

Klaus Hermann Sames

# Kryokonservierung – Zukünftige Perspektiven von Organtransplantation bis Kryonik



Springer Spektrum

---

# Kryokonservierung – Zukünftige Perspektiven von Organtransplantation bis Kryonik

---

Klaus Hermann Sames

# Kryokonservierung – Zukünftige Perspektiven von Organtransplantation bis Kryonik

Klaus Hermann Sames  
Hersbruck, Deutschland

ISBN 978-3-662-65143-8      ISBN 978-3-662-65144-5 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-65144-5>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2022

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Sarah Koch

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

*Ben Best, einem Förderer der deutschen  
Kryonik gewidmet, der mir Inspiration und  
Wissen vermittelt hat.*

*In Memoriam den „Vater der  
Netzhauttransplantation“ und Förderer  
der Kryonik Peter Gouras und einen  
unvergessenen analytischen Geist und  
begnadeten Gerontologen Bernhard  
L. Strehler.*

---

# Vorwort

Das Altern zu stoppen, ihren Körper zu verjüngen und das Leben zu verlängern ist ein Traumziel vieler Menschen. Durch Untersuchungen und Literaturarbeit wurde jedoch klar, dass eine Erneuerung der Organe mit heutigen Mitteln nicht zu machen ist, weder durch Medikamente noch durch Gentherapie oder Stammzellen. Im Prinzip ist eine Verjüngung unseres Körpers nicht unmöglich, jedoch nicht in einem kurzen Zeitrahmen. Altern und Sterben sind noch unentrinnbar.

Die einzige heute verfügbare Möglichkeit, den Körper eines verstorbenen Menschen zu erhalten, ist die Kühlung auf  $-140\text{ °C}$  oder darunter, nachdem man Frostschutzmittel in den Kreislauf gebracht hat. Wir nennen dieses Vorgehen Kryonik. Sie erscheint allerdings als eine etwas verzweifelte Maßnahme, da noch kein größeres Tier und überhaupt kein warmblütiges Tier aus solcher Kälte wieder ins Leben zurückgebracht wurde.

Andererseits ist dies ein durchaus reizvolles Forschungsgebiet, nicht nur weil das scheinbar Unmögliche eine geistige Herausforderung darstellt.

Die Erhaltung von biologischen Einheiten durch Tiefkühlung (Kryokonservierung) eröffnet aber völlig neue Möglichkeiten für Medizin und Biologie und damit einhergehende Technologien. Das zugehörige Fachgebiet ist die Kryobiologie und wo diese auf den ganzen Menschen zielt, sprechen wir von Kryonik.

Heute können wir bereits etwas schonender kühlen als vor 10 Jahren und das machen wir als erstes und wir tun es mit Menschen in der Praxis nach dem Tod, da uns gar nichts anderes übrigbleibt.

Vielleicht aber legen wir den Grundstein für das Erreichen eines unglaublich großen Ziels.

Klaus Hermann Sames

---

# Danksagung

Für Ermutigung, Unterstützung und Anregung danke ich meinen Kollegen und Freunden: Roman Bauer, Peter Bezler, Paolo Brenner, Michael Dettmann, Matthias Erber, Benjamin Hampel, Wolfgang Krause, Karlheinz Poch, Ramon Risco, Ludger Schmidt-Riese, Sebastian Sehte, Ralf Spindler, Alexandra Stolzing, Daniel Streidt und Robert Vöht.

Mein Dank gilt insbesondere Dr. Sarah Koch vom Springer Verlag, die mich kompetent und zielführend beraten hat. Herr Padmanaban, hat den Text technisch versiert bearbeitet. Ihm und Herrn Devarajan danke ich für die angenehme und erfolgreiche Kooperation bei der Herstellung

