

**DER EINFLUSS DER ELEKTROLYT-KONZENTRATION
VERSCHIEDEN AUSBALANZierter KULTURMEDIEN
AUF DAS REGENERATIONSWACHSTUM VON
EUPLANARIA GONOCEPHALA
(DUGES)**

**The influence of the concentration of electrolytes of differently balanced
culture media on the growth of regeneration of *EUPLANARIA GONOCE-
PHALA* (DUGES)**

von

Johann HASLAUER *)

Ludwig Boltzmann-Institut für biologische Regulationsforschung und Umwelthygenie /
Salzburg

Herrn Ing. E. KOMMA – Balneologisches Institut der Universität Innsbruck und
Forschungsinstitut Gastein der Österreichischen Akademie der Wissenschaften – bin ich
für die Herstellung der einzelnen Modellwässer sowie für die Durchführung verschiedener
Kontrollanalysen zu großem Dank verpflichtet.

Summary:

Subsequent to earlier research-work (HASLAUER J., 1962, 1964) observing a
retarding effect of water from the thermal springs of Gastein on the process of
regeneration of Planaria, the author investigates, applying model-waters, whether,
compared to Salzburg tap-water, the higher percentage of mineral substances, respectively
the different ionic composition (higher percentage of Na⁺ and K⁺ ions) alone suffices to
explain the observed retarding effect.

*) Anschrift des Verfassers:
Univ. Doz. Dr. J. Haslauer, Schopperstraße 3, 5020 Salzburg

Moreover, the influence of the total concentration (osmotic value) and of a different equilibration of the used model-waters on the speed of the growth of regeneration is investigated.

It becomes obvious that the speed of the growth of regeneration depends both, on the total concentration of dissolved salts – and, to a still higher degree – on the balance of Na^+ K^+

With the higher (Na^+ and K^+)-level of the Gastein thermal water, respectively of its model-waters, a 100 % increase of the K^+ concentration effects a distinct stimulation of the growth of regeneration. A still stronger increase of the K^+ -contents (in proportion to Na^+), however, brings about an impairment and a noticeable retardation of the growth of regeneration.

Under the conditions of Salzburg tap-water (lower level of Na^+ and K^+) a relative double increase of K^+ brings about a slow stimulation, apart from this a toxic effect on plasma-colloides may already be noticed. A further increase of the K^+ level has a clearly noticeable toxic effect and retards regeneration.

The investigations carried out show up a network of parameters of the growth of regeneration with *Euplanaria gonocephala* (DUGES), which makes possible predictions as to the speed of the growth of regeneration. Thus, the growth of regeneration of *Euplanaria gonocephala* may be used for the investigation of further physiological factors.

Zusammenfassung:

Im Anschluß an eine in früheren Untersuchungen (HASLAUER J. 1962, 1964) beobachtete Hemmwirkung des Gasteiner Thermalwassers auf das Regenerationswachstum von Planarien wird an Hand von Modellwässern untersucht, ob die – gegenüber dem Salzburger Leitungswasser – höhere Mineralisierung, bzw. die unterschiedliche ionale Zusammensetzung (höhere Anteile der Na^+ + K^+ -Ionen) allein ausreichen, um den beobachteten Hemmeffekt zu erklären. Darüber hinaus wird der Einfluß der Gesamtkonzentration (osmotischer Wert) sowie einer verschiedenen Äquilibration der verwendeten Modellwässer auf die Regenerationswachstumsgeschwindigkeit untersucht.

Es zeigt sich, daß die Regenerationswachstumsgeschwindigkeit sowohl von der Gesamtkonzentration an gelösten Salzen, als auch – in noch höherem Maße – vom Verhältnis Na^+ K^+ abhängt.

Bei dem höheren (Na^+ + K^+)-Spiegel des Gasteiner Thermalwassers, bzw. seiner Modellwässer bewirkt eine Erhöhung der K^+ -Konzentration auf das Doppelte eine deutliche Stimulierung des Regenerationswachstums. Eine noch stärkere Erhöhung des K^+ -Anteiles (im Verhältnis zu Na^+) führt dagegen zu einer Schädigung und deutlichen Verzögerung des Regenerationswachstums.

Unter den Verhältnissen des Salzburger Leitungswassers (niedriger Anteil von Na^+ + K^+) führt eine relative Erhöhung des K^+ auf das Doppelte auch hier zu einer leichten Stimulierung, daneben zeigt sich aber bereits eine toxische Wirkung auf die Plasmakolloide. Eine weitergehende Erhöhung des K^+ -Anteiles wirkt deutlich toxisch und hemmend auf das Regenerationswachstum.

Die durchgeführten Untersuchungen ergeben ein Netz von Parametern des Regenerationswachstums bei *Euplanaria gonocephala* (DUGES), das Voraussagen über die Regenerationswachstumsgeschwindigkeit ermöglicht. Dadurch kann das Regenerationswachstum von *Euplanaria gonocephala* zur Überprüfung weiterer physiologischer Faktoren herangezogen werden.

Einleitung:

In früheren Arbeiten (HASLAUER J., 1962, 1964) wurde der Einfluß des Radonarmen bzw. Radonfreien Gasteiner Thermalwassers auf die Regeneration von *Euplanaria gonocephala* (DUGES) untersucht.

Die Gasteiner Therme wird beschrieben (KOMMA, E., 1961) als "Radonhaltiges Natrium-Calcium-Sulfat-Hydrogencarbonat-Thermalwasser mit akratrischer Konzentration"

Das zur Anwendung kommende Thermalwasser wurde durch den Transport (ca. 5 Std.) weitgehend entemanert, sodaß die beobachtete Wirkung nicht auf die Radioaktivität der Gasteiner Therme zurückgeführt werden kann.

Vorversuche mit quellfrischem Emanation-haltigem Thermalwasser zeigen keine quantitativen Unterschiede in der Hemmwirkung gegenüber dem entemanerten Thermalwasser. Ob eine geringfügige Stimulierung durch die Radioaktivität des quellfrischen Thermalwassers bedingt wird, soll in späteren Versuchen geprüft werden.

Im Vergleich zum Salzburger Trinkwasser zeigen die entemanerten Thermalwässer – unter gleichen Versuchsbedingungen (Temperatur, Sauerstoffangebot) – eine deutliche Hemmwirkung auf das Regenerationswachstum von Planarien.

Ein Vergleich der beiden Wässer: Gasteiner Thermalwasser (Quelle IX: Elisabethquelle) – Salzburger Trinkwasser (Tabelle 1 und 2) zeigt einen deutlichen Unterschied im Chemismus bzw. in der Gesamtkonzentration der gelösten Salze.

Während im Salzburger Trinkwasser die Alkalischen Erden: Ca^{++} , Mg^{++} mit zusammen fast 90 mval% den Anteil der Alkalimetalle: Na^+ , K^+ deutlich überwiegen, ist dieses Verhältnis im Gasteiner Thermalwasser – mit etwa 75 mval% Na^+ + K^+ – gerade umgekehrt. Hier überwiegen vor allem die Na^+ -Ionen. Das Verhältnis: K^+ Na^+ ist in beiden Vergleichswässern annähernd gleich (bezogen auf das Gewicht der gelösten Ionen 1 : 28, bezogen auf mval% 1 : 48).

Die Menge der insgesamt gelösten Stoffe (dissoziierte und nicht dissoziierte Bestandteile) ist im Gasteiner Thermalwasser mit 393,56 mg/kg mehr als doppelt so groß wie im Salzburger Trinkwasser (160,97 mg/kg).

In der vorliegenden Arbeit soll geprüft werden, ob der beobachtete Hemmeffekt im Radonfreien Gasteiner Thermalwasser ausschließlich auf den Chemismus (höhere Elektrolytkonzentration, Überwiegen der Na^+ und K^+ -Ionen) dieses Wassers zurückzuführen ist, oder ob noch weitere, unbekannte Wirkfaktoren im Thermalwasser zur Erklärung dieses Effekts herangezogen werden müssen.

