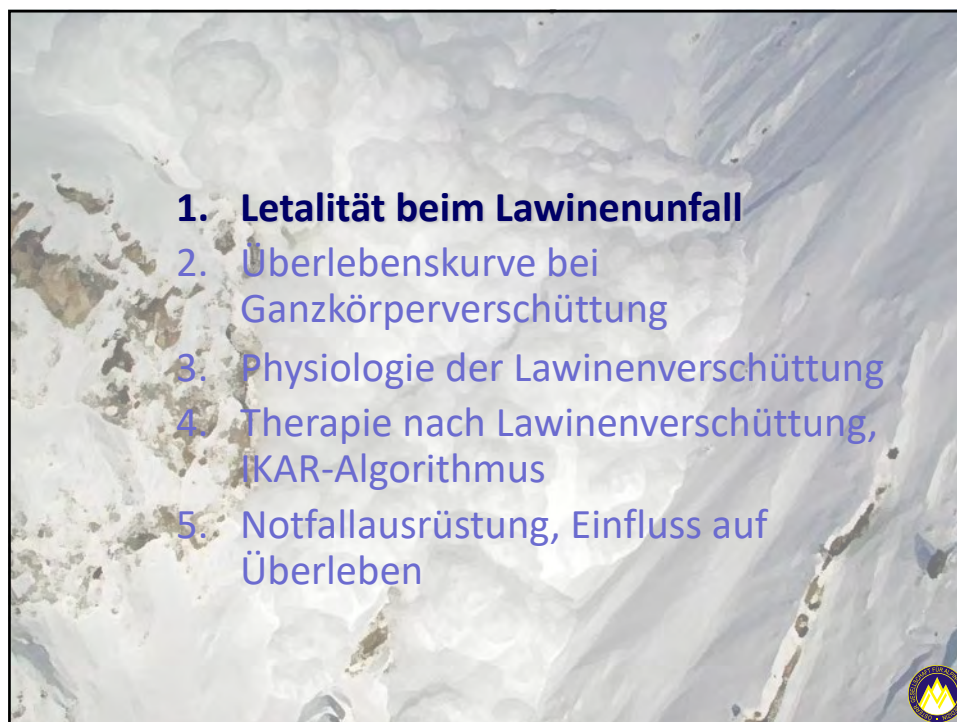
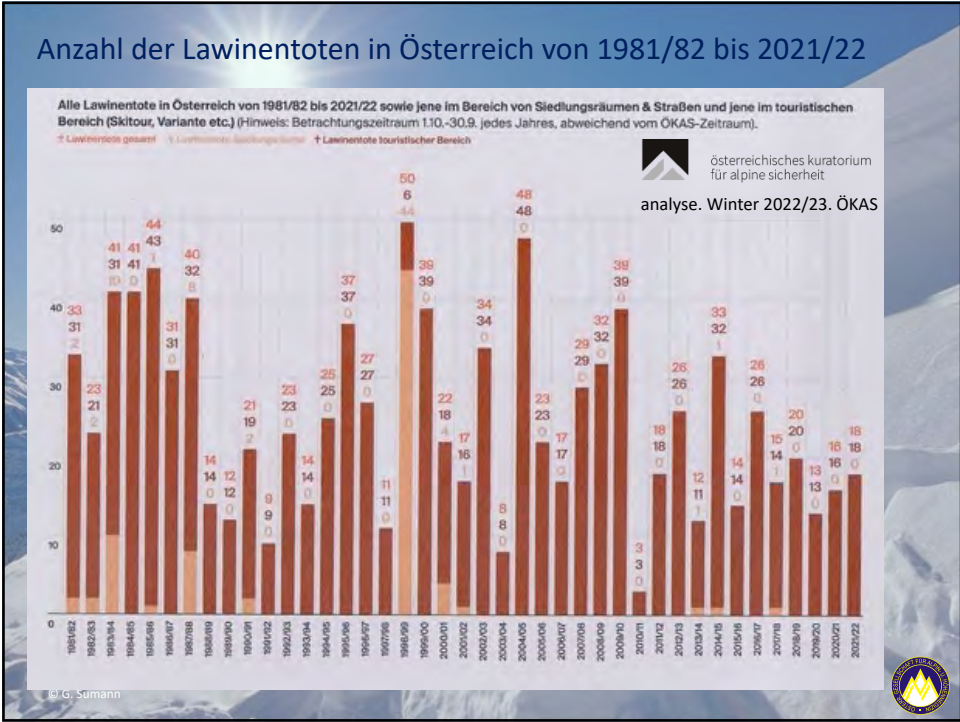




1



2



3



4



Tödliche Lawinenunfälle weltweit

Österreich (1993-2013) : **513** in 20 Jahren
Lawinenwarndienst, 2014

Europa und Nordamerika: **~150/Jahr**
Etter HJ. EISLF, 2010

British Columbia u. Alberta, Canada
(1984-2005): **204**
Boyd et al. CMAJ, 2009

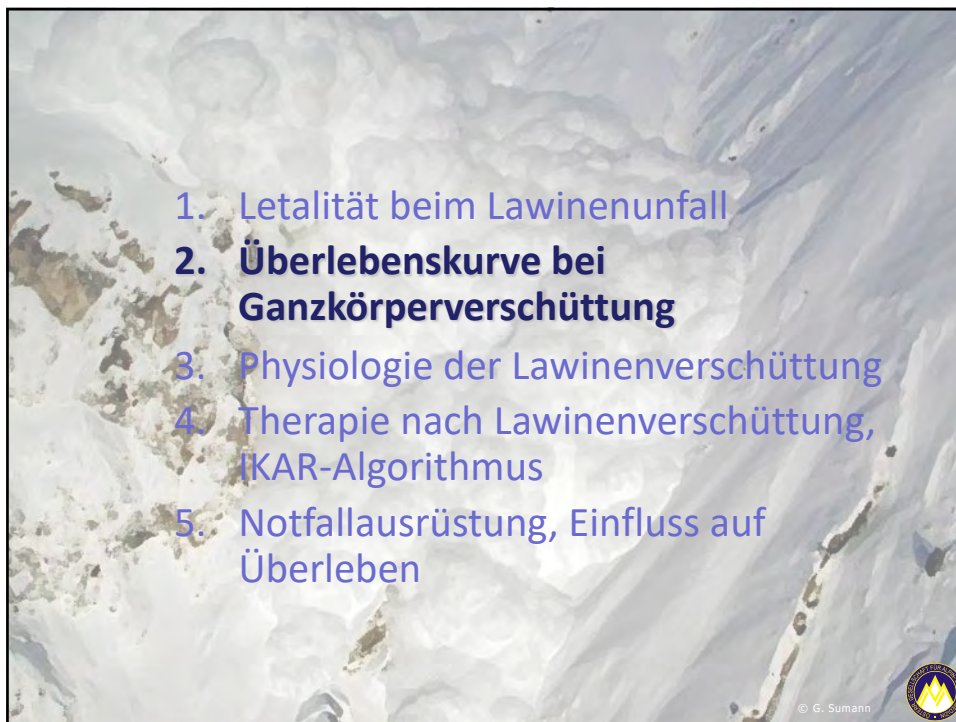
Utah (1989-2006): **56**

Südostanatolien, 1992	284 Tote	McIntosh, WEMJ, 2007
Kashmir, 1995	> 200 Tote	
Kasmir, 2012	135 Tote	

© G. Sumann



5



1. Letalität beim Lawinenunfall
2. **Überlebenskurve bei Ganzkörperverschüttung**
3. Physiologie der Lawinenverschüttung
4. Therapie nach Lawinenverschüttung, IKAR-Algorithmus
5. Notfallausrüstung, Einfluss auf Überleben

