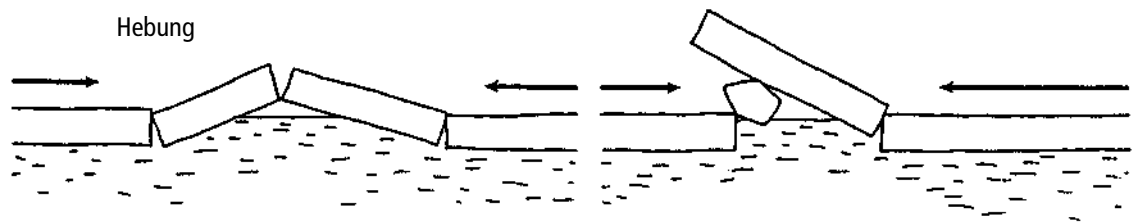
Der lineare Ausdehnungs-Koeffizient von  $0,00005 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  besagt, dass sich das Eis pro  $^\circ\text{C}$  Erwärmung pro Kilometer um 5 cm ausdehnt.



Da sich die Temperatur der Eisdecke nur an der Oberfläche verändert, am Kontakt mit dem Wasser dagegen immer bei  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$  liegt, führt bei Änderung der Lufttemperatur die einseitige Längenänderung zu Verbiegung der Eisdecke, zu Sprüngen, Spannungen und Pressungen.

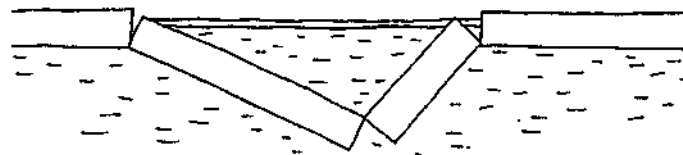


Fortgesetzte starke Temperaturschwankungen führen zu einer Kumulation der Pressungen.



Senkung: Todesfalle

frisch zugefroren trägt nicht !



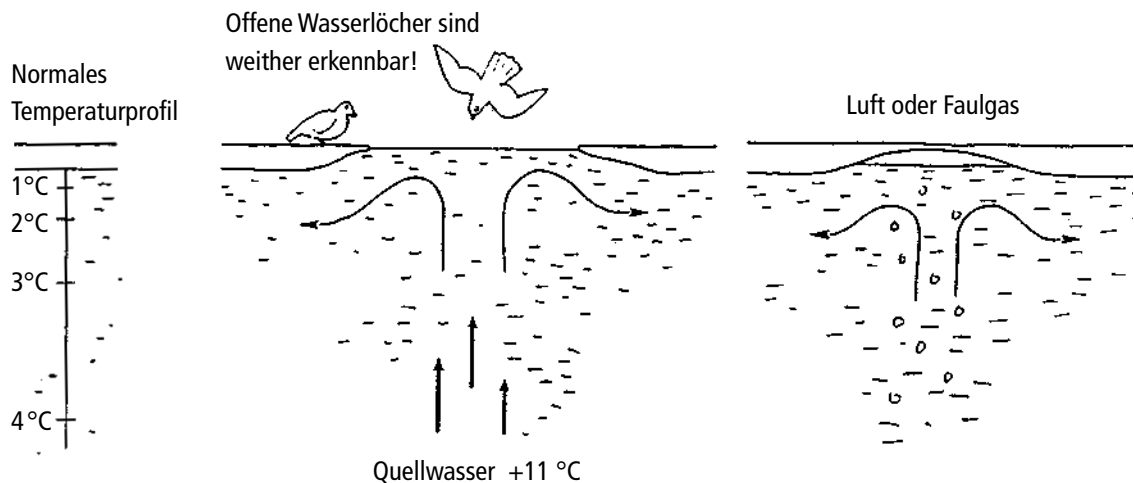
Betreten der Eisdecke bei schlechter Sicht (Schneetreiben, Nebel, nachts) und schnelles Befahren sind gefährlich.

Am Ufer verursachen die Pressungen Schäden.