Um derartige Wirkfaktoren (wie etwa eine "Fervor-Wirkung" des Gasteiner Thermalwassers) auszuschließen, wurden in den vorliegenden Untersuchungen Modellwässer

verwendet, die die gleiche Zusammensetzung der gelösten Salze aufweisen, wie sie im Thermalwasser selbst vorliegen.

Darüber hinaus soll durch gezielte Abwandlung in der Äquilibration der verwendeten Modellwässer – insbesondere des Verhältnisses $K^+ Na^+$, sowie der Gesamtkonzentration der gelösten Bestandteile – geprüft werden, inwieweit durch diese Veränderung des physikalisch-chemischen Milieus das Regenerationswachstum der Planarien beeinflusst wird.

Seit den klassischen Untersuchungen von RINGER (1883) sind die Wechselwirkungen zwischen Natrium, Kalium und Kalzium bekannt.

Die Wirkung der Neutralsalze und ihrer Ionen umfaßt im wesentlichen 2 Funktionsbereiche: 1) die allgemeine osmotische Wirkung, 2) die spezifische Wirkung jeder Ionenart, die im einzelnen schwer festzustellen ist, da jede Ionenart für sich allein eine starke Giftwirkung auslöst. Im richtigen Verhältnis zueinander entgiften sie sich gegenseitig. Die spezifisch "chemodynamische" Wirkungsweise der Ionen erstreckt sich in erster Linie auf den Quellungsstand der Plasmakolloide. Darüber hinaus wirken Ionen aktivierend auf den Ablauf enzymatischer Reaktionen. Bei der Enzymaktivierung in lebenden Zellen nimmt vor allem das Kalium eine einzigartige Stellung ein (MENGEL, K., 1969).

Es ist zu erwarten, daß dieser Ionen-Antagonismus gerade bei einem so zentralen Lebensvorgang wie der Regeneration eine entscheidende Rolle spielen wird.

So konnte J. LÖB (1927) für Tubularia nachweisen, daß im Wasser Kalium und Magnesium vorhanden sein müssen, um die normale Regeneration zu ermöglichen. Bereits ein geringer Überschuß an KCl hebt das Wachstum und die Regenerationsfähigkeit auf. M.P. KOSACK (1927) beobachtet bei der Regeneration der Hydra eine entgiftende Wirkung durch Zusatz von $CaCl_2$ zu einer giftigen Konzentration von NaCl. Ebenso kann eine giftige Konzentration von KCl durch Zusatz von $CaCl_2$ oder NaCl entgiftet werden. Oberhalb einer Konzentration von 0,024 m KCl ist eine Entgiftung allerdings nicht mehr möglich. V. BERTALANFFY und M. RELLA (1941) untersuchen den Einfluß verschiedener Salze auf die Reorganisation von Süßwasserhydrozoen. Die Salze kamen in einer Konzentration von 0,01 % zur Anwendung und zwar wurde die Reorganisation in NH_4Cl , KCl, NaCl, $MgCl_2$ und $CaCl_2$ untersucht. Während in einer reinen Lösung die Regeneration entweder überhaupt unterbleibt (NH_4Cl , KCl) oder zumindest stark verzögert wird, geht die Regeneration in einem Gemisch von NaCl und KCl glatt vor sich, ebenso in KCl + $CaCl_2$. In beiden Fällen wird das KCl durch Zugabe von NaCl bzw. $CaCl_2$ entgiftet. V. BERTALANFFY kommt zu dem Schluß: "a correct balance of the physiologically important inorganic cations therefore is essential for normal regeneration".

In neueren Untersuchungen verwendet F. STEPHAN-DUBOIS (1957) Meerwasser mit vermindertem Ca-Gehalt. Kalzium ist notwendig für das Überleben und für die Regeneration des Anneliden *Nereis diversicolor*. Wenn der Gehalt an Kalzium auf weniger als ein Viertel der normalen Konzentration fällt, geht die Regeneration vonstatten, aber die Differenzierung ist schwach und anormal. Wenn der Gehalt an Kalzium auf weniger als ein Achtel absinkt, ist die ganze Regeneration unmöglich. Umgekehrt begünstigt eine Anreicherung des Meerwassers mit $CaCl_2$ die morphogenetische Differenzierung. (F. STEPHAN-DUBOIS, 1958).

So können durch verschiedene chemische Zusammensetzung der Kulturmedien unterschiedliche Wirkungen – Hemmung oder Stimulierung des Regenerationswachstums, gewebliche Differenzierung und allgemeine Morphogenese – erzielt werden.

Material und Methode

Untersucht wird die Art *Euplanaria gonocephala* (DUGES). Die Tiere wurden dem Fanggebiet Fischach (in der Nähe der Bahnstation Eugendorf) entnommen. Da in früheren Untersuchungen (HASLAUER, J., 1964) festgestellt wurde, daß diese Art in der Umgebung Salzburgs in verschiedenen physiologischen Rassen vorkommt, die sich in ihrem Regenerationsverhalten geringfügig unterscheiden, wurden die Vergleichsuntersuchungen ausschließlich mit Tieren aus dem oben angeführten Fanggebiet durchgeführt. Die Tiere werden in die einzelnen Versuchswässer (abgedeckte Gläser mit 500 cm³ Inhalt) überführt und einige Tage an das neue Milieu adaptiert. Die Tiere werden bei einer konstanten Temperatur von 12°C gehalten, die einzelnen Wässer werden dauernd mit Frischluft (bei einem Druck von 40 cm Wassersäule) durchströmt.

Die Tiere werden mit einer Rasierklinge mit einem möglichst scharfen Schnitt dekapitiert, das Amputationsniveau liegt bei allen Tieren auf derselben Höhe, (etwa an der engsten Stelle zwischen Kopf und Rumpf). Die Höhe des Amputationsniveaus hat einen Einfluß auf die Wachstumsgeschwindigkeit des Regenerats (HASLAUER, J., 1964). Die Flächenwerte der Regenerationsblasteme werden planimetriert und in Form von Wachstumskurven ausgewertet.

Vergleichswässer:

In den folgenden Versuchen werden Modellwässer des Thermalwassers von Badgastein – Elisabethquelle (Quelle IX) – verwendet, die auf Grund der “Großen Heilwasseranalyse des Forschungsinstitutes Gastein” vom Jahr 1959/60 (SCHRÖCKSNADEL, H. und E. KOMMA, 1962) hergestellt wurden. (Tabelle 1).

Weiters wurden Versuche durchgeführt mit dem Salzburger Trinkwasser, entnommen dem Leitungsnetz. Das Salzburger Leitungswasser weist geringfügige Schwankungen in seiner Mineralisation auf, 2 Kontrollanalysen – durchgeführt von E. KOMMA (1955) (Tabelle 2) und 1963 (Tabelle 3) geben ein Bild der auftretenden Schwankungen. Um zu überprüfen, ob die auftretenden geringfügigen Schwankungen im Salzburger Trinkwasser im Regenerationsverlauf sichtbar werden, wurden in manchen Versuchsreihen auch Modellwässer des Salzburger Trinkwassers mit der Zusammensetzung wie in Tabelle 2 verwendet. Die Zusammensetzung des Modellwassers für das Salzburger Leitungswasser wird in Tabelle 4 wiedergegeben.

In weiteren Versuchen wurde die Konzentration der einzelnen Ionen in den Modellwässern variiert, oder auch – bei gleichbleibender prozentueller Zusammensetzung – die Gesamtkonzentration erhöht oder verringert.