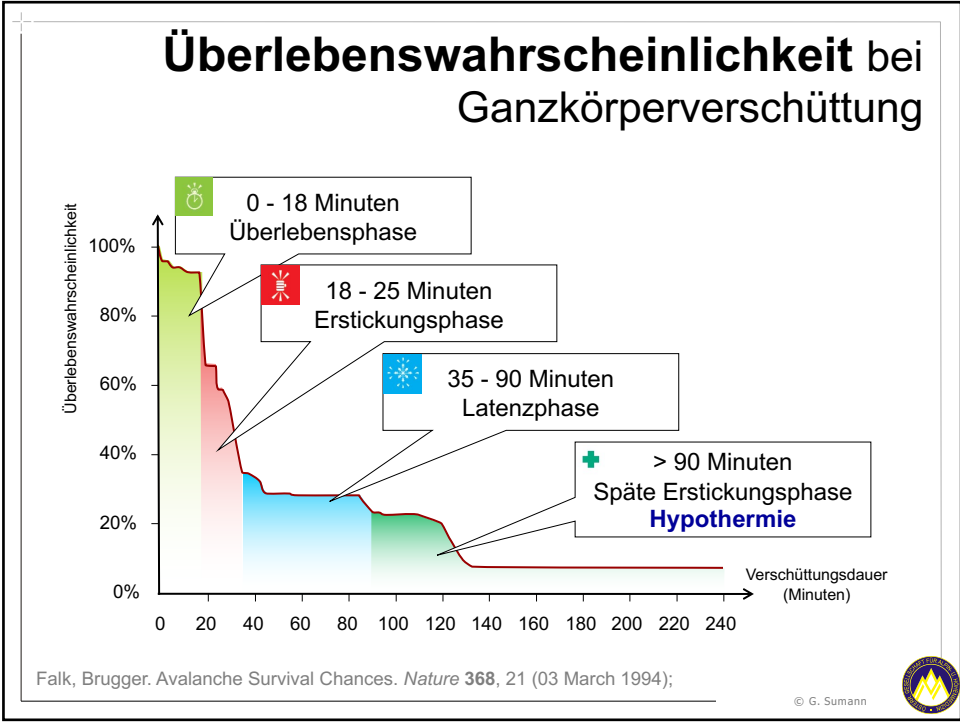
© G. Sumann



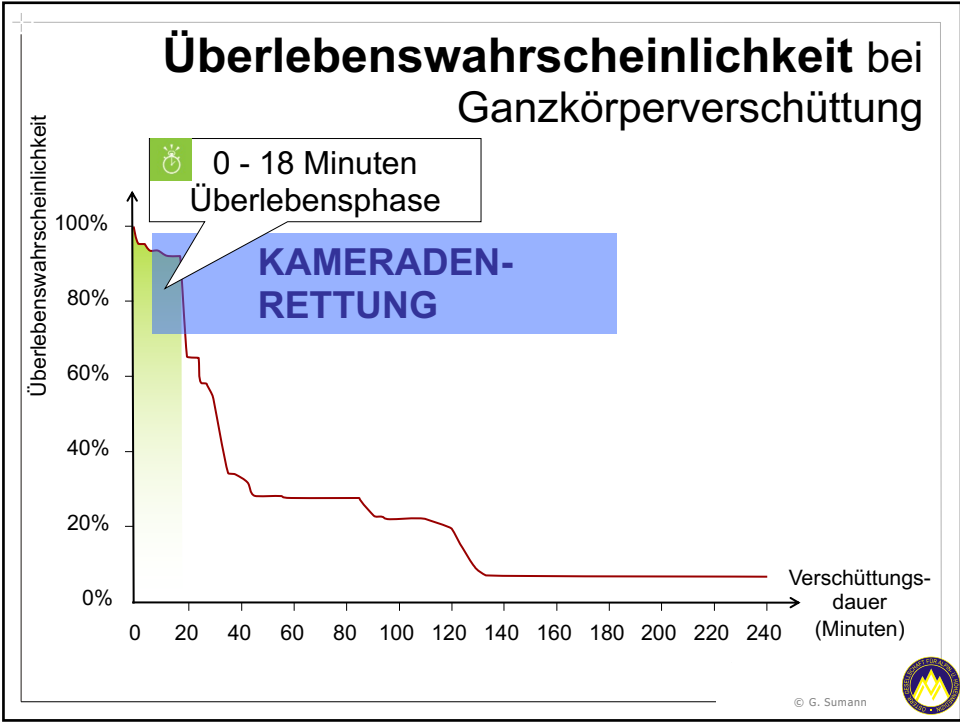
6



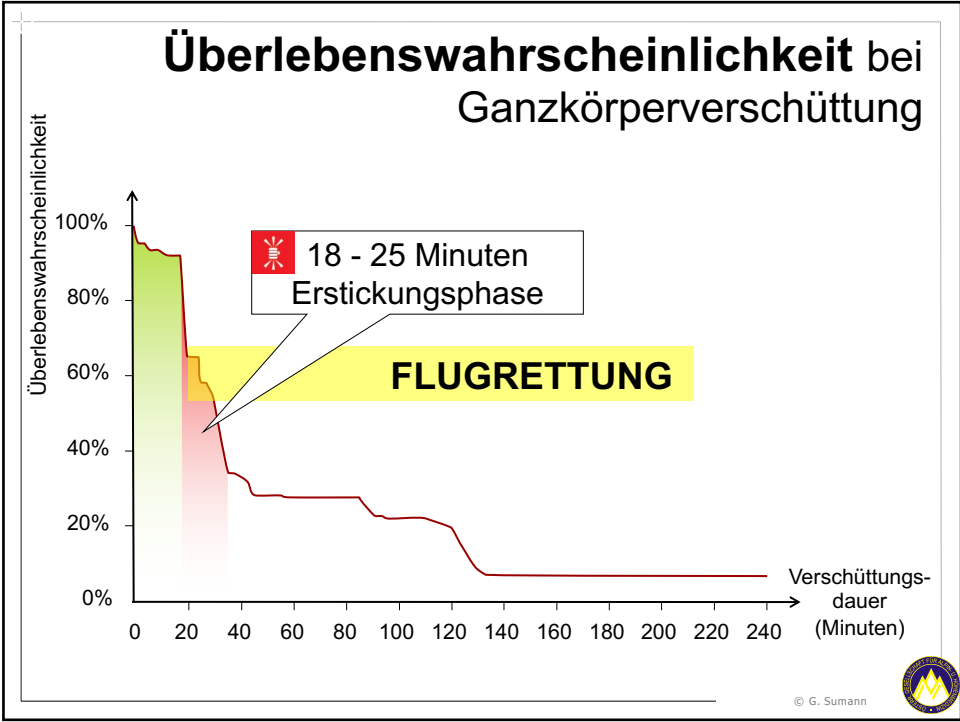
7



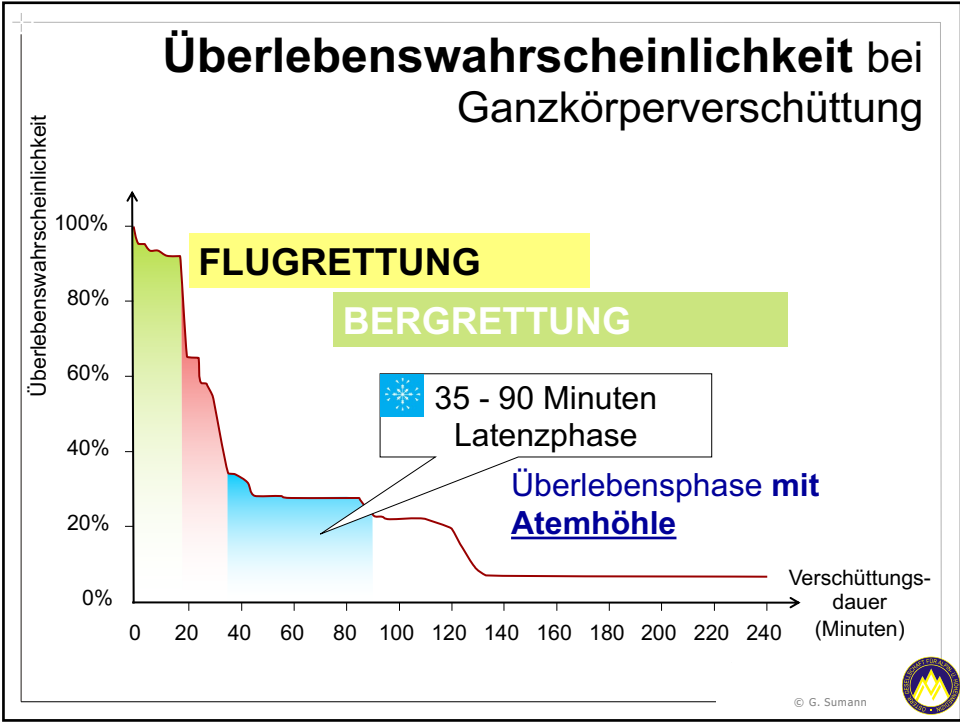
8



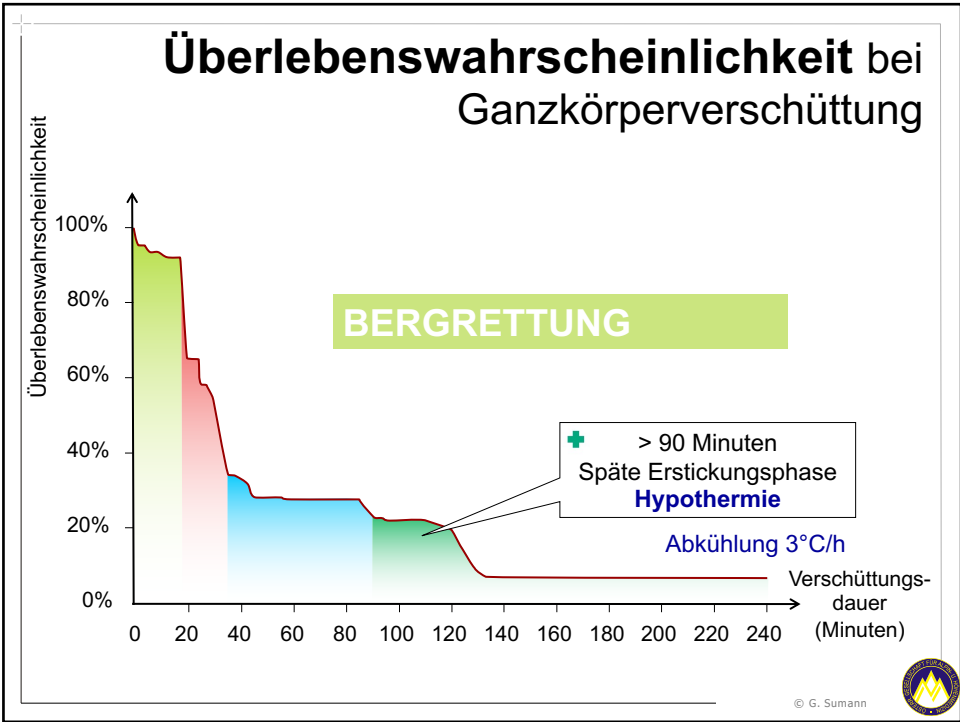
9



10



11



12

Überlebenswahrscheinlichkeit bei Ganzkörperverschüttung

- nach **18 Minuten** leben noch **91 %** der Ganzkörperverschütteten
- **15-35 min:** OHNE ATEMHÖHLE rasches Absinken durch ASPHYXIE (= ERSTICKEN)
- Nach **35 Minuten** leben nur noch **34 %**
- nach **2 Stunden** leben nur noch **7 % !**

Vorhandensein einer ATEMHÖHLE und FREIE ATEMWEGE ermöglichen Überleben über 90-120 min oder länger !

Brugger H et al. (2001). Field management of avalanche victims. Resuscitation 51:7-15

Lawinenkolloquium

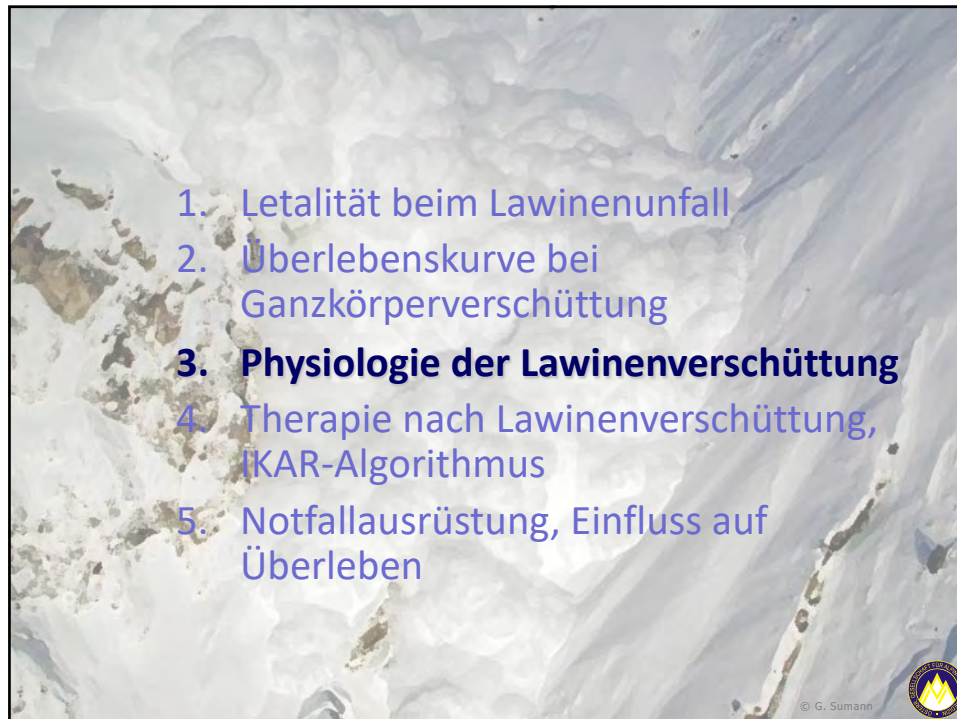
13

Definition der Atemhöhle

- (Jeder Luftraum vor Mund und Nase ungeachtet dessen Größe)
- **Freie Atemwege**

Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L (1996) On-site triage of avalanche victims with asystole by the emergency doctor. Resuscitation 31, 11-16

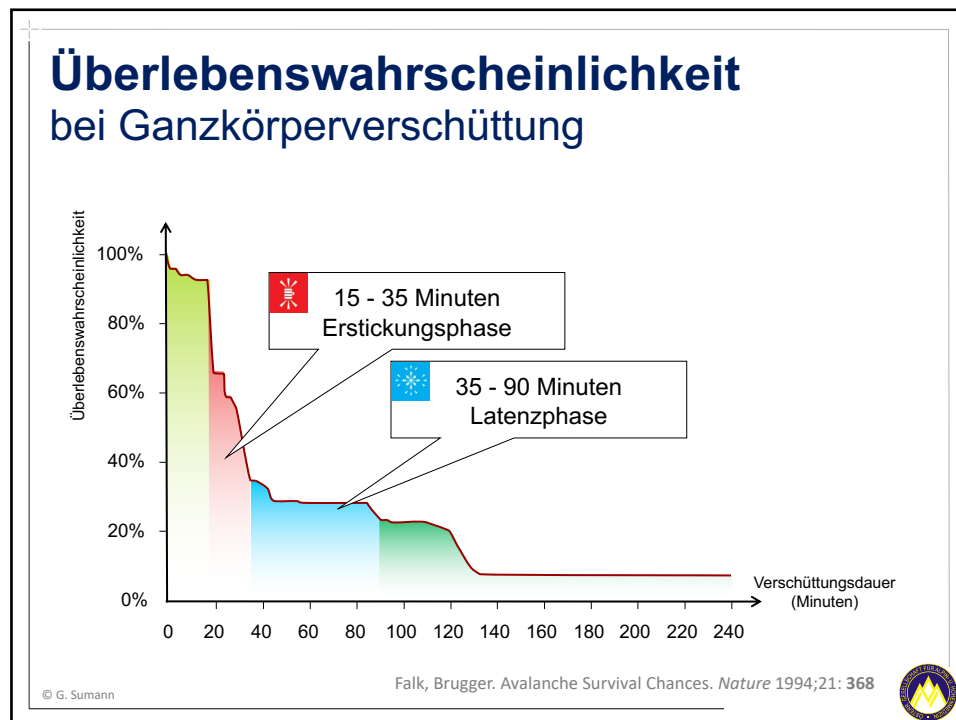
14



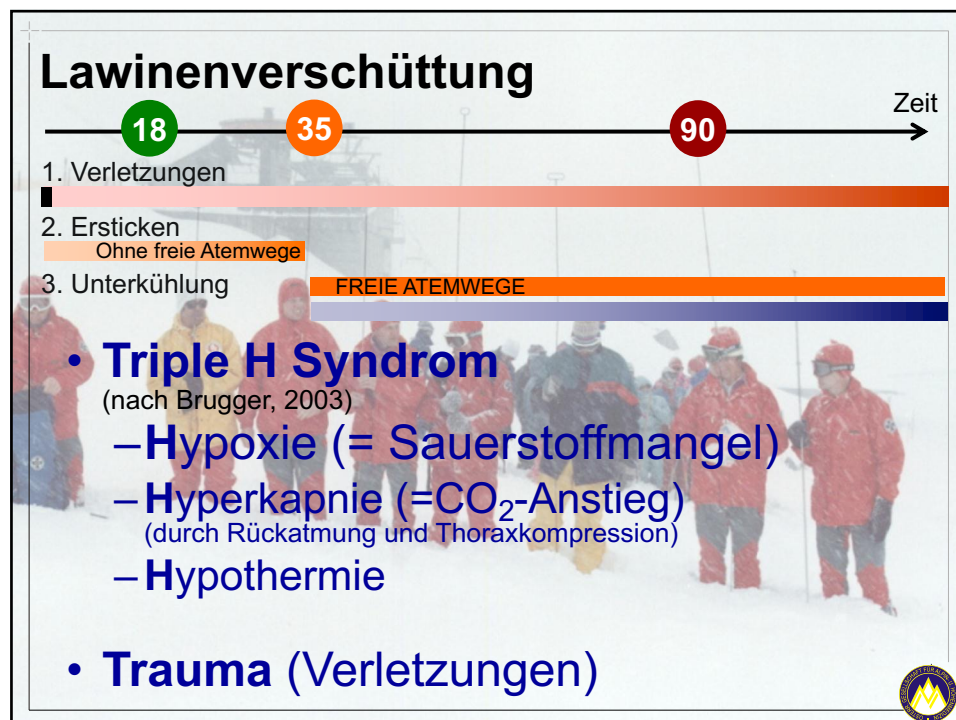
15



16



17



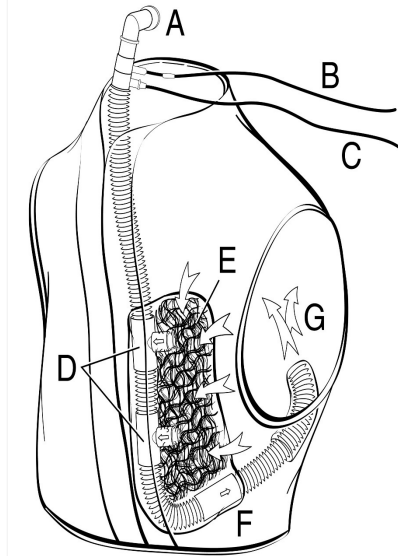
18

Die AVALUNG™ Rettungsweste

Funktionsprinzip:

- Ableitung der Ausatemluft zum Rücken,
- Trennung von Einatem- von Ausatemluft
- Inspirationsluft aus Schnee

(A) Mundstück, (D) Einwegventile,
(E) Plastiknetz-Atemhöhle
(F) Ausatemventil, (G) Ausatemluft