### 3.2 Wasserbewegung

Ein- und Ausläufe von Bächen sind meist allgemein bekannt und auch sichtbar. Viel gefährlicher sind Quellen und Gasaustritte (Faulgas). Temperiertes Wasser, Luftblasen von Gebirgsquellen (z.B. Klöntalersee) oder Faulgas erzeugen Auftrieb und bringen wärmeres Wasser an die Oberfläche.



Gefrorene Flüsse und Kanäle sind viel gefährlicher als stehende Gewässer.

### 3.3 Wasserspiegel-Schwankungen

Da die Eisdecke auf dem Wasser schwimmt, macht sie die Seespiegel-Schwankungen in vollem Umfang mit. Nur in einem wenige Meter breiten Uferstreifen wird das Eis gestört: Es treten Verbiegungen, Brüche und Spalten auf, häufig begleitet von Wasseraustritten. Die Uferpartien von Stauseen erfordern deshalb besondere Beachtung. Bei kleinen Tümpeln kann unter Umständen das Eis bei einer Spiegel-senkung vorübergehend hängen bleiben und dann plötzlich einstürzen.

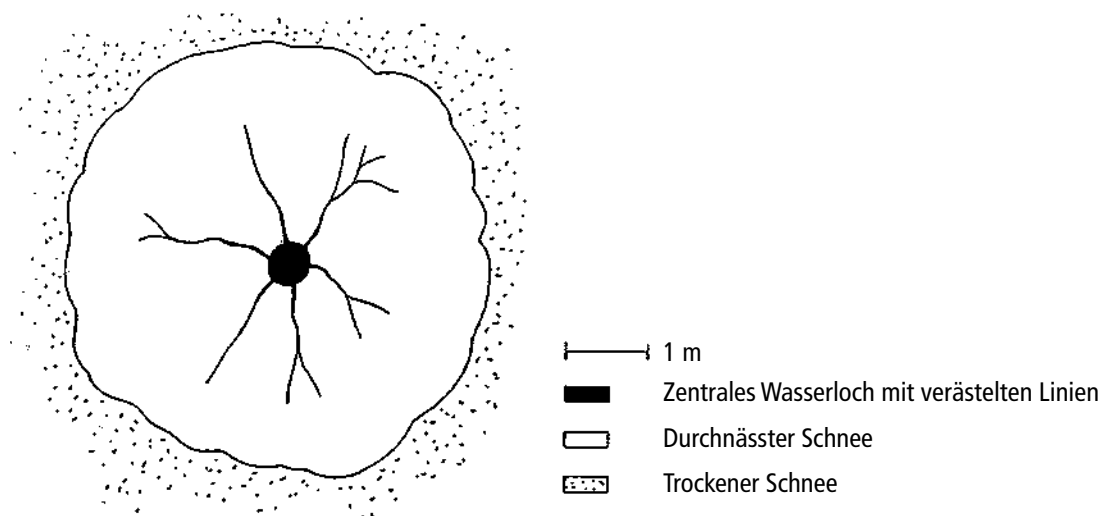
### 3.3 Schmelzwasser-Löcher

Bei starken Schneefällen wird durch die Neuschneelast an gestörten Stellen (z.B. in Rissen und am Ufer) Wasser aufs Eis gepresst (Wasserzügigkeit). Dabei weiten sich ursprünglich kleine Sickerstellen zu kreisrunden Wasserlöchern aus, deren Durchmesser einige Dezimeter betragen kann. Ringsum führen Rinnsale, durch die sich das Wasser in der Schneedecke verteilt, sich verästelnd radial nach aussen. Folgt Regen oder Schneeschmelze, so fließt überschüssiges Wasser durch dieselben Rinnen und Wasserlöcher wieder ab. Diese Flutungs- und Drainage-Systeme zeichnen charakteristische, polypenartige Figuren auf die Eisoberfläche, die sich nach dem Wiedergefrieren erhalten. Häufig sind sie längs ehemaliger Spalten angeordnet.

Das Wiedergefrieren geht je nach der ausgetretenen Wassermenge unterschiedlich rasch vor sich.

Beim Betreten der Eisdecke nach Wasserzügigkeit ist höchste Vorsicht erforderlich, vor allem rings um die Wasserlöcher.