Es wurden folgende Modellwässer hergestellt:

- Modellwasser 1: Modellwasser des Gasteiner Thermalwassers (siehe Tabelle 1)
Modellwasser 2: wie Modellwasser 1, aber Verhältnis von $K^+ Na^+ = 1 \ 14$ (siehe Tabelle 5)
Modellwasser 3: Modellwasser des Salzburger Leitungswassers (siehe Tabelle 2)
Modellwasser 4: Modellwasser mit derselben prozentuellen Zusammensetzung wie Modellwasser 1, aber von halber Konzentration
Modellwasser 5: Modellwasser mit derselben prozentuellen Zusammensetzung wie Modellwasser 1, aber von doppelter Konzentration
Modellwasser 6: Modellwasser wie Salzburger Leitungswasser, aber mit umgekehrtem Verhältnis von $Ca^{++} Mg^{++}$ (Überwiegen der Mg^{++} -Ionen) (siehe Tabelle 6)
Modellwasser 7: Modellwasser mit derselben Zusammensetzung wie Modellwasser 1, aber mit einer Gesamtkonzentration, die der des Salzburger Leitungswassers entspricht (siehe Tabelle 7)
Modellwasser 8: Modellwasser wie Modellwasser 7, jedoch mit einem Verhältnis von $K^+ Na^+ = 1 \ 5$ (siehe Tabelle 8)
Modellwasser 9: Modellwasser Salzburger Leitungswasser, jedoch mit einem Verhältnis $K^+ Na^+ = 1 \ 14$ (siehe Tabelle 9)
Modellwasser 10: wie Modellwasser 9, aber mit einem Verhältnis von $K^+ Na^+ = 1 \ 5$ (siehe Tabelle 10)
Modellwasser 11: wie Modellwasser 9, aber mit einem Verhältnis von $K^+ Na^+ = 1 \ 2$ (siehe Tabelle 11)

Da bei den durchgeführten Versuchen dauernd Luft durchströmt wird, war es wünschenswert, zu prüfen, ob und welche Veränderungen in der Zusammensetzung der Wässer eintreten, sowohl hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung als auch hinsichtlich des Gashaushaltes. Es wurden daher in Vorversuchen das Modellwasser 1 als auch Salzburger Leitungswasser über einen längeren Zeitraum (2 bis 3 Wochen) dauernd mit Frischluft durchströmt (bei einem Druck von 40 cm Wassersäule). (Siehe Tabelle 12 und 13).

Aus diesen Versuchen geht – entsprechend den in Tabelle 12 und 13 wiedergegebenen Zahlenwerten – hervor, daß eine chemische Veränderung in der Zusammensetzung der Wässer nicht zu erkennen ist, da sowohl die elektrolytische Leitfähigkeit als auch der Gehalt an Hydrogenkarbonat konstant bleiben. Der Kohlendioxidgehalt sinkt etwas ab und der Sauerstoffgehalt bleibt annähernd konstant. Geringfügige Änderungen dürften auf Tagesschwankungen des atmosphärischen Luftdruckes zurückzuführen sein.

Thermalwasser der Elisabethquelle, Badgastein:
Probenahme am 19.9.1959

Chemische Zusammensetzung:

in 1 kg Wasser sind enthalten

Kationen:	mg	mval	mval%
Kalium (K ⁺)	2,87	0,0734	1,55
Natrium (Na ⁺)	79,41	3,453	72,85
Lithium (Li ⁺)	0,14	0,202	0,44
Kalzium (Ca ⁺⁺)	21,92	1,094	23,08
Strontium (Sr ⁺⁺)	0,26	0,0059	0,12
Barium (Ba ⁺⁺)	0,014	0,0002	0,00
Magnesium (Mg ⁺⁺)	0,94	0,0773	1,63
Ferro (Fe ⁺⁺)	0,04	0,0014	0,03
Mangan (Mn ⁺⁺)	0,023	0,0008	0,02
Aluminium (Al ⁺⁺⁺)	0,12	0,0134	0,25
		<u>4,740</u>	<u>100,00</u>
 Anionen:			
Chlor (Cl ['])	29,6	0,835	17,62
Fluor (F ['])	4,2	0,221	4,66
Sulfat (SO ₄ ^{''})	126,33	2,630	55,49
Hydrogenphosphat (HPO ₄ ^{'''})	0,15	0,003	0,06
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ['])	63,94	1,048	22,11
	<u>329,957</u>	<u>4,737</u>	<u>99,94</u>
 nicht dissoziiert:			
Meta-Kieselsäure (H ₂ SiO ₃)	58,5		
Meta-Borsäure (HBO ₂)	5,1		
	<u>393,56</u>		
 Freies Kohlendioxid (CO ₂)	1		
 Summe der insgesamt gelösten Stoffe	<u>394,56</u>		

Salzburger Leitungswasser:
Probenahme am 31.10.1955

Chemische Zusammensetzung:

in 1 kg Wasser sind enthalten:

Kationen:	mg	mval	mval%
Kalium (K ⁺)	0,16	0,004	0,20
Natrium (Na ⁺)	4,51	0,196	9,91
Kalzium (Ca ⁺⁺)	32,8	1,637	82,81
Magnesium (Mg ⁺⁺)	1,7	0,14	7,08
Ferro (Fe ⁺⁺)	Spuren		
		<hr/>	<hr/>
		1,997	100,00
 Anionen:			
Chlorid (Cl ⁻)	2,4	0,068	3,44
Sulfat (SO ₄ ^{''})	4,1	0,085	4,30
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ['])	111,3	1,824	92,26
Summe der Ionen:	156,97	1,977	100,00
Freies Kohlendioxid (CO ₂)	4		
	<hr/>		
	160,97		

Tabelle 3:

Salzburger Leitungswasser:
Probenahme am 17.4.1963

Chemische Zusammensetzung:

in 1 kg Wasser sind enthalten:

Kationen:	mg	mval	mval%
Kalium (K ⁺)	0,3	0,008	0,28
Natrium (Na ⁺)	8,6	0,374	12,96
Kalzium (Ca ⁺⁺)	40,0	1,990	68,98
Magnesium (Mg ⁺⁺)	6,1	0,502	17,40
Ferro (Fe ⁺⁺)	Spuren		
		<hr/>	<hr/>
		2,885	100,00

Anionen:

Chlorid (Cl ⁻)	2,9	0,082	2,84
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	8,5	0,176	6,10
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ⁻)	160,3	2,627	91,06
Summe der Ionen:	226,7	2,885	100,00

Tabelle 4:

In Salzen angegebene Zusammensetzung des Modellwassers für das Salzburger Leitungswasser:

KHCO ₃	0,4 mg
NaHCO ₃	16,26 mg
CaSO ₄ + 2 H ₂ O	1,72 mg
MgSO ₄ + 7 H ₂ O	8,64 mg
MgCl ₂ + 6 H ₂ O	7,08 mg
CaCO ₃	81,1 mg

Zur Herstellung muß das Kalziumkarbonat durch Einleiten von Kohlendioxid in Lösung gebracht werden. Dabei erreicht man einen Kohlendioxidgehalt von ca. 700 mg/kg. Durch ein solches Modellwasser wurde nun Luft durchgeleitet und stündlich der Kohlendioxidgehalt geprüft. Es wurden folgende Zahlen gefunden:

Kohlendioxidgehalt im Meßkolben nach Lösung des CaCO ₃	677 mg/kg
Kohlendioxidgehalt nach Einfüllen des Wassers in das Durchlüftungsgefäß	529 mg/kg
Kohlendioxidgehalt nach 1 Stunde Luftdurchströmung	66 mg/kg
Kohlendioxidgehalt nach 2 Stunden Luftdurchströmung	4 mg/kg
Kohlendioxidgehalt nach 3 Stunden Luftdurchströmung	2 mg/kg

Dabei trat keine Trübung des Modellwassers ein.