© G. Sumann



19

RESPIRATION DURING SNOW BURIAL USING AN ARTIFICIAL AIR POCKET

Grissom CK, Radwin MI, et al. JAMA 2000;283, 2266-2271

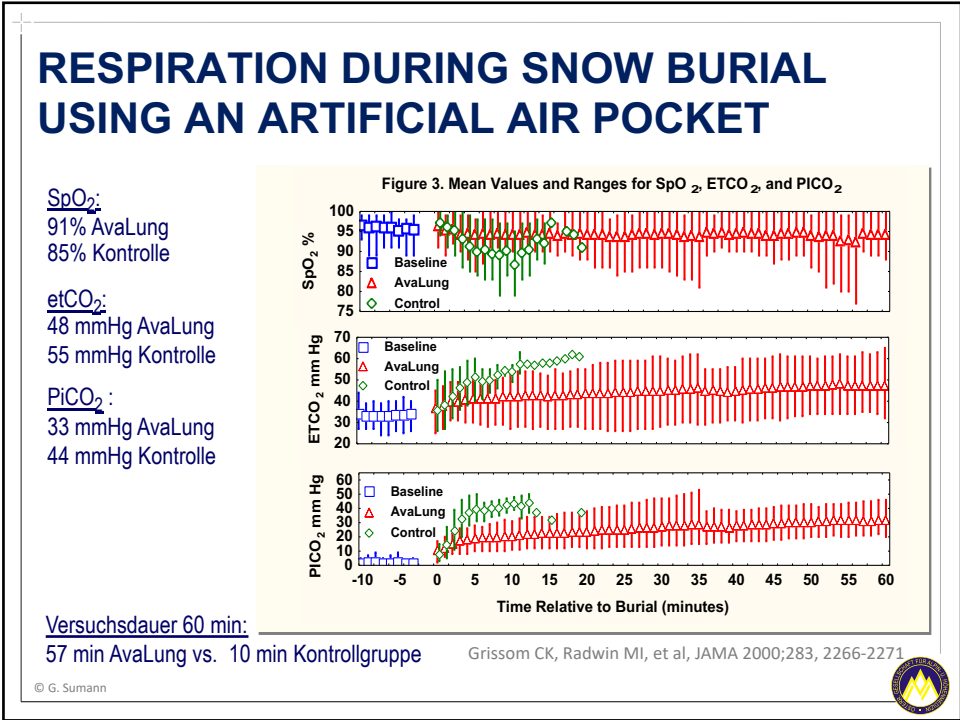
Probanden wurden 60 min vergraben



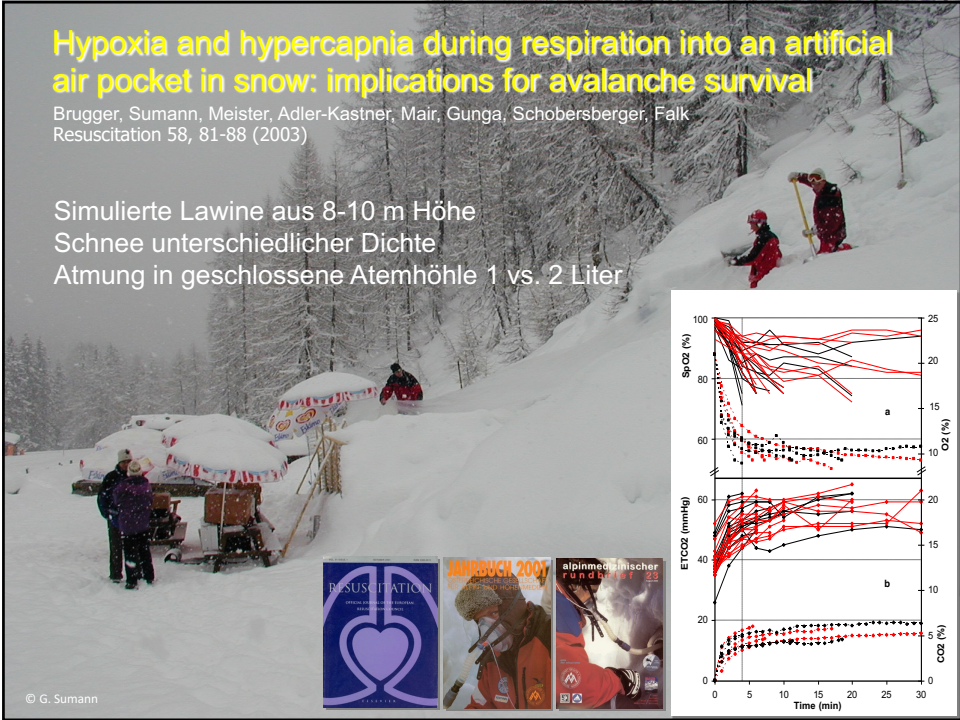
© G. Sumann



20



21



22

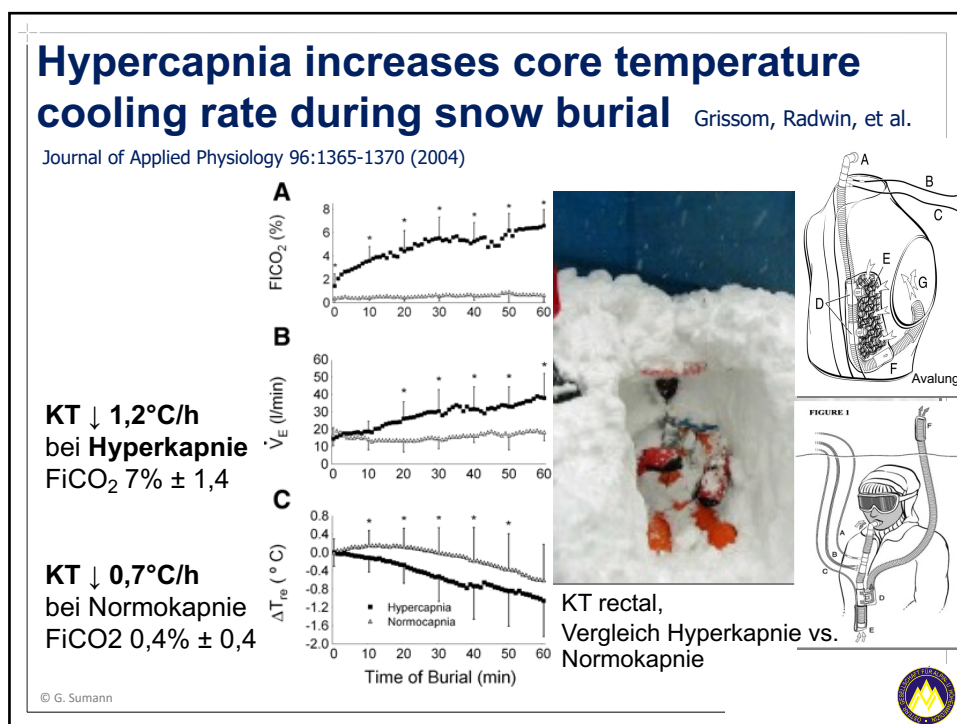
VERDRÄNGUNGS-ASPHYXIE

$$P_{AO_2} = P_{IO_2} - P_{ACO_2}/R$$

Die Ausbreitung eines physiologisch inerten Gases in einem geschlossenen Raum verringert die Sauerstoffkonzentration durch Verdrängung oder Verdünnung

© G. Sumann

23



24

Körperkerntemperatur und Hyperkapnie

KT ↓ 1,28°C/h ± 0,4 bei Hyperkapnie FiCO₂ 5%
KT ↓ 0,97°C/h ± 0,4 bei Normokapnie (Umgebungsluft)

Grissom et al, Aviat Space Environ Med. 2008 Aug;79(8):735-42.

HYPERKAPNIE beschleunigt Abkühlung durch:

- Herabsetzen der Schwellentemperatur für Muskelzittern
- Wärmeverlust ↑ durch Hyperventilation

Johnston et al. 1996, Wagner et al. 1983, Bullard/Crise 1961

Klinische Relevanz noch ungeklärt!



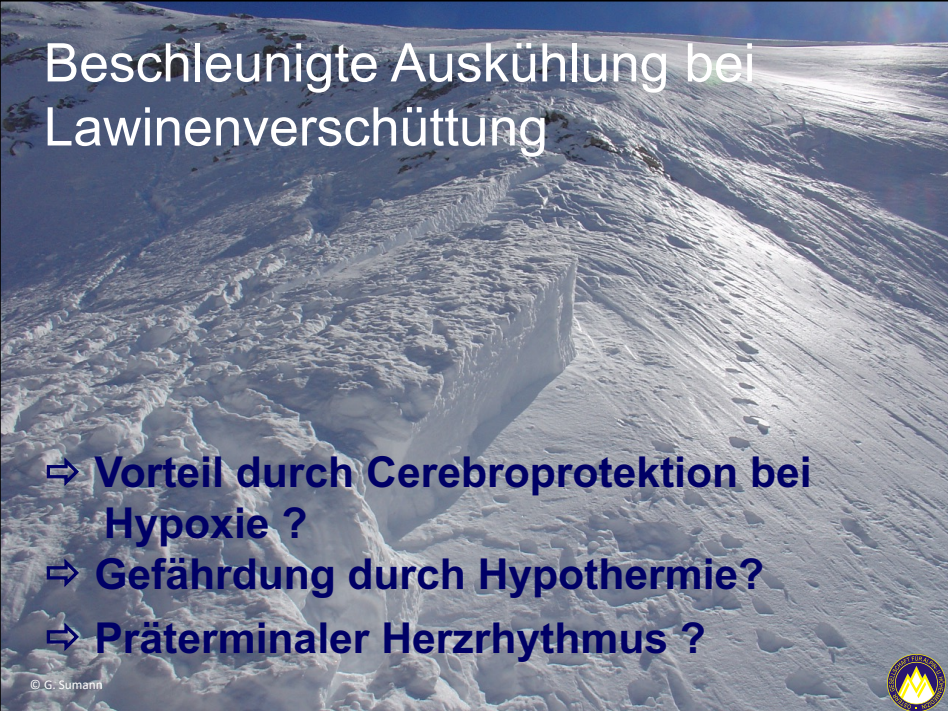
© G. Sumann



25

Beschleunigte Auskühlung bei Lawinenverschüttung

- ⇒ Vorteil durch Cerebroprotektion bei Hypoxie ?
- ⇒ Gefährdung durch Hypothermie?
- ⇒ Präterminaler Herzrhythmus ?



© G. Sumann



26

Körperkerntemperatur bei Lawinenverschüttung

Abkühlung: ca. 3°C/Stunde

Locher, Walpoth 1996, Braun 1976

Abkühlungsrate 9°C/h
Verschüttungszeit 100 min, KT 22°C

Abkühlungsrate 7°C/h
Verschüttungszeit 30 min, KT 29,9°C

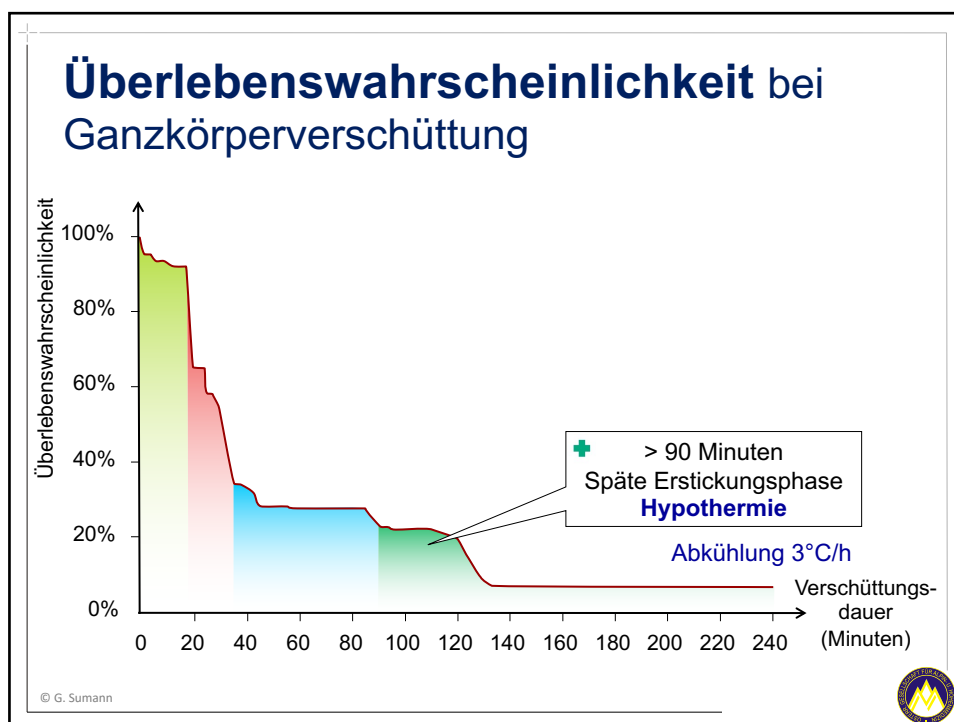
Oberhammer R et al. Resuscitation 2008;76:474-80

Ströhle M et al. HAMB 2015;16(4):356-357



© G. Sumann

27



28



Einzelfälle von stundenlangem Überleben nach Lawinenverschüttung sind bekannt

17a, ♂, **6h** Verschüttungszeit, KT 22°C
GCS 4, HR 27/min, SBP 55 mmHg

41a, ♂, **7h** Verschüttungszeit, RT 23,3°C
GCS 6, CA während Bergung, CPR 50 min bis ECMO

Boué et al, HAMB 2014;15(4):522-523

... zahlreiche anekdotische Fälle

Voraussetzungen sind **Atemhöhle und freie Atemwege**

© G. Sumann



29



Ganzkörperverschüttung 100 min KT 22°C, **Abkühlungsrate 9°C/h**

2,5 h Kreislaufstillstand nach Bergung Restitutio

Oberhammer R et al. Resuscitation 2008;76:474-80



30



31

Trauma als Todesursache

Innsbruck 1996-2005: 5,6%	Hohlriederer et al, HAMB 2007;8:56–61
Utah 1989-2006: 5,4%	Mc Intosh et al, WEMJ 2007; 18: 293-297
British Columbia 1984-2005: 23,5%	Boyd et al, CMAJ 2009;180(5):507-12
Colorado 1994-2015: 29%	Sheets et al, WEMJ 2018; 29, 325–329
Utah 2006-2018: 19%	Mc Intosh et al, WEMJ 2019; 30(2): 191-194

Einflussfaktoren:

- ❖ Gelände: Bäume, Sturzbahn
- ❖ Verschüttungszeit
- ❖ Schutzausrüstung
- ❖ Methodik: Obduktion Golden Standard

© G. Sumann

32

Table. Causes of deaths from avalanche in relation to method of postmortem examination

	External examination (%) ^a				Autopsy (%) ^b				Both methods (%)			
	Trauma [‡]	Asphyxia [§]	HT	Subtotal	Trauma [‡]	Asphyxia [§]	HT	Subtotal	Trauma [‡]	Asphyxia [§]	HT	Total
Tough and Butt, 1993 ¹⁵	1 (9.1)	10 (90.9)	0 (0)	11 (100) (73.3)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	4 (100) (26.7)	1 (6.7)	14 (93.3)	0 (0)	15 (100) (100)
McIntosh et al, 2007 ¹	1 (3.6)	27 (96.4)	0 (0)	28 (100) (50)	2 (7.1)	26 (92.9)	0 (0)	28 (100) (50)	3 (5.4)	53 (94.6)	0 (0)	56 (100) (100)
Hohlrieder et al, 2007 ²	0 (0)	6 (100)	0 (0)	6 (100) (16.7)	2 (6.7)	27 (90)	1 (3.3)	30 (100) (83.3)	2 (5.5)	33 (91.7)	1 (2.8)	36 (100) (100)
Total	2 (4.4)	43 (95.6)	0 (0)	45 (100) (42.1)	4 (6.5)	57 (91.9)	1 (1.6)	62 (100) (57.9)	6 (5.6)	100 (93.5)	1 (0.9)	107 (100) (100)

^aFull external examination with or without review of in-hospital medical records.
^bFull examination of external and internal organs.
[‡]Trauma as sole cause of death.
[§]Including cases presenting traumatic injuries not considered the primary cause of death. HT indicates hypothermia.