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
	Literatur .....	3
<b>2</b>	<b>Wie funktioniert Kryonik und welche Fähigkeiten sind in ihr verborgen?</b> .....	5
	Literatur .....	6
<b>3</b>	<b>Brücke in die Zukunft: Fernziele der Kryobiologie und Kryonik, unbegrenzte Zeiten – unbegrenzte Möglichkeiten</b> .....	9
3.1	Ein Kryonikszenario .....	9
3.2	Kryonikperspektiven der Medizin .....	10
3.2.1	Tiefkühlung des ganzen Körpers .....	12
3.3	Kryonikperspektiven in der Raumfahrt .....	12
3.4	Kryonikperspektiven in der Landwirtschaft .....	13
	Literatur .....	14
<b>4</b>	<b>Die physikalische Basis der Kryonik und der Erfolg verwandter Methoden</b> .....	17
4.1	Erstaunliche Vorteile der Kälte .....	20
4.2	Tausende von Jahren Aufbewahrung in flüssigem Stickstoff .....	21
4.3	Glashart, spitz, physikalisch und chemisch gefährlich: Eiskristalle .....	22
4.4	Kryonik als Projektentwurf der modernen biologisch-medizinischen Forschung .....	23
	Literatur .....	23
<b>5</b>	<b>Kryonik unter der Lupe – Vorgänge beim Kühlen</b> .....	27
5.1	Tiefkühlung von biologischen Geweben .....	28
5.1.1	Kristallisationskeime (Nuclei) .....	28
5.2	Diffusion, die Wanderung von Stoffen .....	30
5.2.1	Was passiert bei langsamer Kühlung von biologischen Geweben unter den Gefrierpunkt? .....	31
5.2.2	Was passiert bei schneller Kühlung? .....	32
5.2.3	Irgendwo ist Schluss, Kühlung macht die Zellmembran dicht .....	32

5.3	Überleben der Zelle auf dem schmalen Grat der Kühlgeschwindigkeit .....	33
5.4	Knochenharte Flüssigkeit – Verglasung .....	34
	Literatur .....	36
<b>6</b>	<b>Werkzeug für die Kryonik: Frostschutzmittel – ein großer Fortschritt aber noch nicht die komplette Lösung unserer Probleme .....</b>	<b>39</b>
6.1	Klein aber wirksam .....	40
6.2	Was macht ein Frostschutzmittel aus? .....	41
6.3	Auch große Frostschutzmoleküle haben Vorteile .....	42
6.4	Molekülklauberei: einzelne Frostschutzmittel und ihre Wirkung .....	43
6.5	Nebenwirkungen der Frostschutzmittel .....	47
6.6	Kritische Konzentrationsänderungen von Frostschutzmitteln .....	49
6.6.1	Was wird nun eigentlich wie geschädigt? .....	51
6.7	Die Konzentrierung von Frostschutzmitteln, Schutz oder Tod? .....	52
	Literatur .....	53
<b>7</b>	<b>Weitere Methoden zum Schutz der Zellen und der Vermeidung von Eiskristallen .....</b>	<b>59</b>
7.1	Schutz der lebenswichtigen Membranen .....	59
7.2	Chemische Fixierung .....	59
7.3	Methoden zur Bewältigung der riesigen Datenmengen .....	60
7.4	Wie Frostschutzmittel bei der Verglasung (Vitrifizierung) helfen .....	62
7.4.1	Gebundenes Wasser .....	65
7.4.2	Eiskristalle sind nicht lecker .....	66
7.5	Ein weiterer Fortschritt: Nie wieder Eiskristalle? Die Eisblocker .....	66
7.5.1	Zu schön um wahr zu sein .....	69
7.6	Klathrate: Wasser sperrt Gastmoleküle in Käfige, Eis muss draußen bleiben .....	69
	Literatur .....	70
<b>8</b>	<b>Verbleibende Hürden und erstaunliche Lösungsansätze .....</b>	<b>75</b>
8.1	Wie Zellen gefüttert werden, Stoffaustausch zwischen Blut und Zellen .....	75
8.1.1	Rolle der Zellmembran als „Mund“ der Zelle .....	75
8.2	Hindernisse für die Aufbewahrung von Zellen und Gewebe .....	78
8.2.1	Probleme der Durchführbarkeit bei Vitrifikation und Wiedererwärmung .....	78
8.3	Probleme mit Objektgröße, Gefrierbrand und Kälteschock .....	79
8.3.1	Weite Wege, ungleiche Strukturen .....	81
8.4	Gefrierbrand (chilling injury) und Kälteschock (cold shock) .....	83
8.4.1	Lebewesen schützen sich selbst .....	85

