

Gibt es Tricks zur Gestaltung chemischer Gärten?

Caroline Brinkmann

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Motivation
2. Forschungsfragen
3. Theoretische Grundlagen
4. Durchführung der Untersuchung
 - 4.1 Versuchsbeschreibung
 - 4.1.1 Chemikalien
 - 4.1.2 Geräte
 - 4.1.3 Versuchsdurchführung
 - 4.2 Beobachtung
 - 4.2.1 Grundversuch
 - 4.2.2 Folgeversuch 1 (Einfluss von Wärme)
 - 4.2.3 Folgeversuch 2 (Einfluss eines elektrischen Feldes)
 - 4.2.4 Folgeversuch 3 (Einfluss von mechanischer Bewegung - Rühren)
 - 4.2.5 Folgeversuch 4 (Einfluss eines magnetischen Feldes)
5. Zusammenfassung der Ergebnisse
6. Ausblick
7. Literatur/Referenzen

1. Einleitung und Motivation

In Wasserglaslösungen „wachsen“ aus Kristallen vieler Salze Gebilde in Pflanzenformen. Ich habe mich gefragt, in wie fern man solch einen „Chemischen Garten“ gezielt gestalten kann.

2. Forschungsfragen

In meiner Arbeit bin ich folgenden Fragen nachgegangen:

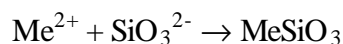
1. Aus welchen Salzen wachsen, in einer kurzen Zeit von wenigen Minuten, besonders schöne „Pflanzen“ und wie sehen diese aus?
2. Kann man das „Pflanzenwachstum“ im Chemischen Garten durch äußere Einwirkungen, wie
 - Wärme,
 - elektrisches Feld,
 - mechanische Bewegung (z.B. Rühren),
 - Magnetfeld,

beeinflussen?

3. Theoretische Grundlagen

Gibt man in eine Wasserglaslösung (Natriumsilikatlösung) Kristalle verschiedener Salze, so wachsen nach kurzer Zeit aus vielen dieser Kristalle pflanzenartige Gebilde. Dies kann man so erklären:

Die Salze lösen sich an der Oberfläche auf. Dabei bilden freiwerdende Metallionen mit den Silikatanionen schwerlösliche Verbindungen, oft mit charakteristischer Färbung, z.B. nach folgendem Schema:



Diese Silikate umhüllen die Salzkristalle mit einer Membran, die nur für Wasser, aber nicht für Ionen durchlässig ist. Solche Membranen heißen semipermeabel. Da die Konzentration der gelösten Metallsalze im Zwischenraum zwischen Kristall und Membran größer ist als in der äußeren Umgebung, diffundiert Wasser in diesen Zwischenraum. Dadurch steigt der Druck und wird so groß, dass die Membran reißt und etwas Salzlösung ausfließt. Um die ausgeflossene Salzlösung bildet sich sofort wieder eine neue Membran usw. Durch die Schwerkraft ist die Salzkonzentration am oberen Ende am geringsten. Die Membran ist deshalb dort am dünnsten und reißt daher bevorzugt oben auf. Somit wachsen die „Pflanzen“ im Silikatgarten, ähnlich wie in der Natur, nach oben. (Siehe [1], [2].)

4. Durchführung der Untersuchung

Ich habe zunächst den Grundversuch für den Silikatgarten mit verschiedenen Salzen aus der Chemiesammlung meiner Schule durchgeführt. Ich habe die Farbe und die Gestalt der entstehenden „Pflanzen“ notiert, außerdem aufgeschrieben, wie das Wachstum der „Pflanzen“ verläuft, und wie lange es dauert, bis eine bestimmte „Pflanzen“-Höhe erreicht ist. Aufgrund der Beobachtungen konnte ich dann die Salze auswählen, die für die Gestaltung eines Silikatgartens geeignet erscheinen.

In Folgeversuchen habe ich dann mögliche äußere Beeinflussungen des „Pflanzenwachstums“ untersucht, dies aufgrund folgender *Vorüberlegungen*:

1. Der Einfluss von Wärme:

Da durch Erwärmung Energie zugeführt wird, kann man erwarten, dass in aufgewärmten Lösungsbereichen „Pflanzen“ vielleicht schneller wachsen.

2. Der Einfluss eines elektrisches Feldes:

Da Salze aus Ionen bestehen, die elektrisch geladen sind, können diese Ionen von elektrisch geladenen Platten angezogen werden.