Brugger et al. WEM 2009

Tödliche Verletzungen bei Lawinenopfer: SHT, HWS, Thorax

- SHT 61 %, Johnson et al. WEM, 2001
- SHT 42%, Thorax 46 %, Boyd et al. 2009
- HWS 100 %, Hohlrieder et al., 2006

© G. Sumann

33

Einflussfaktoren auf Trauma-Rate bei Lawinenverschüttung:

- **Verschüttungszeit:**
je kürzer, desto weniger
Asphyxie
- **Gelände:**
Bäume, Absturzfelder
- **Methodik:** Obduktionsrate
- **Ausrüstung**
Helm, Protektoren, Snowpulse

© G. Sumann

34

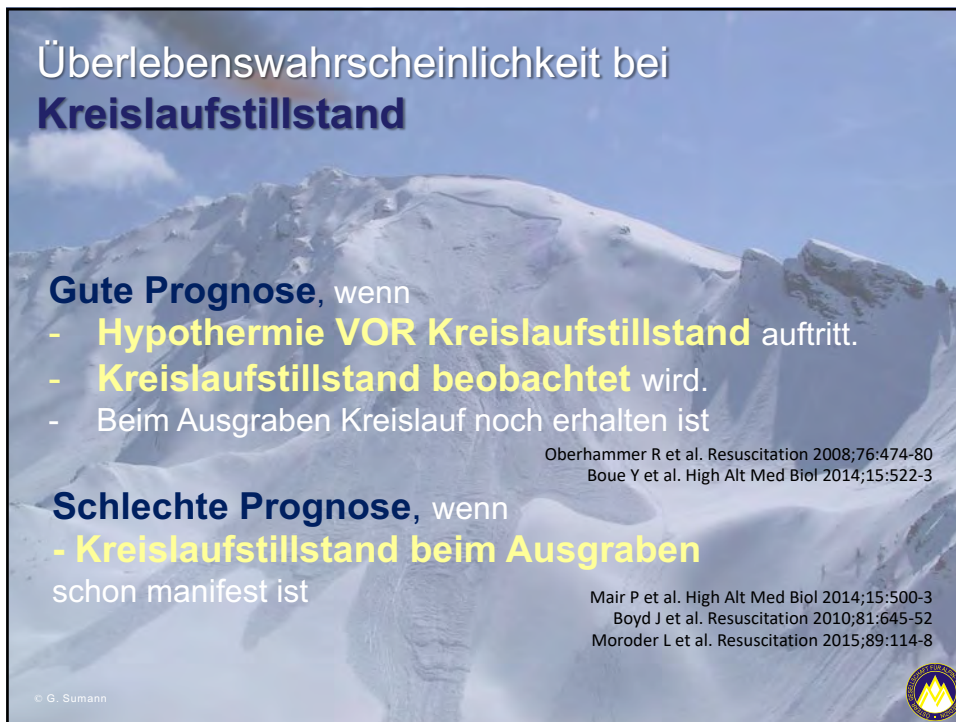


Entscheidende Faktoren für das Überleben bei Ganzkörperverschüttung:

- **Verschüttungsdauer**
- **Bekleidung**
- **Freie Atemwege**
- **Schwere Verletzungen**



35



Überlebenswahrscheinlichkeit bei Kreislaufstillstand

Gute Prognose, wenn

- **Hypothermie VOR Kreislaufstillstand** auftritt.
- **Kreislaufstillstand beobachtet** wird.
- Beim Ausgraben Kreislauf noch erhalten ist

Oberhammer R et al. Resuscitation 2008;76:474-80
Boue Y et al. High Alt Med Biol 2014;15:522-3

Schlechte Prognose, wenn

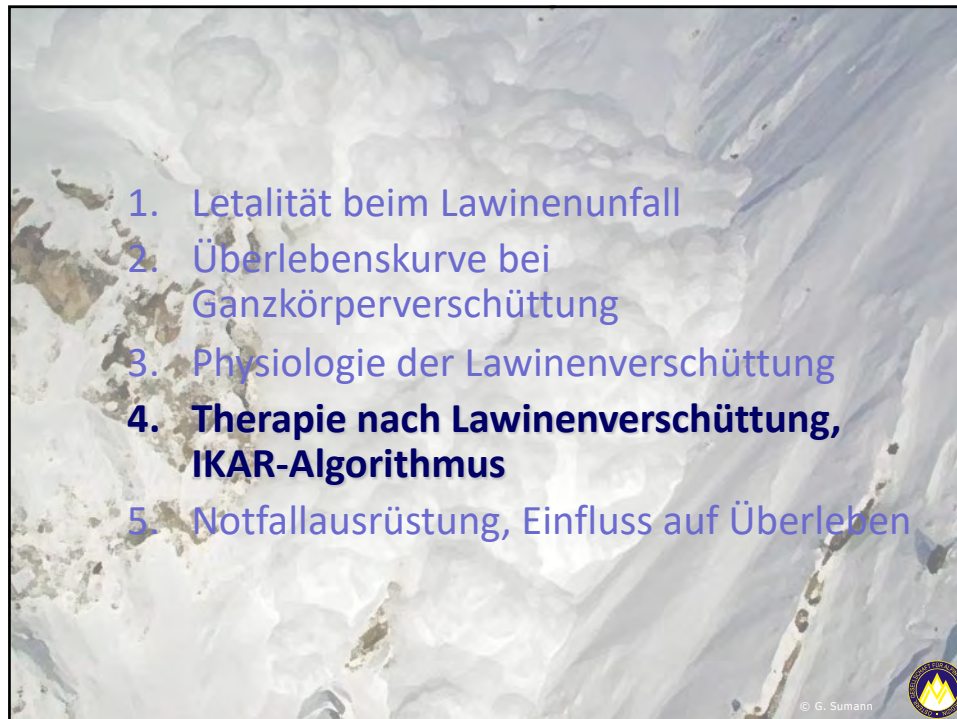
- **Kreislaufstillstand beim Ausgraben** schon manifest ist

Mair P et al. High Alt Med Biol 2014;15:500-3
Boyd J et al. Resuscitation 2010;81:645-52
Moroder L et al. Resuscitation 2015;89:114-8

© G. Sumann



36



37



38



39



40



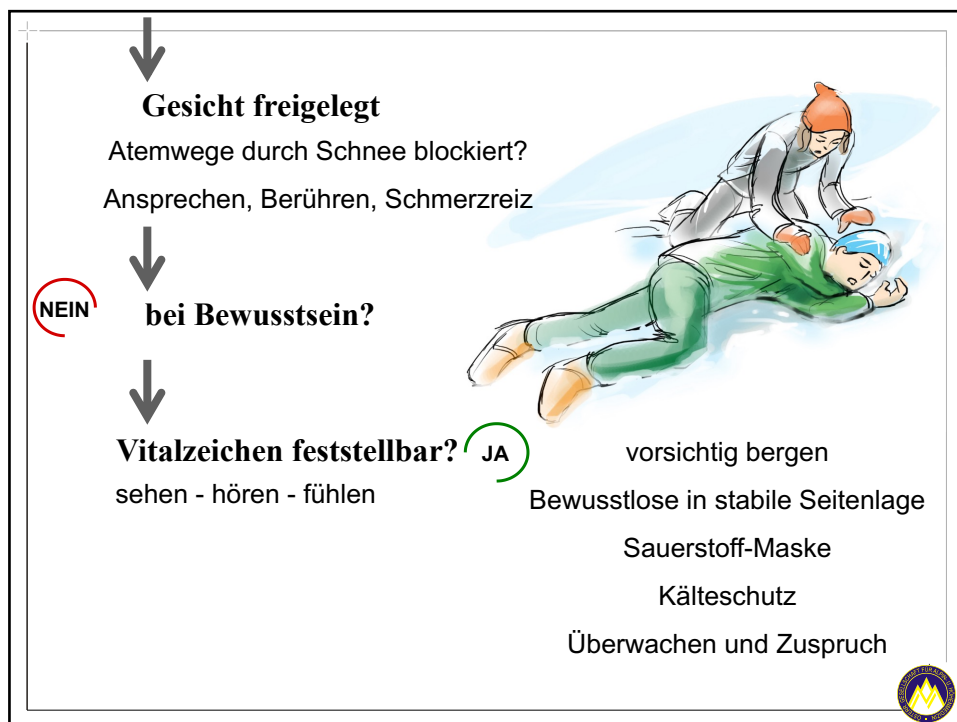
41



42



43



44

Erneuter Notruf mit Statusmeldung

- Verschütteter gefunden
- Wieviele? Alle?
- Zustand?
- Laufende Reanimation



45

Kälteschutz »Kokon«

1. Schicht:
zwei Biwaksäcke überlappend

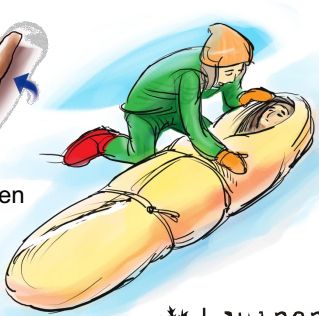
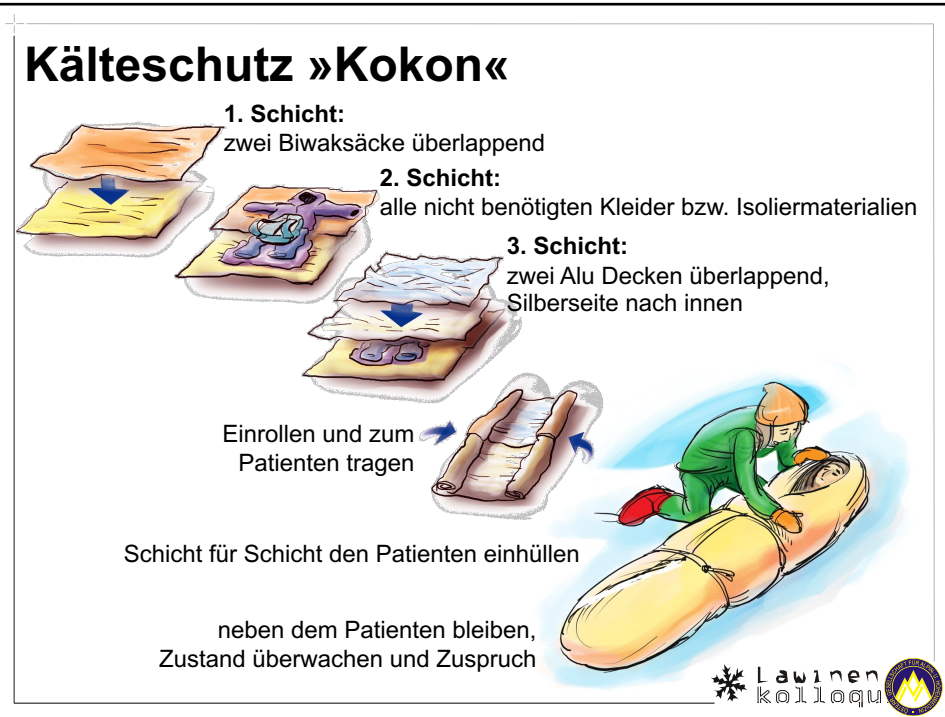
2. Schicht:
alle nicht benötigten Kleider bzw. Isoliermaterialien