8.5	Gewagter Schritt zum Erfolg: Erwärmung. . . . .	86
8.5.1	Rekristallisierung, das Comeback der Eiskristalle. . . . .	86
8.5.2	Wie Erwärmung zu Eis führt . . . . .	86
8.5.3	Stellt Erwärmung die Fortschritte der Tiefkühlung infrage?. . . . .	87
8.5.4	Strategien der Kryonik zur Milderung der „Entglasung“ . . . . .	88
8.6	Verfrühter Einsatz oder Experiment? Kryonik zur Lebensverlängerung heute lebender Menschen . . . . .	89
	Literatur. . . . .	90
<b>9</b>	<b>Eine kaum bekannte Erfolgs-Story: Konservierung von Zellen, Embryonen, Geweben und kleinen Organen – viele Menschen waren schon einmal „eingefroren“ . . . . .</b>	<b>95</b>
9.1	Zellen . . . . .	95
9.2	Embryonen. . . . .	97
9.2.1	Durchbruch in der menschlichen Fortpflanzung . . . . .	98
9.3	Organe oder Teile von Organen . . . . .	98
9.3.1	Gewebeanteile aus Eierstöcken . . . . .	99
9.3.2	Ganze Organe. . . . .	99
9.3.3	Verschiedene große Organe, unterschiedliche Temperaturen von frostig bis kryogen . . . . .	100
	Literatur. . . . .	105
<b>10</b>	<b>Wichtige und vielversprechende Ansatzpunkte im Labor wie in der Natur . . . . .</b>	<b>113</b>
10.1	Unser unersetzbarer Biokomputer, das Hirn . . . . .	113
10.2	Ein Markt für die Kryonik: künstlich erzeugte Gewebe . . . . .	115
10.3	Ein früher Erfolg: Suspension und Resuspension ganzer Säugetiere. . . . .	116
10.4	Die Natur, eine Lehrerin für Kryokonservierung – ist sie besser als unsere Labore?. . . . .	118
10.4.1	Der Winterschlaf (Hibernation) . . . . .	122
	Literatur. . . . .	123
<b>11</b>	<b>Der Körper bei Sauerstoffmangel . . . . .</b>	<b>129</b>
11.1	Ionen und die elektrische Spannung der normalen, lebenden Zelle . . . . .	129
11.2	Ohne Sauerstoff arbeiten die Zellen gegen sich selbst: Versagen der Ionen-Pumpen . . . . .	131
11.3	Erschöpfte Batterien. . . . .	133
11.4	Warum ist die Wiederbelebung des Menschen nach spätestens 9 min Herzstillstand nicht mehr möglich? . . . . .	133
11.4.1	Fatale medizinische Wiederbelebung: das Reperfusionssyndrom. . . . .	134
11.4.2	Glück im Unglück für die Großhirnrinde . . . . .	138
	Literatur. . . . .	138