Tabelle 5:

Modellwasser 2:

Chemische Zusammensetzung:

in 1 kg Wasser sind enthalten

Kationen:	mg	mval	mval%
Kalium (K ⁺)	5,486	0,1403	2,987
Natrium (Na ⁺)	76,79	3,341	71,13
Lithium (Li ⁺)	0,14	0,0202	0,43
Kalzium (Ca ⁺⁺)	21,92	1,094	23,29
Magnesium (Mg ⁺⁺)	0,94	0,0773	1,65
Anionen:			
Chlorid (Cl ⁻)	28,00	0,789	16,83
Sulfat (SO ₄ ^{''})	126,2	2,63	56,05
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ['])	63,92	1,048	22,335

Tabelle 6:

Modellwasser 6:

Chemische Zusammensetzung:

in 1 kg Wasser sind enthalten:

Kationen:	mg	mval	mval%
Kalium (K ⁺)	0,16	0,004	0,20
Natrium (Na ⁺)	4,51	0,196	9,91
Kalzium (Ca ⁺⁺)	2,806	0,14	7,1
Magnesium (Mg ⁺⁺)	19,906	1,637	82,79
Anionen:			
Chlorid (Cl ⁻)	2,4	0,068	3,437
Sulfat (SO ₄ ^{''})	3,48	0,072	3,64
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ['])	112,21	1,838	92,91

Tabelle 7:

Modellwasser 7:

Chemische Zusammensetzung:

Kationen:	in 1 kg Wasser sind enthalten		
	mg	mval	mval%
Kalium (K ⁺)	1,1	0,028	1,58
Natrium (Na ⁺)	31,55	1,373	73,46
Kalzium (Ca ⁺⁺)	8,77	0,437	23,42
Magnesium (Mg ⁺⁺)	0,36	0,029	1,6
Anionen:			
Chlorid (Cl ['])	11,39	0,321	17,18
Fluor (F ['])	1,67	0,088	4,71
Sulfat (SO ₄ ^{''})	50,19	1,045	55,89
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ['])	23,35	0,415	22,22

Tabelle 8:

Modellwasser 8:

Chemische Zusammensetzung:

Kationen:	in 1 kg Wasser sind enthalten		
	mg	mval	mval%
Kalium (K ⁺)	5,39	0,138	7,64
Natrium (Na ⁺)	27,61	1,201	66,49
Kalzium (Ca ⁺⁺)	8,77	0,437	24,22
Magnesium (Mg ⁺⁺)	0,36	0,029	1,65
Anionen:			
Chlorid (Cl ['])	11,39	0,321	17,76
Fluor (F ['])	1,67	0,088	4,87
Sulfat (SO ₄ ^{''})	50,19	1,045	57,79
Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ['])	21,59	0,354	19,57

Tabelle 9:

Modellwasser 9:

Chemische Zusammensetzung:

in 1 kg Wasser sind enthalten

Kationen:	mg	mval	mval%
Kalium (K ⁺)	0,31	0,008	0,40
Natrium (Na ⁺)	4,29	0,186	9,43

übrige An- und Kationen gleich wie in Salzburger Leitungswasser.

Tabelle 10:

Modellwasser 10:

Chemische Zusammensetzung:

in 1 kg Wasser sind enthalten

Kationen	mg	mval	mval%
Kalium (K ⁺)	0,77	0,019	1,00
Natrium (Na ⁺)	3,83	0,166	8,47

übrige An- und Kationen gleich wie in Salzburger Leitungswasser.

Tabelle 11:

Modellwasser 11:

Chemische Zusammensetzung:

in 1 kg Wasser sind enthalten

Kationen	mg	mval	mval%
Kalium (K ⁺)	1,53	0,039	2,00
Natrium (Na ⁺)	4,51	0,133	6,84

übrige An- und Kationen gleich wie in Salzburger Leitungswasser.

Tabelle 12:

Durchströmung des Modellwassers 1 (Elisabethquelle) mit Frischluft bei 14°C und einem Druck von 40 cm Wassersäule:

	Beginn	nach 24 Std.	nach 1 Woche	nach 2 W.	nach 3 W.
Relativer Luftdruck	777	778	781	777	779
pH	7,7	7,77	7,77	7,77	7,77
elektrolyt. Leitfähigkeit bei 20°C, $10^{-5} \text{ }^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	44,76	44,76	44,76	44,76	44,76
Hydrogenkarbonat HCO_3^- mg/kg	64,1	64,1	64,1	64,1	64,1
freies gelöstes Kohlen- dioxid CO_2 mg/kg	3,3	2	2	2	2
gelöster Sauer- stoff O_2 mg/kg	7,3	8,6	9,4	8,6	8,9

Tabelle 13:

Durchströmung von Salzburger Leitungswasser mit Frischluft bei 14°C und einem Druck von 40 cm Wassersäule:

	Beginn	nach 24 Std.	nach 1 Woche	nach 2 Wochen
Relativer Luftdruck	779,5	781	775	778
pH	7,72	8,2	8,1	8,2
elektrolyt. Leitfähigkeit bei 20°C, $10^{-5} \text{ }^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	17,93	17,93	17,93	17,93
Hydrogenkarbonat HCO_3^- mg/kg	112,8	112,8	112,8	112,8
freies gelöstes Kohlen- dioxid CO_2 mg/kg	4	2	2	2
gelöster Sauer- stoff O_2 mg/kg	11,6	9,1	8,7	8,7

Versuchsergebnisse

In einer ersten Versuchsreihe soll geprüft werden, ob der im Radonfreien Gasteiner Thermalwasser beobachtete Hemmeffekt des Regenerationswachstums auch im Modellwasser des Gasteiner Thermalwassers (Modellwasser 1) auftritt. Durch quantitative Auswertung der Wachstumshemmung soll geklärt werden, ob diese Hemmung ausschließlich durch den Chemismus des Gasteiner Thermalwassers bewirkt wird, oder ob zusätzliche Faktoren zur Erklärung dieses Effektes herangezogen werden müssen.

Gleichzeitig soll untersucht werden, ob eine Erhöhung des Anteils der Kalium-Ionen (bei gleichbleibender Höhe der Konzentration $K^+ + Na^+$) stimulierend auf das Regenerationswachstum einwirkt.

Es wurden folgende Versuchsreihen durchgeführt:

- 1) 16 Tiere in Salzburger Leitungswasser
- 2) 32 Tiere in Modellwasser 2 (relative Erhöhung des K^+ zu Na^+ auf das Doppelte!)
- 3) 16 Tiere in Modellwasser 1 (Verhältnisse des Gasteiner Thermalwassers)

Die Flächenwerte der Regenerationsblasteme werden gemessen und in Form von Wachstumskurven dargestellt. Die Mittelwerte der einzelnen Wachstumskurven sind in Abbildung 1 dargestellt. Wie aus dieser Abbildung ersichtlich ist, zeigt das Regenerationswachstum in Modellwasser 1 (Gasteiner Thermalwasser) eine deutliche Hemmung

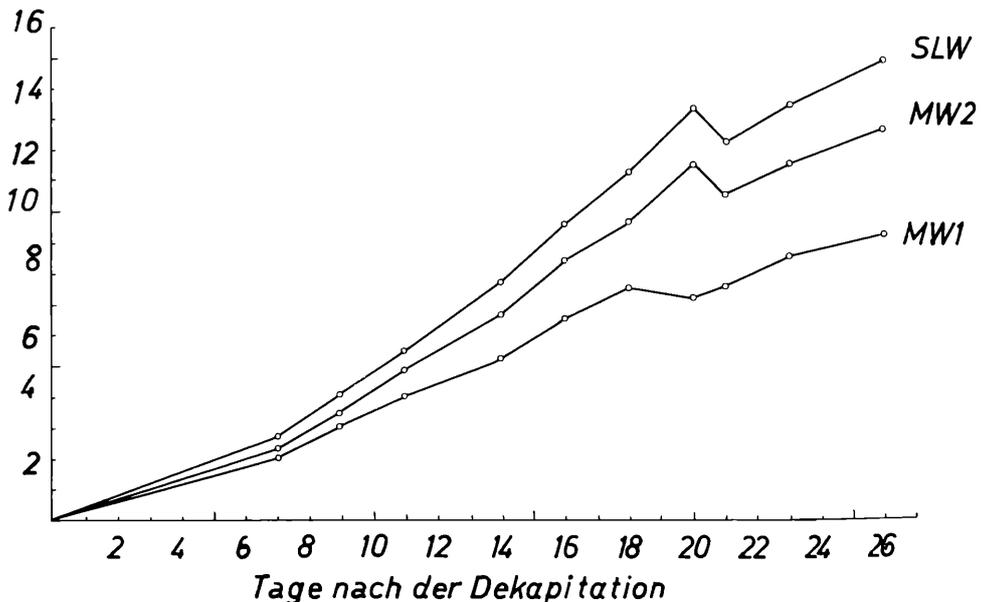


Abb. 1: Durchschnittliche Wachstumskurven des Regenerats in Salzburger Leitungswasser (SLW), in Modellwasser 2 (MW2) und Modellwasser 1 (MW1).

gegenüber den entsprechenden Werten in Salzburger Leitungswasser. Auch im Modellwasser des Gasteiner Thermalwassers erreichen die Flächenwerte des Regenerats – innerhalb eines Zeitraums von 4 Wochen – nur etwa 60 % der Flächenwerte im Salzburger Leitungswasser. Dies entspricht auch quantitativ der Wachstumshemmung im Radonfreien Gasteiner Thermalwasser.