3. Schicht:
zwei Alu Decken überlappend,
Silberseite nach innen

Einrollen und zum Patienten tragen

Schicht für Schicht den Patienten einhüllen

neben dem Patienten bleiben,
Zustand überwachen und Zuspruch



46



Erste Hilfe Maßnahmen bei Unterkühlung

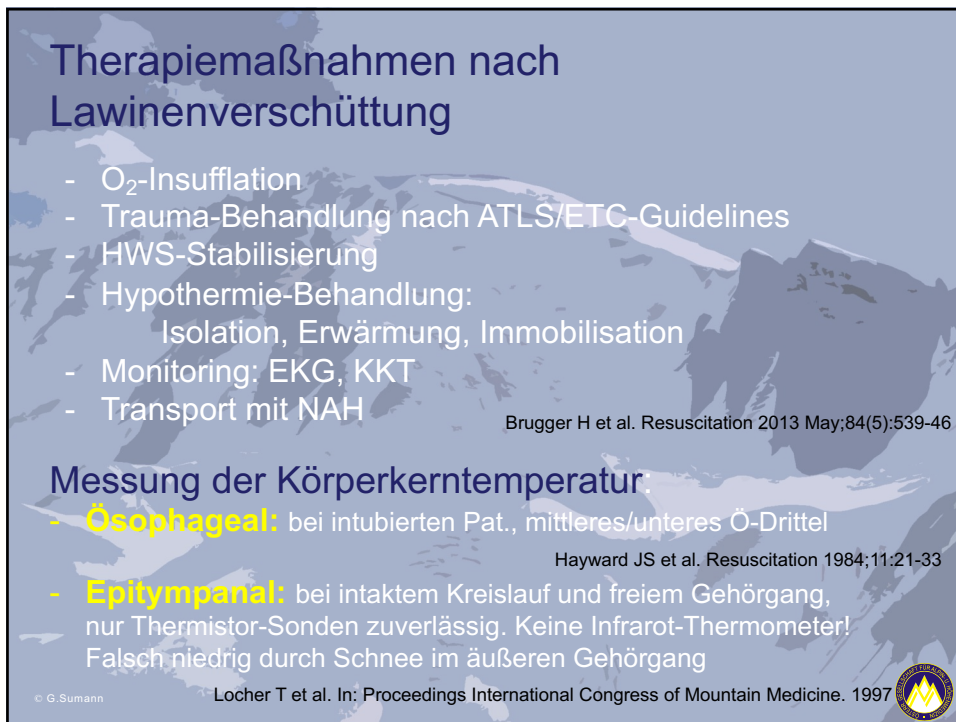
Immobilisieren
Patient hinlegen, aktive und passive Bewegung vermeiden !

Isolieren
Erwärmen

AFTERDROP VERMEIDEN !



47



Therapiemaßnahmen nach Lawinenschüttung

- O₂-Insufflation
- Trauma-Behandlung nach ATLS/ETC-Guidelines
- HWS-Stabilisierung
- Hypothermie-Behandlung:
Isolation, Erwärmung, Immobilisation
- Monitoring: EKG, KKT
- Transport mit NAH

Brugger H et al. Resuscitation 2013 May;84(5):539-46

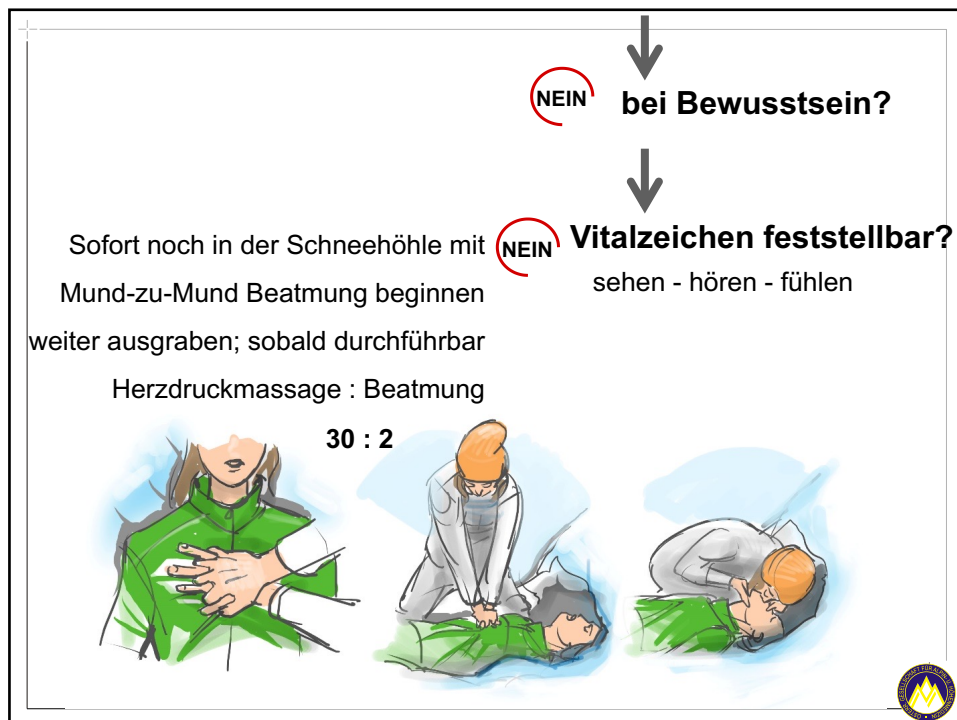
Messung der Körperkerntemperatur:

- **Ösophageal:** bei intubierten Pat., mittleres/unteres Ö-Drittel
Hayward JS et al. Resuscitation 1984;11:21-33
- **Epitympanal:** bei intaktem Kreislauf und freiem Gehörgang, nur Thermistor-Sonden zuverlässig. Keine Infrarot-Thermometer!
Falsch niedrig durch Schnee im äußeren Gehörgang

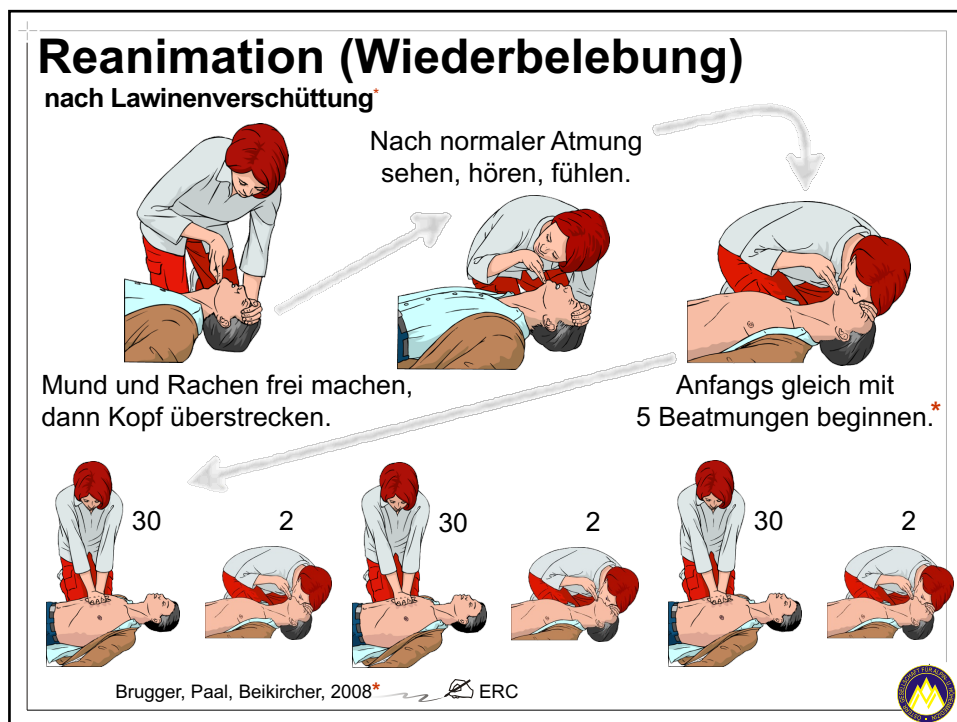
© G. Sumann Locher T et al. In: Proceedings International Congress of Mountain Medicine. 1997