<b>12</b>	<b> Rettung des menschlichen Körpers: wie wird die Tiefkühlung des menschlichen Körpers zurzeit in der Kryonik durchgeführt?</b> . . . . .	143
12.1	Das Zweitschlimmste was uns passieren kann: kryonische Suspension eine rettende Notlösung . . . . .	143
12.2	Voraussetzungen für die Frostschutzperfusion. . . . .	148
12.2.1	Einfluss der Trägerlösung bei der Durchströmung . . . . .	148
12.2.2	Wirkungen von Stoffen in einer Zellschutzlösung wie Viaspan . . . . .	149
12.2.3	Aufnahme von Frostschutzmitteln aus dem Blut in die Zelle . . . . .	151
	Literatur. . . . .	153
<b>13</b>	<b> Bei Übernahme durch die Kryonik: Zustand eines medizinisch aufgegebenen Körpers</b> . . . . .	155
13.1	Wann ist ein Mensch tot. . . . .	155
13.1.1	Das Leben steckt noch drin . . . . .	155
13.1.2	Biologische Definition von Tod und Sterben . . . . .	156
13.1.3	Nachweise des Todes . . . . .	157
13.2	Töter als tot? Wie tot ist endgültig tot? . . . . .	157
13.2.1	Ein kleiner Unterschied . . . . .	158
13.2.2	Wie sterben Zellen? . . . . .	159
13.2.3	Das sensationelle Überleben der Zellen. . . . .	160
13.2.4	Die letzte Legion der Verteidigungszellen. . . . .	161
13.2.5	Die Auferstehung der Schweine – Überleben von tierischen Nervenzellen . . . . .	161
13.2.6	Menschliche Nervenzellen. . . . .	165
13.2.7	Ein Selbstmord der Millionen Jahre dauert . . . . .	166
13.3	Der neue Tod . . . . .	167
	Literatur. . . . .	168
<b>14</b>	<b> Die Kryonik kann anfangen mitzuspielen – Eingriffsmöglichkeiten nach totalem Organversagen</b> . . . . .	173
14.1	Kühlung: auch nach dem „Tod“ noch immer die beste Erhaltungsmethode. . . . .	173
14.2	Verhinderung des Gefäßverschlusses. . . . .	174
14.3	Mittel gegen den Zelltod . . . . .	176
	Literatur. . . . .	180
<b>15</b>	<b> Wiederherstellung</b> . . . . .	183
15.1	Wiedererwärmung, Wiederherstellung und Wiederbelebung (Resuspension). . . . .	183
15.2	Auftauen und Wiederbelebung (Resuspension). . . . .	184
15.3	Der letzte Schliff: Nanoreparatur. . . . .	185
	Literatur. . . . .	189

---

<b>16</b>	<b>Ausblick: ermutigende Fortschritte der Kryonikforschung</b> . . . . .	191
	Literatur. . . . .	196
	<b>Stichwortverzeichnis</b> . . . . .	197



Die Erhaltung des Lebens ist die dominierende Aufgabe der Medizin, aber Altern und Krankheiten kann man heute nicht endgültig aufhalten. Das könnte sich ändern mit einer Methode, welche den Zerfall des Körpers aufhält, auch nachdem der Kreislauf stillsteht, wie mit der Kryonik. Kryonik kann heute nur mit wenig ausgereiften Methoden durchgeführt werden. Vor allem sind eine Durchströmung des Kreislaufs mit Frostschutzmitteln und andere komplizierte Maßnahmen notwendig. Auf den Kreislauf der Organe werden wir verschiedentlich eingehen und weiter unten die Methoden der Kryonik eingehend besprechen. Kryonik kann zumindest als eine Chance angesehen werden, den Körper durch Tiefkühlung in einem Zustand zu erhalten, der ein Potenzial zur Wiederbelebung beinhaltet. Interessant ist die Frage, ob nicht diese Kryonik eines Tages durch gerontologische Methoden wie dem Stoppen der Alternsvorgänge, regenerative Medizin und Verjüngung überflüssig sein oder zu reiner Unfallmedizin werden wird. Können wir nun durch die Tiefkühlung die Zeit anhalten, unsere eigene Zeit, die durch die Veränderungen des Körpers bedingt ist? Oder wie könnten wir persönlich in den Genuss eines möglichen Erfolgs der Gerontologie in 100 Jahren oder noch später kommen? Tiefkühlung ist tatsächlich eine Methode, welche die Veränderungen im Körper anhält soweit das möglich ist. Der Körper lebt dann aber auch nicht und das kann es nicht sein, was wir auf Dauer wollen. Den Körper möchten wir natürlich in funktionsfähigem Zustand erhalten. Interessant für uns ist dabei nur eine Technologie, die sofort, also auch für heute lebende Menschen einsetzbar ist und eine Wiederbelebung nicht ausschließt, selbst wenn sie vielleicht noch nicht ausgereift ist und somit ein großes Risiko enthält.