Wegen der Unebenheit sind die „Polypen“ vom Schlittschuhläufer auch später zu beachten.



### 3.4 Schilfgürtel

Die Bewachsung mit Schilf lässt wegen vermindertem Wellenschlag frühes Gefrieren erwarten, abgesehen davon, dass sich das Eis in seichten Zonen oft früher bildet als über tiefem Wasser. Dagegen wirkt tags die Einstrahlung in den bewachsenen Uferstreifen stärker als auf der offenen Seefläche und nachts ist die Ausstrahlung geringer.

Die relative Eisstärke innerhalb und ausserhalb des Schilfgürtels hängt daher stark von den jeweiligen Witterungsverhältnissen ab, so dass keine allgemein gültigen Regeln gegeben werden können. Klarheit schafft hier nur die wiederholte, lokale Kontrolle. Schilfgürtel sind aber nicht zuletzt aus Gründen des Naturschutzes möglichst zu meiden.

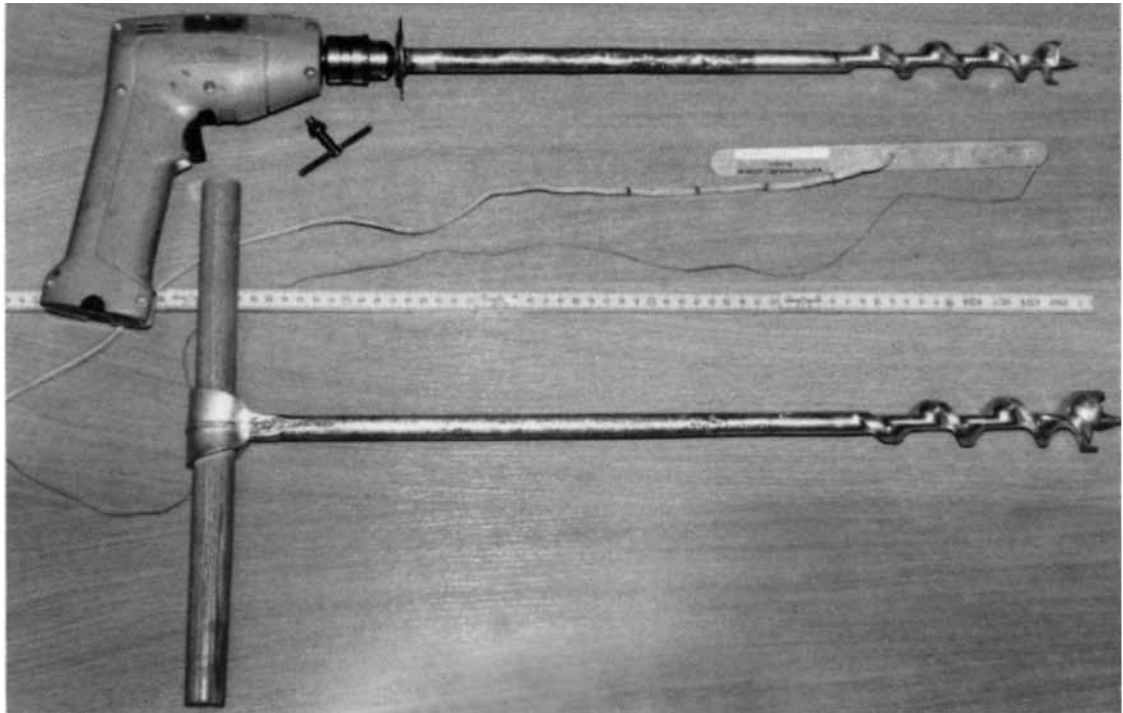
## 4. Beurteilung der Eisdicke

Messung und Beobachtung – Hinweise für Eis-Beobachter

### 4.1 Eisdicke

Messung: Am besten in Bohrlöchern.

Werkzeuge: Schlangenbohrer mit verlängerter Achse, gut geschärfter Eismeissel, Messstab mit Anschlag oder Kippstab.



Verteilung der Messstellen: Mehrere Bohrungen über die ganze Fläche verteilt - Ufer, Mitte, Buchten.