3. Der Einfluss von mechanischer Bewegung (Rühren):

Bewegt man die Wasserglaslösung in einer bestimmten Weise/Richtung, so könnte dies die Form der entstehenden Pflanzen verändern.

4. Der Einfluss eines magnetischen Feldes:

Da Eisen, Kobalt und Nickel von Magneten angezogen werden, könnte ein Magnet das Wachstum aus Eisen-, Kobalt- oder Nickelsalzen beeinflussen.

4.1 Versuchsbeschreibung

4.1.1 Chemikalien

Natronwasserglas (etwa 5 l), destilliertes Wasser,

Salze: Aluminiumsulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, Bleinitrat PbNO_3 , Calciumchlorid CaCl_2 , Calciumnitrat-4-hydrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, Chrom(III)-chlorid $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Eisen(II)-chlorid FeCl_2 , Eisen(III)-chlorid $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Eisen(II)-sulfat FeSO_4 , Kaliumchlorid KCl , Kaliumdichromat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Kaliumpermanganat KMnO_4 , Kobaltnitrat $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, Kobaltsulfat $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Kupfer(I)-chlorid CuCl , Kupfer(II)-chlorid-Dihydrat $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Kupfersulfat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Magnesiumchlorid $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Mangan(II)-chlorid-4-hydrat $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, Nickelnitrat $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Nickel(II)-sulfat NiSO_4 .

4.1.2 Geräte

Glasgefäße (z.B. Marmeladengläser oder Gurkengläser), Spatel, Schutzbrille und Schutzhandschuhe, Lineal (zum Messen der Höhe), Thermometer, 1Magnet, Lampe für Infrarotwärme, Stromgerät, Aluminiumfolie, Kabel mit Krokodilsklemmen.

4.1.3 Versuchsdurchführung

Grundversuch (chemischer Garten):

Der Versuch wurde bei Zimmertemperatur durchgeführt.

Ich habe das Natronwasserglas mit derselben Menge destilliertem Wasser verdünnt. Von dieser Lösung habe ich jeweils soviel in ein sauberes (Marmeladen-)Glas eingefüllt, bis die Lösung im Glas eine Höhe von 5 cm hatte. Dann habe ich die Kristalle der verschiedenen Salze in der Lösung verteilt.

Ich habe die verschiedenen Salze so in der Wasserglaslösung verteilt, dass „Pflanzen“ unterschiedlicher Salze nicht ineinander wachsen. Dies ist für die Beobachtung des Verhaltens jedes einzelnen Stoffes wichtig. Die einzelnen Salze habe ich nacheinander in die Wasserglaslösung gegeben, um jeden Stoff mit seiner „Pflanze“ einzeln beobachten zu können. Die Reihenfolge, in der die einzelnen Stoffe in die Lösung gegeben werden, ist beliebig, wurde aber bei der Wiederholung des Versuches immer wieder verändert.

Der Versuch wurde für jedes Salz mindestens fünf mal durchgeführt.

Folgeversuche:

In den Folgeversuchen 1, 2 und 3 wurden nur noch folgende Chemikalien verwendet :

Aluminiumsulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$,
Calciumchlorid CaCl_2 ,
Calciumnitrat-4-hydrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$,
Eisen(II)-chlorid FeCl_2 ,
Eisen(III)-chlorid $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,
Eisen(II)-sulfat FeSO_4 ,
Kobaltnitrat $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$,
Kobaltsulfat $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,
Kupfer(II)-chlorid-Dihydrat $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,
Kupfersulfat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$,
Magnesiumchlorid $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,
Mangan(II)-chlorid-4-hydrat $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$,
Nickelnitrat $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,
Nickel(II)-sulfat NiSO_4 .

Im Folgeversuch 4 habe ich nur folgende Chemikalien verwendet:

Eisen(II)-chlorid FeCl_2 ,
Eisen(III)-chlorid $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,
Eisen(II)-sulfat FeSO_4 ,
Kobaltnitrat $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$,
Kobaltsulfat $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,
Nickelnitrat $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,
Nickel(II)-sulfat NiSO_4 .