Ein wesentlicher Einfluss auf das Altern oder gar eine Verjüngung für die jetzt lebenden Generationen ist noch nicht möglich, wenn auch die Medien und wissenschaftlichen Portale von Versprechen und voreiligen Ankündigungen brummen. Die Probleme sind nur über einen langen Zeitraum lösbar. Eine Erneuerung aller Bestandteile des Körpers in ihrer speziellen Struktur und Funktion ist noch nicht vorstellbar.

So lange Verjüngungsmethoden nicht beim Lebenden greifen, können sie nur auf die Zukunft verschoben werden. Alle Menschen müssen noch auf absehbare Zeit sterben.

Jedoch besteht nach unserem besten Wissen kein grundsätzliches Hindernis für eine Lebensverlängerung oder Verjüngung. Wirksam könnte eine Reparatur des Körpers vor allem mithilfe der Gentherapie oder der Stammzellenmanipulation, aber einzig sicher mit der Nanotechnologie werden.

Um einen Körper noch nach dem Versagen der Organe bis dahin erhalten zu können, muss er vor dem endgültigen Zerfall bewahrt werden, das Sterben muss unterbrochen werden der Tod muss aufgeschoben, die biologische Zeit muss angehalten werden. Eine nicht besonders elegante Möglichkeit, jedoch die einzige bereits greifbare, ist eben die Kryonik.

Wir hoffen, dass eine Wiederherstellung der Strukturen und ausreichende Energie auch die Funktionen der Organe wieder möglich macht, so wie sich in der Chirurgie das Gehirn nach Blutleere und Stillstand der Funktion erholt, wenn es erwärmt wird und wieder Blut erhält. Wie ein Auto, das nach Reparatur und Betankung wieder läuft. Ob das Auto eine Seele besitzt kann man diskutieren, wenn man zu so etwas neigt. Eine Selbstreparatur wie ein lebender Körper besitzt es (noch) nicht.

Man muss es betonen: Kryonik stellt heute den einzigen möglichen Weg dar, unser Leben wesentlich zu verlängern und ein Alter von mehr als 123 Jahren zu erreichen. Dazu muss der Körper nach dem Organversagen und der medizinischen Todesbescheinigung konserviert werden, gleich ob er beim Versagen der Lebensvorgänge alt oder jung, krank oder gesund ist. Andere Methoden sind denkbar, aber noch nicht anwendungsreif (s. hierzu auch Fischer 2019).

Kryonik ist eine junge Methode, die noch eine lange Entwicklung vor sich hat. Diese Entwicklung könnte allerdings spannend werden. Kryonikvertreter hoffen, dass sich Methoden für die Wiederherstellung eines Körpers, welcher kryonisch aufbewahrt wurde, auch dann anwenden lassen, wenn er verschiedene Schäden aufweist. Durch das Versagen aller unserer Organe („Tod“), durch Sauerstoffmangel, Altern und Krankheiten entstehen mehr oder weniger schwere Schäden, die heute nur teilweise analysiert sind und nicht behoben werden können. Die Wiederbelebung und Heilung bleiben also noch der Zukunft überlassen.

Kryonik wird oft fälschlich als Einfrieren von Leichen nach dem Tod bezeichnet. Durch Kryonik würde es dann eine Auferstehung geben. Natürlich haben Menschen die Auferstehung von den Toten nicht in der Hand. Wir können aber teilweise erhalten, was noch lebensfähig ist und den Sterbevorgang unterbrechen. In der Kryonik geht es auch nicht um Leichen, denn durch die Tiefkühlung sollen noch lebende Zellen und Strukturen des Körpers so gut es geht

bewahrt werden, nicht mehr und nicht weniger. Auch Einfrieren ist nicht der richtige Ausdruck, vielmehr streben wir eine kristallfreie Tiefkühlung an, die das Überleben von Zellen und Geweben ermöglicht.

---

## **Literatur**

Fischer R (2019) Sterben war gestern – ein praktischer Ratgeber. ISBN 978-3-9820734-0-8  
([www.sterben-war-gestern.de](http://www.sterben-war-gestern.de))



# Wie funktioniert Kryonik und welche Fähigkeiten sind in ihr verborgen?

# 2

Kryonik nennt sich die Aufbewahrung von Lebewesen bei sehr tiefen Temperaturen und ihre angestrebte Wiedererwärmung und Wiederbelebung, wenn diese den Menschen als Mittelpunkt einschließen. Sie muss auch alle heute existierenden Lebewesen und biologischen Materialien von Anfang an einschließen, um ihre Methodik zu entwickeln.