Zusätzliche Prüfungsmöglichkeit: Dünnes Eis (5 - 7 cm) schwingt spürbar beim Begehen (einzeln oder in Gruppen), lässt sich auch absichtlich aufschaukeln. Ausgehend von Stellen mit bekannter Eisdicke kann die Eisdecke auf Gleichmässigkeit überprüft werden - verstärktes Schwingen zeigt dünnes Eis an. So lassen sich grosse Flächen rascher prüfen als mit Dutzenden von Bohrungen.

### 4.2 Eisqualität

Methode: Herausschneiden von Eisproben.

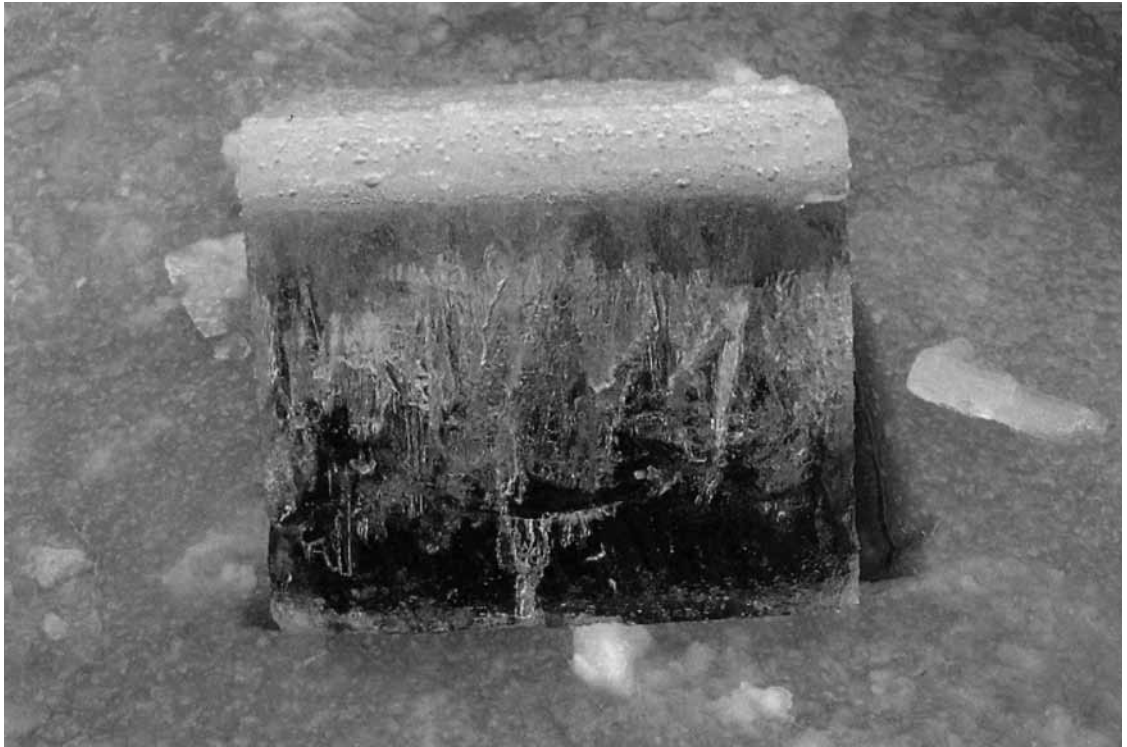
Werkzeuge: Pickel oder Meissel, grob gezählter Fuchsschwanz oder Handsäge für Holz, Motorsäge.

Verteilung: Nach Ergebnis der Bohrungen an verschiedenen Stellen. Nach Wasserzügigkeit ist genau zu prüfen, ob der Schneematsch vollständig gefroren ist: Nasse Schicht beim Bohren, Auseinanderfallen der Proben aus Sandwich-Eis sprechen dagegen. Kritische Stellen finden sich in der Nähe von Wasserlöchern, ferner dort, wo am meisten Schnee lag. Aus dem Bohrloch austretendes Wasser (artesischer Brunnen) zeigt potentielle Wasserzügigkeit an, die bei Tauwetter rasch zur Versumpfung des Schnees führt.