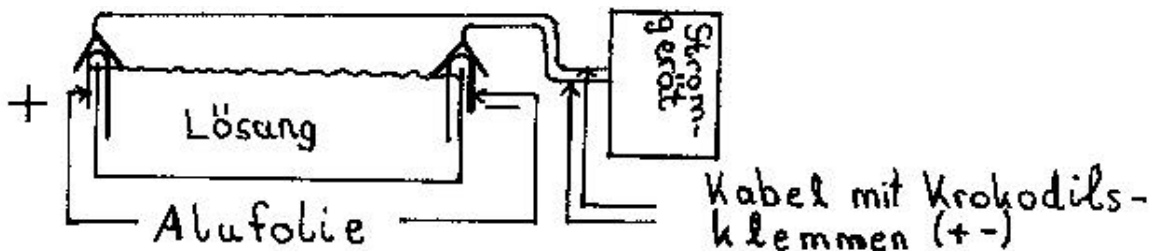
Die Folgeversuche wurden mit folgenden Veränderungen/Ergänzungen gegenüber dem Grundversuch durchgeführt:

Folgeversuch 1 (Einfluss von Wärme):

Die Wasserglaslösung wurde von einer Seite mit einer Infrarotlampe erwärmt. Mit einem Thermometer wurde die Temperatur sowohl auf der wärmeren als auch auf der kälteren Seite der Wasserglaslösung gemessen. Es sollte ein deutlicher Temperaturunterschied zu erkennen sein.

Folgeversuch 2 (Einfluss eines elektrischen Feldes)

Ich habe an zwei gegenüberliegenden Seiten des Glasgefäßes jeweils ein Stück Alufolie befestigt und mit einem Kabel mit Krokodilsklemme an einem Stromgerät angeschlossen, die eine Alufolie am positiven Pol, die andere am negativen.



Ich habe den Versuch zuerst bei einer Spannung von 10 V durchgeführt und dann noch mal bei einer Spannung von 30 V.

Folgeversuch 3 (Einfluss von mechanischer Bewegung - Rühren)

Ich habe immer am Gefäßrand des Glasgefäßes entlang gerührt. Dabei habe ich sehr vorsichtig, langsam und gleichmäßig gerührt, damit die entstehenden Pflanzen nicht auseinander brechen.

Während des Wachstums einer Pflanze habe ich die Drehrichtung beim Rühren geändert.

Auch habe ich für die Gestaltung des Gartens einige Kristalle während einer Rechtsdrehung und einige Kristalle während einer Linksdrehung eingeführt.

Folgeversuch 4 (Einfluss eines magnetischen Feldes)

Ich habe einen Magneten an das Glasgefäß gehalten.






4.2 Beobachtung

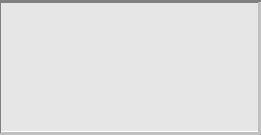
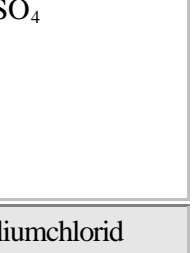
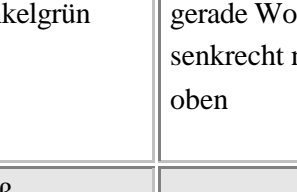

4.2.1 Grundversuch





In der folgenden Tabelle 1 sind die Beobachtungen bei der ersten Durchführung des Grundversuches angegeben. Bei den weiteren Versuchsdurchführungen ergaben sich keine größeren Abweichungen: bei den Wachstumszeiten gab es Abweichungen von weniger als 1-2 min, die beobachteten Farben waren dieselben, die Formen vergleichbar. Insbesondere gab es keine erkennbare Unterschiede, ob ein Stoff in einem leeren chemischen Garten oder einem schon stark „bepflanzten“ hinzu gegeben wurde.



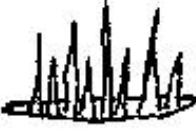

Die in der Tabelle 1 grau unterlegten Felder kennzeichnen diejenigen Salze, die sich für eine Gestaltung eines chemischen Gartens als ungeeignet erweisen.