Sie beinhaltet auch eine Anwendung von noch unausgereiften Methoden, die aber nach dem Stand der Wissenschaft zurzeit jeweils die besten sind (Übersichten zur Kryonik: Best 2008, 2013; Bojic et al. 2021; Fahy 2021; Fahy und Wovk 2021; Mathwig und Sames 2013; Reinhard 1987; Sames 2011; Sames 2013a, b, 2018; Sames et al. 2022).

Die Kryonik kann das Leben des Menschen nur verlängern indem sie das Sterben unterbricht. Sie wirkt nicht unmittelbar auf den Stopp des Alterns oder eine Verjüngung ein. Heute ist unter allen lebenserhaltenden Methoden zweifellos eine möglichst perfekte Tiefkühlung vorrangig, während andere Probleme zunächst noch der Forschung vorbehalten bleiben.

Die Kryonik will den Körper des Menschen so lange unverändert lagern, bis die Medizin in der Lage ist, die Schäden zu heilen, die durch Altern, Krankheit, Sterben und durch die Kühlvorgänge selbst entstehen. Der Erfolg der Kryonik ist (noch) nicht zu garantieren.

In Verträgen ist es juristisch sogar unerlässlich, dass der Patient zur Kenntnis nimmt: weder die zukünftige Wiederbelebung noch die Finanzierung in eine weiter entfernte Zukunft hinein können garantiert werden.

Das Prinzip der Kryonik ist eine Biostase. Darunter versteht man eine Verringerung oder strenggenommen einen Stillstand der Lebensvorgänge, zum Beispiel durch Austrocknung (Ästivation) oder durch Senkung der Temperatur tief unter dem Nullpunkt (Kryostase) oder nahe dem Nullpunkt aber noch darüber (Winterschlaf oder Hibernation). Das Besondere daran ist, dass das Lebewesen wiederbelebt werden soll.

Kryobiologie und Kryonik benutzen nicht die Biostase durch Austrocknung. Sie setzen auf die Kryostase, die als einzige Methode bereits heute im Labor funktioniert.

Da die Wiederbelebung von tiefgekühlten Säugetieren noch nicht möglich ist, verbietet sich heute die Kryonik am lebenden Menschen. Der Tod muss abgewartet werden und damit meist die Folgen von Altern, Todesursachen und Sterben, die wichtigsten Hindernisse der Lebensverlängerung. Auch die Leichenschau muss beendet sein, sodass in Deutschland oft erst nach zwei Stunden gekühlt werden darf, was dem Konzept der Aufbewahrung zuwiderläuft. Allerdings könnten die Schäden, welche durch lange ungekühlte Lagerung entstehen, deutlich vermindert werden, wenn die Leichenschau für Kryonikanhänger in Kühlräumen durchgeführt würde. Nach vorgezogener Inspektion des Kopfes sollte dieser mit Eis gekühlt werden, wenn kein Befund am Kopf vorliegt. Höchstens die Virtopsie (virtuelle Biopsie), eine Form der Sektion mit nur kleinsten Eingriffen, sollte vor der Kryonik angewendet werden, soweit dies bereits möglich und dringend geboten ist. Die schnelle Entwicklung dieser Methoden ist vonseiten der Kryonik zu fordern.

Sieht man von dem persönlichen Wunsch heute lebender Menschen nach Selbsterhaltung ab, so ist Kryonik ein experimentelles wissenschaftliches Projekt mit einem sehr weit gesteckten Ziel.

Wie aber sieht es aus, wenn man die Möglichkeiten betrachtet, welche eine funktionierende Kryonik bieten würde, wenn man Menschen und ihre Organe tiefkühlen, in der Kälte aufbewahren und wiederbeleben könnte?