Die Tiere in Modellwasser 2 (erhöhter Anteil des K^+) zeigen gegenüber dem Modellwasser 1 ($K^+ Na^+ = 1 : 28$) ein rascheres Wachstum, wenngleich sie nicht die Wachstumsgeschwindigkeit in Salzburger Leitungswasser erreichen. Die relative Erhöhung des K^+ im Modellwasser 2 wirkt stimulierend auf das Regenerationswachstum.

Im einzelnen zeigt das Regenerationswachstum den schon früher (HASLAUER, J., 1962) beobachteten Verlauf: kontinuierlich S-förmiger Anstieg, dann Einsetzen von Rückschlägen (“overshoot-Schwankungen”), die einmal oder mehrmals hintereinander auftreten können.

Bei den Tieren in Modellwasser 1 kommt es im Verlauf des Regenerationswachstums mehrmals zu Aufquellungen und kolloidalen Schädigungen des mesenchymalen Gewebes, wobei die etwas festere Epidermis gedehnt wird und oft geradezu auseinanderklafft. Diese Aufquellung betrifft manchmal mehr den Rumpf, manchmal vorwiegend den Regenerationskegel. Diese Schäden können bis zu einer teilweisen oder völligen Rückbildung des Regenerationsblastems führen (Abbildung 2).

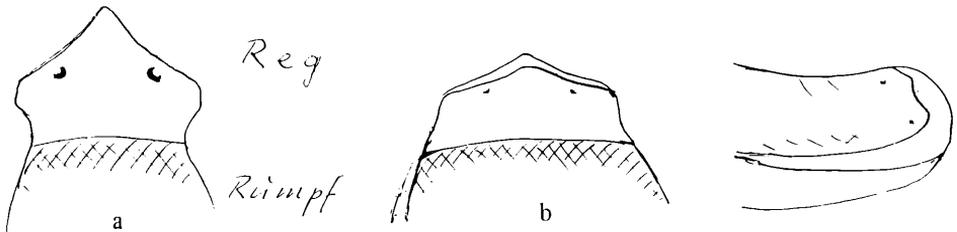


Abb. 2: a: normale Ausbildung des Regenerats in Salzburger Leitungswasser, b: teilweise Rückbildung des Regenerats und deutliche Aufquellung des mesenchymalen Gewebes (Ansicht von oben und von der Seite) in Modellwasser 1 (Reg = Regenerat).

Diese Gewebsschäden treten während des Regenerationsablaufes mehrmals hintereinander auf, wobei es zwischendurch immer wieder zu einer weitgehenden Erholung und Restitution des Regenerationskegels kommt.

Dieses periodische Auftreten der Plasmaschäden weist darauf hin, daß es sich hier nicht um eine einfache Dosis-Wirk-Beziehung handelt. Das Auftreten der kolloidalen Schädigung fällt meist mit dem Einsetzen des Wachstumsstillstandes bzw. der vorübergehenden Rückbildung des Blastems zusammen. Offensichtlich befindet sich das Regenerationsblastem in dieser Phase in einem besonders labilen Zustand. Eine während des normalen Regenerationswachstums erträgliche Ionen-Konzentration kann in diesem labilen Zustand zu einem “Einbruch”, d.h. zu einer kolloidalen Schädigung der Gewebe führen. Ähnliche kolloidale Schädigungen des Regenerationsblastems bzw. des adulten Rumpfes konnten

bei der Bestrahlung dieser Tiere mit U.V.-Licht beobachtet werden (HASLAUER, J., 1964 b). Obwohl derartige Plasmaschäden in leichter Form auch bei den Tieren in Modellwasser 2 (erhöhter K^+ -Anteil) auftreten, kommt es hier doch zu keinen so starken Aufquellungen bzw. Rückbildungen des Regenerats, wie bei den Tieren in Modellwasser 1.

In einer 2. Versuchsreihe wurden folgende Wässer zu Regenerationsversuchen herangezogen:

- 1) Salzburger Leitungswasser (12 Tiere)
- 2) Modellwasser 3 (Modellwasser des Salzburger Leitungswassers) (12 Tiere)
- 3) Modellwasser 4 (entsprechend dem Gasteiner Thermalwasser, aber mit halber Konzentration) (12 Tiere)
- 4) Modellwasser 5 (entsprechend dem Gasteiner Thermalwasser, aber mit doppelter Konzentration) (12 Tiere).

Ein Vergleich von Salzburger Leitungswasser mit seinem Modellwasser soll klären, ob das aus seinen Salzen hergestellte "künstliche" Modellwasser biologisch dem natürlichen Leitungswasser entspricht.

Eine Überprüfung des Regenerationsverhaltens im Modellwasser 4 und Modellwasser 5 soll den Einfluß der Gesamtkonzentration (osmotischer Wert) – bei gleichbleibendem Verhältnis von K^+ Na^+ Ca^{++} Mg^{++} entsprechend dem Gasteiner Thermalwasser – darstellen.

Abbildung 3 gibt die Mittelwerte der Wachstumskurven in den einzelnen Vergleichswässern wieder.

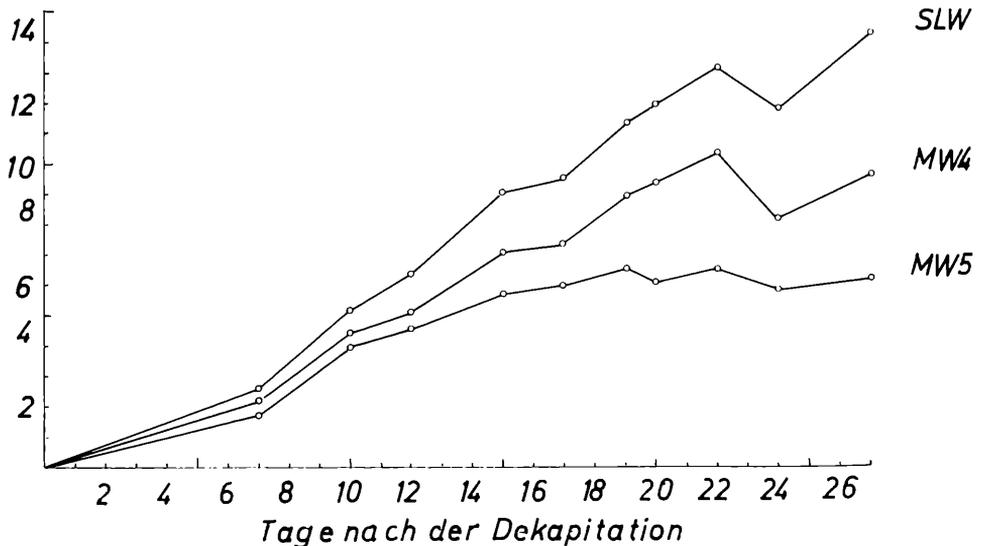


Abb. 3: Durchschnittliche Wachstumskurven des Regenerats in Salzburger Leitungswasser (SLW), in Modellwasser 4 (MW4) und Modellwasser 5 (MW5).

Zwischen dem Regenerationsverhalten in Salzburger Leitungswasser und seinem Modellwasser besteht kein signifikanter Unterschied. Das Modellwasser des Salzburger Leitungswassers entspricht in biologischer Hinsicht durchaus dem natürlichen Salzburger Leitungswasser.