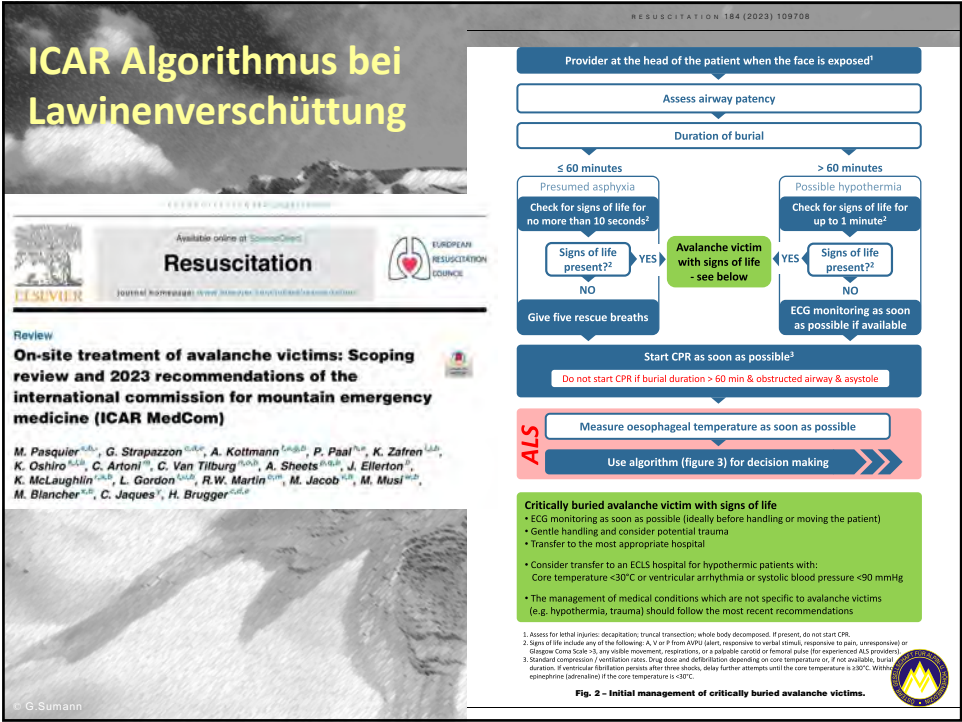
48



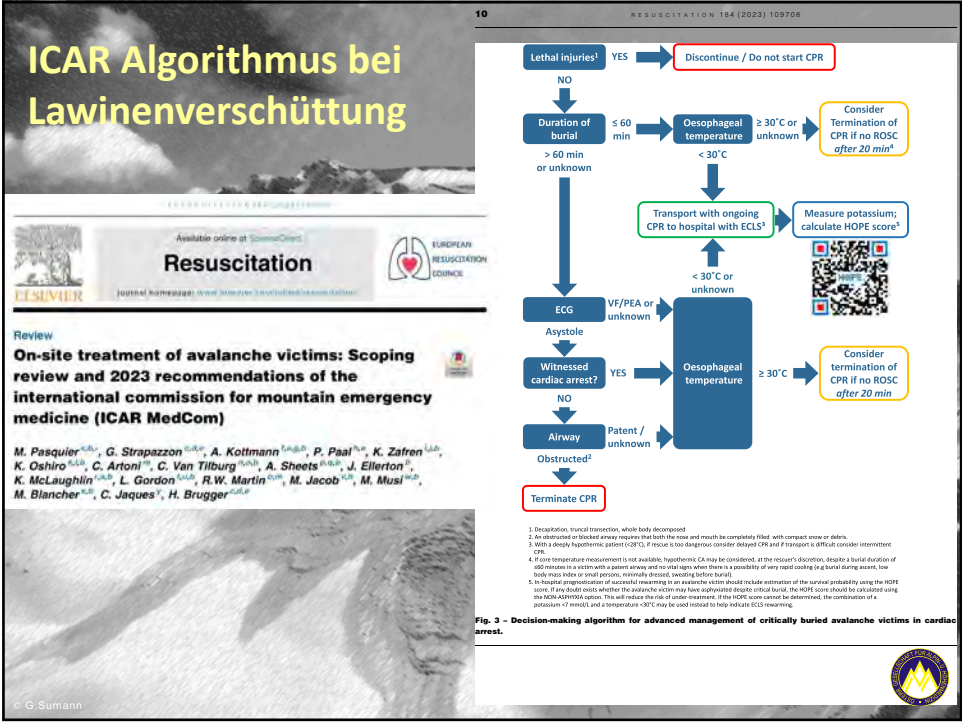
49



50



51



52

Serum-Kalium als prognostischer Faktor nach Lawinenverschüttung

Out-of-Hospital-Cardiac-Arrest (OHCA) nach Lawinenverschüttung, Retrospektive Multicenterstudie (6 Zentren), 1995-2016

Brugger H et al. Resuscitation 2019

Beste Prognose bei
Serum-Kalium < 7 mmol/l & KT < 30°C

ERC-Guideline 2021:
Cutoff-levels: Serum-Kalium 7 mmol/l & KT 30°C

Lott C, et al. Resuscitation 2021

Out-of-Hospital-Cardiac-Arrest (OHCA) und CCT nach Lawinenverschüttung, Grenoble
Hypoxie-Zeichen im CCT bei Kalium 5,5 (4,1-7,2) mmol/l vs. 3,3 (3,0-4,2) ohne Hypoxie-Zeichen

Cohen JG, et al. Am J Emerg Med 2016;34(5):856-860

© G. Sumann



53

HOPE - Score

Pasquier M et al. Resuscitation 2018

Clinical paper

Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: The HOPE score[☆]

Mathieu Pasquier^{a,c}, Olivier Hugli^a, Peter Paal^b, Tomasz Darocha^c, Marc Blancher^d, Paul Husby^e, Tom Silfvast^f, Pierre-Nicolas Carron^g, Valentin Rousson^h

9 Prognosekriterien für ECLS-Rewarming:

- Alter
- Geschlecht
- Kerntemperatur
- S-Kalium
- Hypothermie mit/ohne Asphyxie
- Herzrhythmus bei Aufnahme
- Beobachteter KL-Stillstand
- Erwärmungsmethode
- CPR-Dauer

Entscheidungskriterium:
< 10% Überlebenswahrscheinlichkeit:
keine ECLS



© G. Sumann



54

ERC Algorithmus bei Lawinenverschüttung

European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances

Carsten Lott^{a,*}, Anatolij Truhlar^{b,c}, Annette Alfonso^d, Alessandro Barelli^e, Violeta González-Salvado^f, Jochen Hinkelbein^g, Jerry P. Nolan^{h,i}, Peter Paul^j, Gavin D. Perkins^{k,l}, Karl-Christian Thies^m, Joyce Yeung^{n,o}, David A. Zideman^p, Jasmeet Soar^q, the ERC Special Circumstances Writing Group Collaborators^r

AVALANCHE RESCUE

Fig. 7 – Avalanche accident algorithm. Management of completely buried victims

55

CPR bei schwerer Hypothermie

Hypothermie

Präklinische Therapie

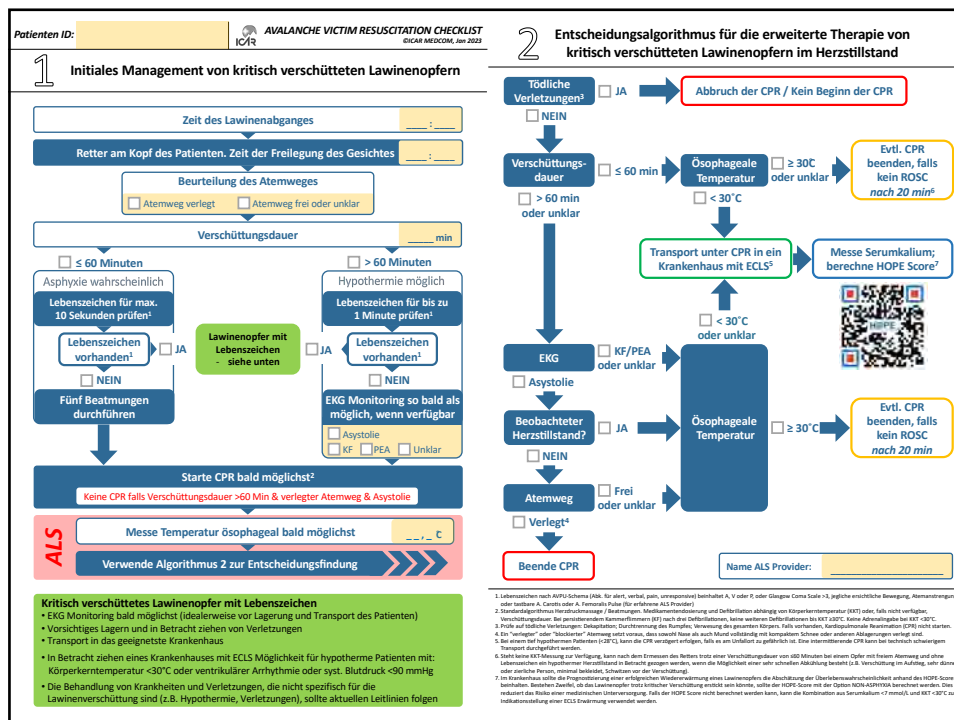
Mechanische Herzdruckmassage (Autopulse®, Lucas®) empfohlen, bes. am Transport
Putzer G et al. Am J Emerg Med 2013;31:384-9

Intermittierende CPR im unwegsamen Gelände zulässig,
- bei KKT < 28°C: **5 min CPR** alternierend mit **< 5 min Pause**
- bei KKT < 20°C: **5 min CPR** alternierend mit **< 10 min Pause**
Gordon L et al. Resuscitation 2015;90:46-9

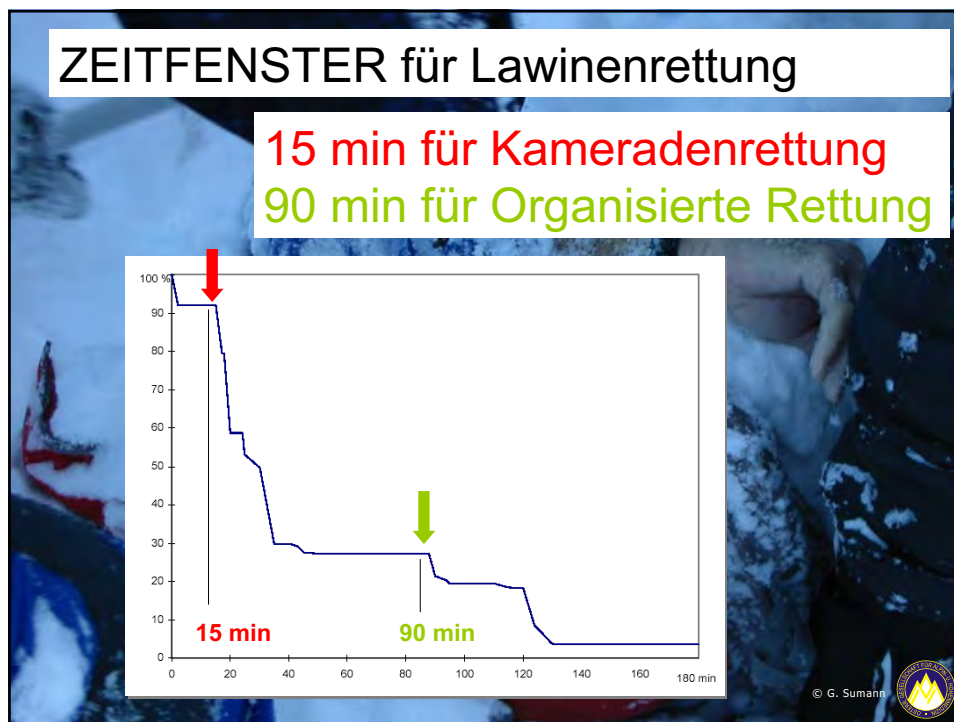
Defibrillation: < 30°C KKT maximal 3x

Adrenalin < 30°C nicht empfohlen
- therapeutischer Nutzen nicht nachgewiesen
- Verschlechterung von lokalen Erfrierungen möglich