---

## Literatur

- Best BP (2008) Scientific justification of cryonics practice. *Rejuvenation Res* 11:493–503
- Best B (2013) Cryonics: introduction and technical challenges. In: Sames KH (Hrsg) *Applied human cryobiology*, Bd 1. Ibidem, Stuttgart, S 61–77
- Bojic, S et al. (2021): Winter is coming: the future of cryopreservation. *BMC Biol* 19, 56
- Fahy GM (2021) Principles of vitrification as a method of cryopreservation in reproductive biology and medicine. In: Donnez J, Kim SS (Hrsg) *Section 2 – Reproductive Biology and Cryobiology*. Cambridge University Press, S 49–66
- Fahy GM, Wowk B (2021) Principles of ice-free cryopreservation by vitrification. *Methods Mol Biol* 2180:27–97
- Freitas Jr RA (2022) Cryostasis revival – the recovery of cryonics patients through nanomedicine. Alcor Life Extension Foundation, Scottsdale Arizona
- Mathwig K, Sames K (2013) Kryonik. In: Sun MJ, Kabus A (Hrsg) *Reader zum Transhumanismus*. Books on Demand Norderstedt, Berlin, S 113–129
- Reinhard K (1987) *Wie der Mensch den Tod besiegt. Technische Verfahren zur Unsterblichkeit*. Orac, Wien
- Sames KH (2011) „wollt ihr ewig leben?“ durch die Kryonik zum ewigen Leben? *Innsbrucker Forum für Intensivmedizin und Pflege (IFIMP) Univ.-Klinik für Allgemeine und Chirurgische Intensivmedizin, Medizinische Universität Innsbruck* 09.–10. Juni [http://www.intensiv-innsbruck.at/meetings/IFIMP2011\\_bilder.htm](http://www.intensiv-innsbruck.at/meetings/IFIMP2011_bilder.htm)
- Sames KH (2013a) General mechanisms of mortality and aging and their relation to cryonics In: Sames KH (Hrsg) *Applied human cryobiology*, Bd 1. Ibidem, Stuttgart, S 145–169

---

Sames KH (Hrsg) (2013b) Applied human cryobiology, Bd 1. Ibidem, Stuttgart

Sames KH (Hrsg) (2018) Applied human cryobiology, Bd 2. Ibidem, Stuttgart

Sames KH et al (2022) Safe preservation of organs by cryogenic cooling, a chance of the future not only of medicine. In: Willmann TA, El Maleq A (Hrsg) 2.0. (Trans-) Humanistische Perspektiven zwischen Cyberspace, Mind Uploading und Kryonik (Sammelband zur Tagung 2019). De Gruyter, Basel, S 221–238

# Brücke in die Zukunft: Fernziele der Kryobiologie und Kryonik, unbegrenzte Zeiten – unbegrenzte Möglichkeiten

## 3.1 Ein Kryonikszenario

Ein kleiner Sketch soll in 8 kurzen Szenen zeigen, wie aufregend die Rettung eines Patienten durch die Kryonik ist.

1. Das Herz steht still, das Blut wird nicht mehr von der Lunge mit Sauerstoff versorgt.
2. Die Zellen bekommen keinen Sauerstoff mehr und die Energie geht ihnen aus.
3. Aber noch leben sie, während der Mensch bereits regungslos und bewusstlos mit fehlenden Hirnströmen darnieder liegt und in der Regel nicht mehr ins Leben zurückkehrt. Die Zellen versuchen Reserven, wie energiereiche Phosphate oder Kreatininverbindungen, und Zucker auszunutzen, um noch Energie für das Betreiben ihrer Molekulpumpen zu gewinnen.
4. Schließlich sind auch die chemischen Energiereserven völlig aufgebraucht. Die Zellen ähneln leeren Batterien.
5. Die Moleküle verändern sich nun, es entstehen unverträgliche Stoffe und solche, die chemisch reduziert sind. Zum Glück fließt das Blut nicht mehr, denn es enthält zunehmend schädliche Abfallprodukte und es ist übersäuert.
6. Da setzt Kühlung ein!  
Der Körper ist in kaltes Wasser gefallen, oder ein Mediziner oder Kryonikvertreter wendet eine künstliche Kühlung an.  
Die Zellen schlafen daraufhin ein. Ihr Stoffwechsel wird so langsam, dass sie kaum mehr Energie benötigen. Sie produzieren auch kaum Abfallstoffe. Die Kühlung ist rechtzeitig erfolgt, um die größten Schäden zu stoppen. Viele Zellen befinden sich noch in einem Zustand, in dem sie wiederbelebt werden könnten.
7. Frostschutzmittel sorgen dafür, dass möglichst keine Eiskristalle entstehen. Zellen werden zusätzlich durch Medikamente geschützt