### 4.3 Verlauf des Zufrierens und des Wachstums der Eisdecke

Es ist äusserst wichtig, dass sich der Beobachter ein Bild der Entstehung der Eisdecke macht, damit er weiss, wo sich offenes Wasser am längsten gehalten hat, wo mehr Schnee liegt als anderswo, wo Wasserzügigkeit aufgetreten ist.

Besondere Beachtung verdienen Uferpartien, wo unter dem Schutz grosser Bäume das Eis möglicherweise langsamer wächst und wo der herunterfallende Rauhref das Eiswachstum zusätzlich behindert.



### 4.4 Witterung

Wetterbeobachtungen sind ein wichtiges Hilfsmittel. Das Eiswachstum lässt sich aber nicht vom Büro aus ermitteln, da zu viele Faktoren eine Rolle spielen. Immerhin geben die Summenwerte der negativen Grad-Tage einen wichtigen Hinweis auf das Eiswachstum.

Bei der Freigabe von Eisflächen wird man bestimmt den Wetterbericht berücksichtigen.

### 4.5 Lokale Verhältnisse

Über die Auswirkung von Bachläufen und das allfällige Vorhandensein von Störungen durch Quellen und Faulgas wissen lokale Vertrauenspersonen meistens bestens Bescheid. Sonst sind detaillierte Beobachtungen unumgänglich.

## 5. Empfehlungen und Regeln

- Bei den ersten Kontrollgängen ist besondere Vorsicht geboten: Mitführen von Leitern, Seilen, Gummiboot auf Kufen, Tragen von Schwimmwesten, Gletscherpickel oder Eiskralen zur Selbsthilfe.
- Die Eisbeobachtung und Eisdicken-Messung soll früh einsetzen und darüber Buch geführt werden.
- Erforderliche Eisdicke:
  - vereinzelte Personen            5 cm
  - geringer Andrang                7 - 8 cm
  - grosser Andrang                 10 - 12 cm
  - Fahrzeuge von 1 t                15 cm
- Bei blasigem Schnee-Eis darf nur die Hälfte, höchstens aber  $\frac{3}{4}$  der gemessenen Eisdecke in die Rechnung einbezogen werden.
- Nach Tauwetter, speziell aber nach Wasserzügigkeit bei Schneefall ist dem Schneematsch volle Aufmerksamkeit zu schenken: Das „Sandwich-Eis“ muss wieder überall durchgefroren sein.
- Bei wiederholtem starkem Temperaturwechsel ist mit Eispressungen zu rechnen, die Absperrungen erforderlich machen können.
- Bei ungleichmässiger Eisdicke und Eisqualität empfiehlt es sich, die Eisfläche nur zum Teil freizugeben oder teilweise abzusperren. Nur überprüfte Flächen freigeben. Bekannte Störzonen sind immer zu markieren oder abzusperren. Absperrungen gegen Verrutschen sichern.
- Rettungsmaterial frühzeitig bereitstellen.
- Die Zugänge zum Eis erfordern besondere Aufmerksamkeit.
- Bei Sportanlässen sind starke Massierungen durch organisatorische Massnahmen zu verhindern. Start und Ziel für den Langlauf sind wenn möglich aufs Land zu verlegen, jedenfalls bei potentieller Wasserzügigkeit.
- Bekanntmachung der Öffentlichkeit beim ersten Gefrieren: Wer eine schöne Eisfläche wünscht, trägt ihr von Anfang an Sorge.

# 6

## Eisregeln Règles de comportement sur la glace Regole del ghiaccio

Schweizerische Lebensrettungs-Gesellschaft SLRG  
Société Suisse de Sauvetage SSS  
Società Svizzera di Salvataggio SSS  
Societad Svizra da Salvament SSS



Eisflächen nur betreten, wenn sie von der Behörde freigegeben worden sind.

Ne pas s'aventurer sur des surfaces gelées avant que celles-ci aient été déclarées accessibles par les autorités compétentes.

Accedi sul ghiaccio solamente dopo il controllo e l'autorizzazione delle autorità responsabili.



Rettungsgeräte (Leitern, Stangen, Ringe, Bälle, Leinen usw.) sind keine Spielzeuge.