Das Regenerationswachstum im Modellwasser 5 (Thermalwasser mit doppelter Konzentration) ist stark gehemmt, diese Hemmung führt schon frühzeitig – etwa ab dem 12. Tag nach der Dekapitation – zu deutlich geringerem Flächenzuwachs des Regenerats, ebenso kommt es im Regenerationsverlauf zu starken kolloidalen Schäden: Aufquellen des Rumpfes, Rückbildung und teilweise Auflösung des Regenerationskegels. Diese "Einbrüche" treten um den 12., 17. und 23. Tag nach der Dekapitation auf. Umso eindrucksvoller ist aber auch die jeweilige Erholung und Restitution der eingetretenen Schäden in den dazwischenliegenden Tagen. Der Regenerationsverlauf wurde bis zum 35. Tag verfolgt. Trotz der schweren Schäden und der weitgehenden Hemmung des Regenerationswachstums bleiben die Tiere am Leben und sind offenbar imstande, die Bedingungen dieses Milieus dauernd zu ertragen. Die Regeneration führt zu Endwerten des Blastems, die 50 bis 60 % unter den entsprechenden Flächenwerten im Salzburger Leitungswasser liegen. Dies entspricht in der Abbildung 6 einem Schädigungswert von 50 bis 60 %. Der Regenerationsverlauf im Modellwasser 5 ist stärker gehemmt als bei den Tieren in Modellwasser 1 (Gasteiner Thermalwasser mit normaler Konzentration).

Der Regenerationsverlauf im Modellwasser 4 (Gasteiner Thermalwasser mit halber Konzentration) zeigt eine geringere Hemmung als im Modellwasser 1. Ebenso sind die auftretenden kolloidalen Schäden nur ganz geringfügig (leichte Anschwellungen). Trotzdem liegen die Flächenwerte des Regenerats auch in diesem Fall unter den entsprechenden Werten im Modellwasser 2 (Gasteiner Thermalwasser, aber mit Erhöhung des K^+ -Anteils). (Die stimulierende Wirkung durch Erhöhung des K^+ überwiegt den Nachteil der doppelt so hohen Konzentration!).

Die in dieser Versuchsreihe durchgeführten Regenerationsversuche zeigen einen deutlichen Einfluß der Gesamt-Konzentration auf Wachstumsgeschwindigkeit und Schädigung des Regenerationsverlaufs. Ein Teil der beobachteten Hemmwirkung in Radonfreiem Gasteiner Thermalwasser dürfte also auf die höhere Gesamtkonzentration an Ionen bzw. nichtdissoziierten Bestandteilen zurückzuführen sein.

Regenerationswachstumskurven, die seinerzeit im Wasser der Grabenbauernquelle aufgestellt wurden (HASLAUER, J., 1962) zeigen ebenfalls eine Hemmung gegenüber Salzburger Leitungswasser. Das Wasser der Grabenbauernquelle weist eine verhältnismäßig hohe Mineralisation auf, wobei Ca^{++} und Mg^{++} überwiegen.

Da sich in den oben beschriebenen Regenerationswachstumskurven ein Einfluß des osmotischen Wertes bzw. der Gesamtkonzentration an gelösten Salzen erkennen läßt, soll in einer weiteren Versuchsreihe geprüft werden, ob bei gleicher Gesamtkonzentration der Vergleichswässer die relative Zusammensetzung: Überwiegen der $Ca^{++} + Mg^{++}$ -Ionen im Salzburger Leitungswasser, bzw. der $Na^+ + K^+$ -Ionen im Gasteiner Thermalwasser ebenfalls einen Einfluß auf das Regenerationsverhalten ausübt.

Gleichzeitig soll untersucht werden, inwieweit ein Austausch in der prozentuellen Zusammensetzung von Ca^{++} und Mg^{++} im Modellwasser des Salzburger Leitungswassers das Regenerationsgeschehen beeinflusst.

Es wurden folgende Vergleichswässer verwendet:

- 1) Salzburger Leitungswasser (12 Tiere)
- 2) Modellwasser 6 (wie Salzburger Leitungswasser, aber Ca^{++} 7 mval%, Mg^{++} 82 mval%). (12 Tiere)
- 3) Modellwasser 7 (gleiche Ausbalanzierung von K^+ Na^+ : Ca^{++} : Mg^{++} wie in Gasteiner Thermalwasser, aber mit der gleichen Gesamtkonzentration wie Salzburger Leitungswasser) (12 Tiere)
- 4) Modellwasser 8 (wie Modellwasser 7, aber K^+ $\text{Na}^+ = 1 : 5$) (12 Tiere)

Ein Vergleich zwischen Salzburger Leitungswasser und Modellwasser 6 zeigt (siehe Abbildung 4) eine Hemmung des Regenerationswachstums in dem mit Mg^{++} angereicherten Modellwasser. Ebenso treten leichte plasmatische Schäden, besonders im Anfang des Regenerationsverlaufs auf. Im großen und ganzen zeigen sich aber keine tiefgreifenden Schäden bzw. Hemmung.

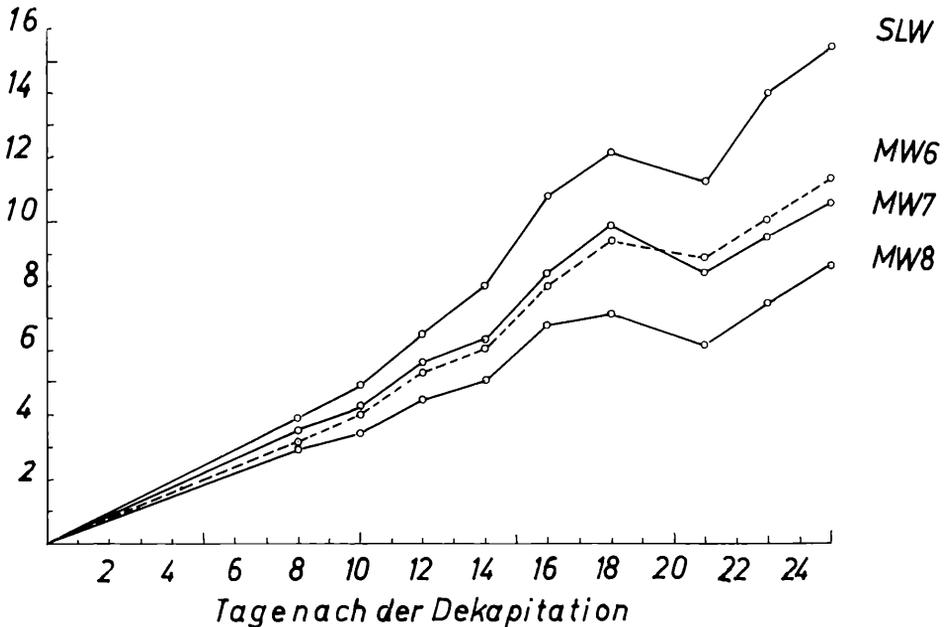


Abb. 4: Durchschnittliche Wachstumskurven des Regenerats in Salzburger Leitungswasser (SLW), in Modellwasser 6 (MW6), in Modellwasser 7 (MW7) und Modellwasser 8 (MW8).

Der Regenerationsverlauf im Modellwasser 7 weist eine geringere Hemmung auf wie in Modellwasser 1 (Gasteiner Thermalwasser, normale Konzentration), liegt aber immer noch deutlich unter dem Salzburger Leitungswasser. (Siehe Abbildung 6). Die Hemmung wird also nicht nur durch die höhere Konzentration des Thermalwassers, sondern auch durch die andersartige Äquilibrierung (Überwiegen der Na^+ + K^+ -Ionen) bewirkt.

Der Regenerationsverlauf im Modellwasser 8 zeigt eine deutlich ausgeprägte Hemmung, diese Hemmung ist sogar stärker ausgeprägt als bei den Tieren im Modellwasser 1, (obwohl dieses die doppelte Konzentration aufweist!). Das Verhältnis von K^+ Na^+ = 1 5 wirkt hier also nicht mehr stimulierend sondern bereits eindeutig toxisch auf das Regenerationswachstum ein. (Während der Hemmeffekt fast an die Verhältnisse in Modellwasser 5 mit einer ca. 4 fach höheren Gesamtkonzentration heranreicht, sind die hier auftretenden Plasmaschäden nicht so tiefgreifend).

