

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