Ne pas jouer avec les engins de sauvetage (échelles, perches, anneaux, balles et cordes).

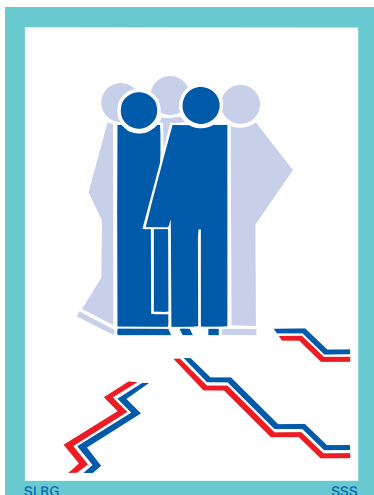
Le attrezzature di salvataggio come scale, stanghe, anelli, palle e corde non sono giocattoli.



Die Anweisungen der Ordnungsorgane und der Behörden sind strikte einzuhalten.

Observer les consignes des organes de contrôle et des autorités compétents.

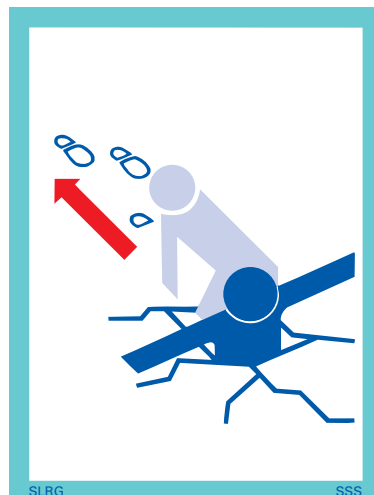
Anche sul ghiaccio devi attenerti alle prescrizioni degli organi responsabili e delle autorità.



Bei Rissbildung, verursacht durch Tauwettereinbruch, sind Massenansammlungen zu vermeiden.

Éviter le rassemblement de personnes lorsqu'un redoux de la température provoque des fissures.

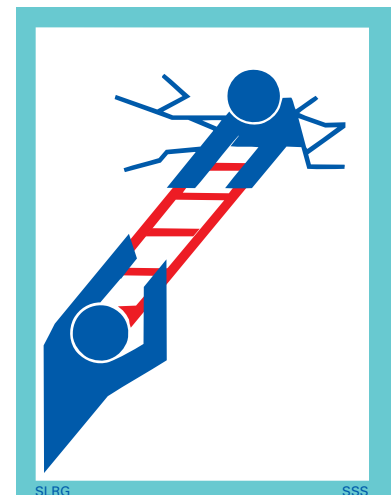
Se si presentano screpolature provocate dall'aumento della temperatura, evitare gli assembramenti di massa.



Selbstrettung bei Eiseinbruch! – Sofort Arme ausbreiten und versuchen in der gleichen Richtung auszustiegen, aus der man gekommen ist.

En cas de rupture de la glace, écartez immédiatement les bras et sortez de l'eau du côté par lequel on est arrivé.

Se il ghiaccio si rompe sotto il tuo peso, allarga subito le braccia, e cerca di uscire nella stessa direzione da dove sei entrato.



Eiseinbruch! – Sofort weitere Helfer alarmieren und sich nur in Bauchlage und einem Rettungsgerät dem Eingebrochenen nähern.

Rupture de glace! – Alerter immédiatement d'autres sauveteurs, saisir un engin de sauvetage et s'approcher de la victime en rampant sur la glace.

Qualcuno cade in acqua per rottura del ghiaccio! – Allarma subito qualche collaboratore e avvicinati all'infortunato strisciando sul ventre, assicurato con una attrezzatura di salvataggio.

Bezug der SLRG-Eisregeln:  
Über die Geschäftsstelle und im Internet

Format A4 auf Papier

Format A4 plastifiziert

Format 50 x 70 cm, Alutafel,  
mit austauschbarer Zusatzinformation

info@slrg.ch · www.slrg.ch



SLRG Geschäftsstelle  
Schellenrain 5  
6210 Sursee

Tel. 041 71 925 88 77  
info@slrg.ch  
www.slrg.ch

Ihre Rettungsschwimmer