In der 1. Versuchsreihe hat eine Erhöhung des K^+ -Anteils auf das Doppelte zu einer deutlichen Stimulierung des Regenerationswachstums (gegenüber normalem Thermalwasser) geführt. Um zu prüfen, ob eine Erhöhung der Kalium-Konzentration im Salzburger Leitungswasser selbst zu einer weiteren Steigerung der Wachstumsgeschwindigkeit führt, wurden in einer 4. Versuchsreihe folgende Vergleichswässer untersucht:

- 1) Modellwasser des Salzburger Leitungswassers (Modellwasser 3) (12 Tiere)
- 2) Modellwasser wie oben, aber K^+ Na^+ = 1 14 (Modellwasser 9) (12 Tiere)
- 3) Modellwasser wie oben, aber K^+ Na^+ = 1 5 (Modellwasser 10) (12 Tiere)
- 4) Modellwasser wie oben, aber K^+ Na^+ = 1 2 (Modellwasser 11) (12 Tiere)

Eine Auswertung der entsprechenden Wachstumskurven (siehe Abbildung 5) zeigt folgendes Bild:

Eine Erhöhung des relativen Anteils der K^+ -Ionen auf das Doppelte (gegenüber Salzburger Leitungswasser) wirkt leicht stimulierend auf das Regenerationswachstum. Die Flächenwerte liegen etwas höher als in Salzburger Leitungswasser. Trotzdem kommt es schon zu leichten Aufquellungen und Plasmaschäden. Bei den Tieren in Modellwasser 10, bzw. 11 überwiegt die toxische Wirkung der erhöhten K^+ -Konzentration, das Regenerationswachstum ist gegenüber Salzburger Leitungswasser gehemmt. Im Verlauf des Regenerationswachstums kommt es mehrmals zu schweren Aufquellungen des Rumpfes bzw. des Regenerats. Auch hier verlaufen diese Schäden "wellenförmig", selbst nach schweren kolloidalen Störungen erholen sich die Tiere wieder, schließlich regenerieren sogar die Tiere in Modellwasser 11 vollständig aus und erreichen in dem beobachteten Zeitraum (36 Tage) ihre adäquate Endgestalt. Trotz der schwerwiegenden Plasmaschäden, die an die entsprechenden Schäden in Modellwasser 5 erinnern, liegen die Flächenwerte des Regenerats nur etwas um 20 - 27 % unter denen in Salzburger Leitungswasser. (Ein Vergleich mit Modellwasser 8 zeigt, daß dort die Hemmung wesentlich stärker ist!).

Die "Hemmwerte" des Regenerationswachstums in den einzelnen Kulturmedien sind in Abbildung 6 dargestellt. Diese Hemmwerte geben an, um wieviel % die Flächen des Regenerats in den einzelnen Modellwässern hinter den entsprechenden Flächenwerten in Salzburger Leitungswasser zurückbleiben. Diese Hemmwerte ergeben sich aus dem Vergleich der Mittelwerte der einzelnen Wachstumskurven. Die geringfügigen Abweichungen der Kurven der Hemmwerte von einem geradlinigen Verlauf sind größtenteils darauf

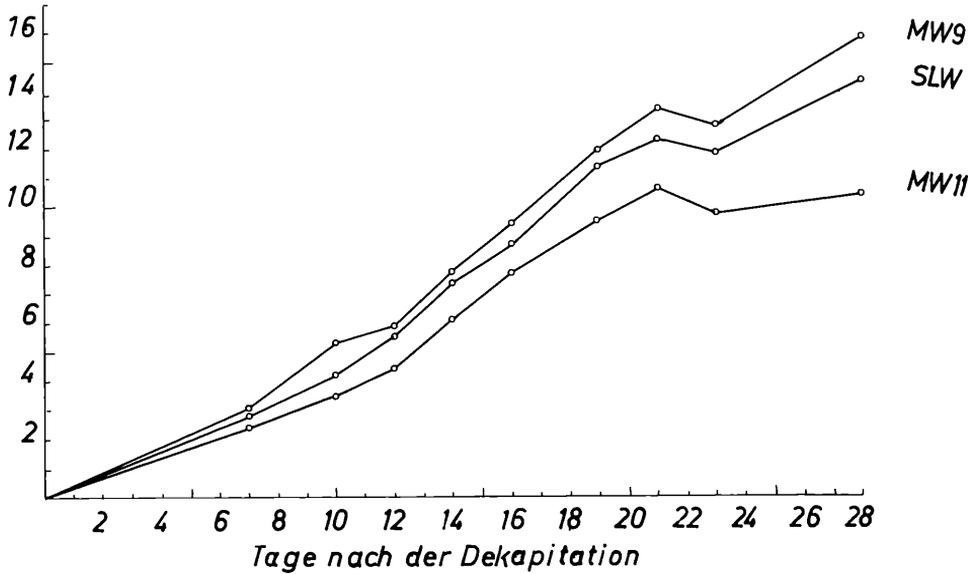


Abb. 5: Durchschnittliche Wachstumskurven des Regenerats in Modellwasser 9 (MW9), in Salzburger Leitungswasser (SLW) und in Modellwasser 11 (MW11).

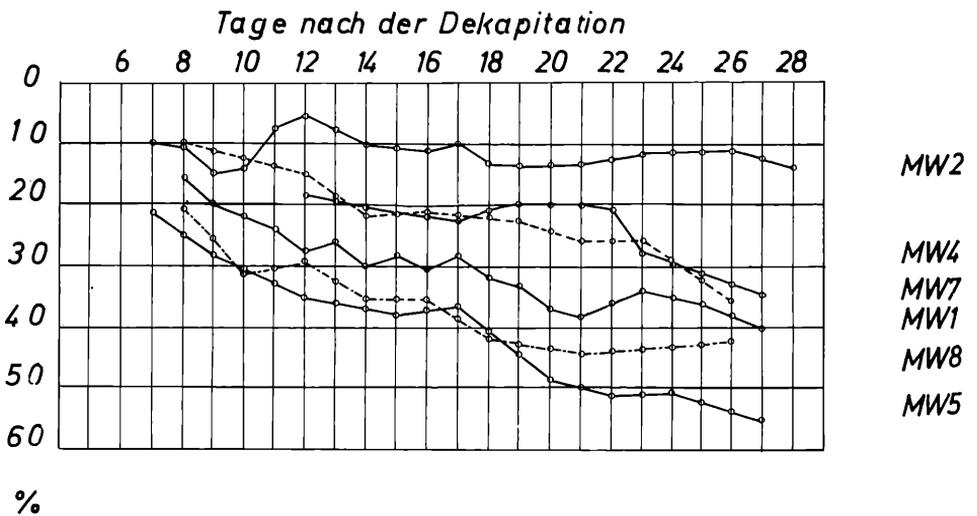


Abb. 6: Hemmwerte des Regenerationswachstums in Modellwasser 2 (MW 2), Modellwasser 4 (MW4), Modellwasser 7 (MW7), Modellwasser 1 (MW1), Modellwasser 8 (MW8) und in Modellwasser 5 (MW5).

zurückzuführen, daß die "overshoot-Schwankungen" der Wachstumskurven in den einzelnen Medien manchmal um 1 - 2 Tage gegeneinander verschoben sind. Trotzdem vermitteln diese Kurven der Hemmwerte mit genügender Deutlichkeit ein Bild der physiologischen Wirksamkeit der einzelnen Vergleichswässer.