8. Wird der Körper jetzt weiter auf  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ , die Temperatur von flüssigem Stickstoff gekühlt, so verursachen die heutigen Kühlmethoden zwar zusätzliche Schäden, jedoch halten sich die Bestandteile des Körpers danach für unvorstellbar lange Zeit, solange die Temperatur bei  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  bleibt.

Sicher ist: viele Zellen waren noch nicht tot. Nach allem was wir wissen sind sie auch in ein paar tausend Jahren noch in Form und ehemaliger Funktion erkennbar. Das ist viel Zeit für die Medizin, um Methoden für die Wiederherstellung des Patienten zu entwickeln. Wir wollen ihm Glück wünschen.

---

## 3.2 Kryonikperspektiven der Medizin

Kryonik ist aber weit mehr. Angestrebt wird nicht mehr und nicht weniger, als das Leben beliebig an- und auszuschalten. Man könnte mit ihr (wenn sie denn voll funktioniert) das Leben jederzeit und für eine beliebige Dauer aussetzen und wieder in Gang setzen. Sie wäre ein Schalter für: Leben an – Leben aus.

Angestrebt wird so auch eine revolutionäre Schutz- und Rettungsmethode. In Tiefkühlung können Schädigungen gestoppt und „eingefroren“ werden. Es kann ein Schutz gegen zerstörende Wirkungen aufgebaut werden, da ein tiefgekühlter Körper keine Bedürfnisse hat, keine Nahrung, keine Entsorgung, keine Luft benötigt, kann er in widerstandsfähige Schutzhüllen gesteckt, vielleicht sogar in Beton gegossen werden. Das Einzige, was er wirklich braucht, ist ein Schutz gegen Erwärmung. Würde die Kryonik voll funktionieren, dann wäre sie auch für die Medizin eine Rettungsmethode, die den heutigen Methoden weit überlegen ist. Sie könnte den Menschen sogar gegen extreme Umweltbedingungen schützen. Ein Mensch könnte durch sie nahezu unverwundbar werden.

Ein wichtiger Schritt in der Kryonikentwicklung ist die Konservierung von Geweben und ganzen Organen in der Transplantationsmedizin. Eines der Ziele der Kryonik ist die Anlage von Organbanken mit tiefgekühlten Organen für die Transplantation auf den Menschen.

Neuerdings werden auch künstliche Gewebe mit ersten Erfolgen kryokonserviert. Die Kryonik sollte hier den Erfordernissen eines entstehenden großen Markts Rechnung tragen. Da Kryonikanwärter ihre Organe nicht spenden können, sondern für sich behalten müssen, sind sie an der Entwicklung künstlicher Organe sehr interessiert.

Eine Kryokonservierung von Transplantatorganen würde einen enormen medizinischen Fortschritt darstellen, abgesehen davon, dass man hiermit der Kryokonservierung des menschlichen Körpers näherkäme.

Es gibt heute viel zu wenige Spenderorgane für die Transplantationsmedizin, was durch Schwierigkeiten bei der Erhaltung und dem Transport von Organen bedingt ist. Laut WHO waren 2010 nur 10 % der weltweit benötigten Spenderorgane verfügbar. Im Jahr 2017 wurden (alle Organe zusammengefasst) 139.024 Organe transplantiert (wieder nur 10 % des weltweiten Bedarfs) und – wichtiger – es fehlen geeignete Aufbewahrungsmethoden. Trotzdem werden in den