56



57



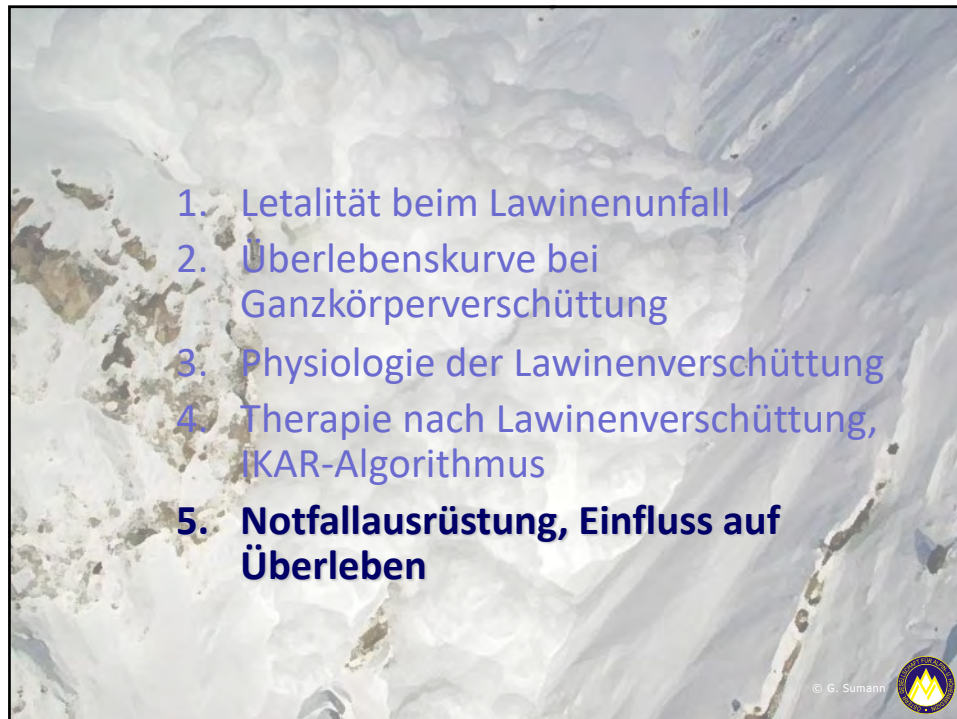
58



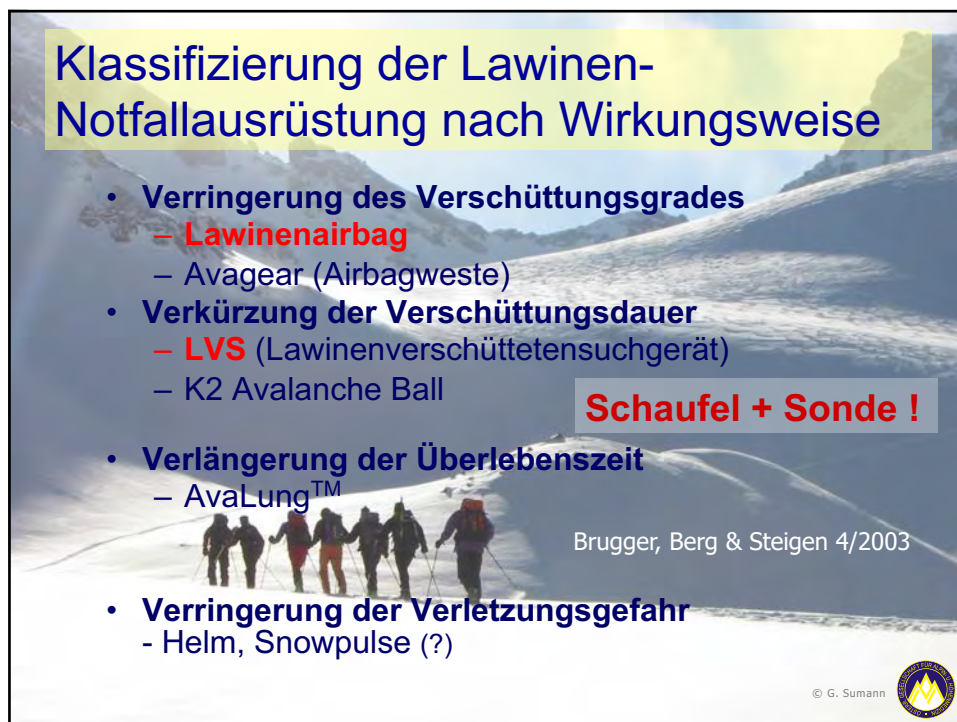
59



60



61



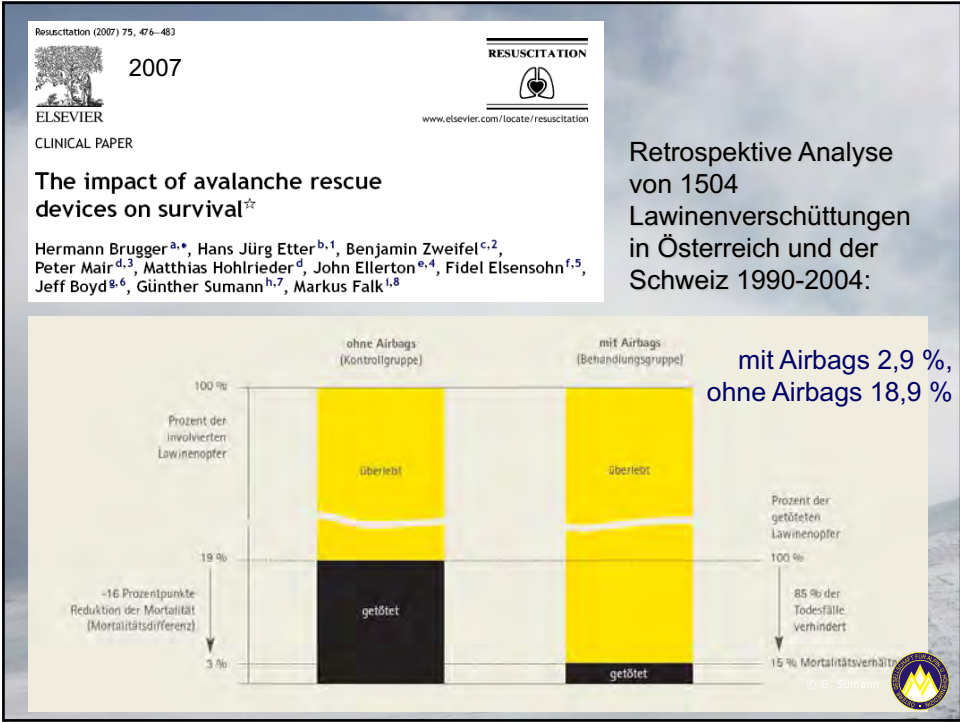
62



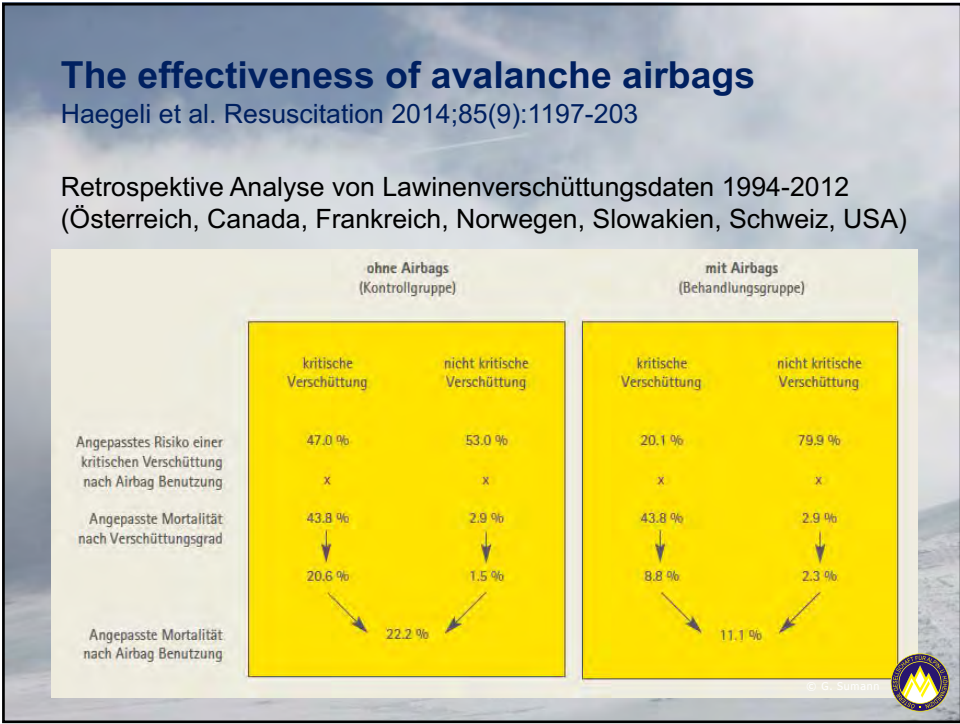
63



64



65



66

The effectiveness of avalanche airbags

Haegeli et al. Resuscitation 2014;85(9):1197-203

Retrospektive Analyse von Lawinenverschüttungsdaten 1994-2012
(Österreich, Canada, Frankreich, Norwegen, Slowakien, Schweiz, USA)

Risiko für kritische **Verschüttung**:

- 47%** ohne Airbags
- 20%** mit aufgeblasenen Airbags

Reduktion des **Mortalitätsrisikos**:

- 22%** mit nicht aufgeblasenen Airbags
- 11%** mit aufgeblasenen Airbags

Rate nicht aufgeblasener Airbags war **20%**:

- 60% durch Benutzer nicht ausgelöst
- 12% Wartungsfehler
- 17% Gerätefehler
- 12% Zerstörung des Airbags während Lawinenabgang

© G. Sumann



67

Avalanche airbag post-burial active deflation — The ability to create an air pocket to delay asphyxiation and prolong survival

Scott E. McIntosh^{a,*}, Colin E. Little^a, Thomas D. Seibert^a, Natalya E. Polukoff^a, Colin K. Grissom^b

Resuscitation 2019



Deflation des Airbags nach 3 min, schafft künstliche Atemhöhle

12 Probanden, 60 min Verschüttung

- 11 Probanden 60 min, SpO₂ unverändert, etCO₂ von 48 auf 50 gestiegen
- nur 1 Proband Abbruch nach 48 min wegen Panik

© G. Sumann



68



69