Diskussion

In der ersten Versuchsreihe zeigt der Regenerationsverlauf im Modellwasser des Gasteiner Thermalwassers (Modellwasser 1) auch quantitativ die gleiche Hemmwirkung, wie sie in früheren Untersuchungen im "natürlichen" Radonfreien Gasteiner Thermalwasser beobachtet wurde. So kann diese Hemmung ausschließlich auf den Chemismus des Thermalwassers: höhere Gesamtkonzentration, Überwiegen der Na^+ + K^+ -Ionen, zurückgeführt werden. Eine Heranziehung zusätzlicher Faktoren (physikalische Veränderung des Wassers durch hohen Druck – "Fervor-Wirkung") ist zur Erklärung dieses physiologischen Phänomens nicht notwendig.

Während das relative Verhältnis von K^+ Na^+ sowohl in Salzburger Leitungswasser als auch in Gasteiner Thermalwasser annähernd gleich ist (1 : 28), so scheint bei der höheren Absolut-Konzentration von Na^+ und K^+ im Gasteiner Thermalwasser die "Entgiftung" des Na^+ durch K^+ ungenügend zu sein. Sowohl das verzögerte Regenerationswachstum (Hemmung) als auch die auftretenden plasmatischen Schäden sind wohl in erster Linie auf diesen hohen Anteil von Na^+ + K^+ (ca. 75 mval%) zurückzuführen.

Bei einer relativen Erhöhung des K^+ gegenüber Na^+ auf das Doppelte (1 : 14) kommt es – bei dem hohen Niveau dieser Ionen im Gasteiner Thermalwasser – zu einer deutlich geringeren Hemmung des Regenerationswachstums und es treten nur geringfügige plasmatische Schäden auf.

Trotz dieser besseren "Äquilibrierung" der Na^+ und K^+ -Ionen erreichen die Zuwachsraten des Regenerats nicht jene in Salzburger Leitungswasser.

In der 2. Versuchsreihe zeigt sich vor allem der Einfluß der Gesamtkonzentration auf das Regenerationswachstum. Die Tiere in Modellwasser 5 (doppelte Konzentration des Gasteiner Thermalwassers bei gleicher Ausbalanzierung der Ionen) zeigen die weitestgehende Hemmung, auch die plasmatischen Schäden sind am gravierendsten. Demgegenüber weisen die Tiere in Modellwasser 4 (halbe Konzentration des Gasteiner Thermalwassers) nur eine verhältnismäßig geringe Hemmung gegenüber Salzburger Leitungswasser auf. Auch die plasmatischen Schäden sind nur ganz geringfügig.

Bemerkenswert erscheint, daß das Regenerationswachstum in Modellwasser 2 (gleiche Konzentration wie Gasteiner Thermalwasser, aber Erhöhung des K^+) weniger gehemmt ist als in Modellwasser 4. Hier scheint die bessere "Äquilibrierung" den Nachteil der höheren Gesamtkonzentration zu überwiegen.

Die in der 3. Versuchsreihe zwischen "normalem" Salzburger Leitungswasser und Modellwasser 6 (Überwiegen der Mg^{++} -Ionen gegenüber Ca^{++}) auftretenden Unterschiede können in Hinblick auf die Rolle gesehen werden, die das Ca^{++} für die Verfestigung und das größere Adhäsionsvermögen der Zellen bei der Bildung des Regenerationsblastems spielt (STEPHAN-DUBOIS, 1958, HERBST, C., 1900). Gerade die zu Beginn der

Regeneration auftretenden plasmatischen Schäden scheinen darin begründet zu sein. Wenn später die Regeneration in dem mit Mg^{++} angereicherten Kulturmedium dennoch einwandfrei abläuft, so kann geschlossen werden, daß das Mg^{++} die Funktion des Ca^{++} weitgehend übernehmen kann.

Auffallend ist die starke Hemmung des Regenerationswachstums in Modellwasser 8 (Gasteiner Thermalwasser, aber mit der gleichen Gesamtkonzentration wie Salzburger Leitungswasser, $K^+ Na^+ = 1 \ 5$). Die Erhöhung des K^+ auf mehr als das 4 fache wirkt hier nicht mehr stimulierend sondern bereits eindeutig toxisch.

In der 4. Versuchsreihe werden die Verhältnisse des Salzburger Leitungswassers variiert, indem der K^+ -Anteil – bei gleichbleibender Gesamtkonzentration – jeweils erhöht wird. Auch hier wirkt eine Erhöhung des K^+ auf das Doppelte (1 14) leicht stimulierend. Bei der an sich geringen Konzentration von $Na^+ + K^+$ im Salzburger Leitungswasser scheint sich aber schon bei diesem Verhältnis eine leicht toxische Wirkung einzustellen.

Diese Wirkung ist noch stärker im Modellwasser 10 ($K^+ Na^+ = 1 \ 5$) und am stärksten im Modellwasser 11 ($K^+ Na^+ = 1 \ 2$) ausgeprägt. Obwohl die Absolutwerte des K^+ um eine Zehnerpotenz unter denen in Gasteiner Thermalwasser liegen, so ist das Verhältnis von $K^+ Na^+$ hier schon eindeutig toxisch. Aus diesen Versuchen geht nochmals deutlich hervor, daß nicht die absolute Menge des K^+ für sich allein die biologische Wirksamkeit bestimmt, sondern die gegenseitige Abstimmung der Ionen im System physiologisch wirksam wird.

Literatur

- BERTALANFFY, v. und M. RELLA: Studien zur Reorganisation bei Süßwasserhydrozoen. Wilhelm Roux' Arch.Entw.Mech. Org. 141, 99 (1941).
- HASLAUER, J.: Der Einfluß des Radonarmen bzw. Radonfreien Gasteiner Thermalwassers auf die Regeneration von *Euplanaria gonocephala* (DUGES). Wilhelm Roux' Arch.Entw.Mech. Org. 154, 171 (1962).
- HASLAUER, J.: Das Regenerationswachstum als "Biologischer Test" Wilhelm Roux' Arch.Entw.Mech. Org. 155, 391 (1964 a).
- HASLAUER, J.: Der Einfluß des sichtbaren und ultravioletten Lichtes auf das Regenerationswachstum von Planarien. Strahlenther. 125, 4, 604 (1964 b).
- HERBST, C.: Über das Auseinandergehen von Furchungs- und Gewebezellen im kalkfreien Medium. Wilhelm Roux' Arch.Entw.Mech. Org. 9, 424 (1900).
- KOMMA, E.: Der Chemismus der Gasteiner Therme. Öst.Hochschulzeitung 13, Nr. 14 (1961) (Sondernummer: 25 Jahre Forschungsinstitut Gastein).
- KOSAK, M.P.: Über den Ionenantagonismus bei der Regeneration der Hydra. Z.eksper.Biol.i.Med. 8, 525 (1928).
- LÖB, J. zit. n. KORSCHULT, E.: Regeneration und Transplantation, 1. Bd., 685 (1927).
- MENGEL, K.: Funktion und Bedeutung des Kaliums im pflanzlichen Stoffwechsel. Naturwiss.Rundschau, 8, 332 (1968).
- RINGER, S.: J.Physiol. 4, 29, 222 (1883).

- ©Naturwissenschaften - Biologie, Medizin, Zoologie, Umweltwissenschaften - Download unter www.biologiezentrum.at
- SCHRÖCKSNADEL, H. u. E. KOMMA: Zur Frage des Gasteiner Thermalwassers. Fund.Baln.-bioclim. 2, 149 (1962).
- STEPHAN-DUBOIS, F.: Le calcium dans la regeneration caudale de *Nereis diversicolor* O.F.M. (Annelide Polychete). C.R.Soc.Biol. 151, 2189 (1957).
- STEPHAN-DUBOIS, F.: Influence d'une eau de mer chargee en calcium dans la regeneration posterieure de la Polychete *Nereis diversicolor*. C.R.Soc.Biol. 152, 141 (1958).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereinigung in Salzburg](#)

Jahr/Year: 1975

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Haslauer Johann

Artikel/Article: [DER EINFLUSS DER ELEKTROLYT-KONZENTRATION VERSCHIEDEN AUSBALANZierter KULTURMEDIEN AUF DAS REGENERATIONSWACHSTUM VON EUPLANARIA GONOCEPHALA \(DUGES\). 13-35](#)