Tabelle 1: Beobachtungen beim Grundversuch

Chemikalie	Farbe	Formen, die beim Wachstum entstehen	Aussehen/Gestalt: Skizze	Höhenwachstum - benötigte Zeit
Aluminiumsulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	weiß	meist nadelförmig oder stabförmig nach oben, mit einzelnen Knoten in den Fäden		1cm - 2min 2cm - 5min 3cm - 7min 5cm - 11min
Bleinitrat $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	weiß	feine Fäden		1cm - 1min 2cm - 5min danach kein weiteres Wachstum
Calciumchlorid CaCl_2	weiß	nadelförmig, senkrecht nach oben, teils mit kleinen Verdickungen		5cm-20sec.
Calciumnitrat-4-hydrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	weiß - glasartig	in 1min: haar-dünne Fäden, senkrecht nach oben; nach ≈ 1 min: Ausbildung von dicken Punkten am Ende der Fäden; nach $\approx 1,5$ min: aus den dicken Punkten wachsen dicke Fäden, die später am oberen Ende senkrecht nach oben zerfransen; später: Fransen am oberen Ende werden länger; manche dicke Kristalle fangen erst spät (nach 3 oder 4min) an zu wachsen.	<p>< 1min:</p>  <p>~ 1min:</p>  <p>↓</p> 	4cm - 1min 5cm - 1min 45sec, einzelne Fäden sogar 5cm in 10sec

Chrom(III)-chlorid $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	dunkelgrün	büschelartig nach oben		4cm - 15min
Eisen(II)-chlorid FeCl_2	braunrot	dünne und dicke verschlungene Fäden mit knäueförmigen Verdickungen, sieht hinterher wie eine knorrige Wurzel aus		1cm - 10sec 1,5cm - 15sec 3,5cm - 1min danach nicht weiter gewachsen
Eisen(III)-chlorid $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	ocker	haardünne Fäden, bevorzugte Wachstumsrichtung senkrecht nach oben, einzelne Knicke, Ausbildung einzelner Knoten entlang der Fäden, auch gekringelte Fäden und knäuelartiges Wachstum		5cm - 1min
Eisen(II)-sulfat FeSO_4	hellgrün, in der Lösung dunkelgrün	feine Nadeln, wie ganz dünne, gerade Wollfäden senkrecht nach oben		1cm - 3min 2cm - 5min 3cm - 8min 4cm - 10min 4,5cm - 12min 5cm - 22min
Kaliumchlorid KCl	weiß	_____ (wächst nicht)	_____ (wächst nicht)	_____ (wächst nicht)
Kaliumdichromat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	orange -rot	_____ (wächst nicht)	_____ (wächst nicht)	_____ (wächst nicht)
Kaliumpermanganat KMnO_4	schwarz-violett	wächst nur sehr wenig und langsam, färbt die Lösung so intensiv, dass man schlecht erkennen kann, wie das Wachstum verläuft.	_____	_____

Kobaltnitrat $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	braun	Fäden und Stäbe, teilweise mit Knoten, wächst ruckartig, nicht ganz geradlinig, auch mit größeren Verdickungen, färbt sich blau, später grün-türkis, noch später dunkelblau		2cm - 1min 4cm - 2min 5cm - 4min
Kobaltsulfat $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	rosa-braun	dicke Stäbe, (fast) senkrecht nach oben; am oberen Ende jeweils ein Gasbläschen; Stäbe werden nach kurzer Zeit ($\approx 1\text{min}$) blau, die einzelnen Stäbe fangen zu unterschiedlichen Zeitpunkten an zu wachsen		je Stab: 3 bis 5cm - 1min, danach kein weiteres Wachstum
Kupfer(I)-chlorid CuCl	gelbgrün	———— (wächst nicht)	———— (wächst nicht)	———— (wächst nicht)
Kupfer(II)-chlorid-Dihydrat $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	türkis-grün	am Anfang (erste 5 min) in Schlangenlinien, sieht aus wie ein dicker Wurm; danach: gerade nach oben, teils dünne Fäden nach oben, färbt sich grün		1,5cm - 4min 2,5cm - 6-12min 5cm - 10-17min
Kupfersulfat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	blau	stabförmig nach oben		1cm-3,5min 2cm-5,5min 3cm-6,5min 4cm-8,5min 5cm-12min

Magnesiumchlorid $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	weiß	blattförmig, teils dünne Fäden nach oben		1cm - 1min 1,5cm - 2min 2,5cm - 3min 3cm - 5min 4cm - 7min 4,5cm - 8min
Mangan(II)-chlorid-4-hydrat $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	rosa	teils krummlinig, teils schräg nach oben oder zur Seite, langgezogene Linien, färbt sich weiß		2cm - 1min 4cm - 2min 5cm - ≈10min
Nickelnitrat $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	giftgrün	weiße und hellgrüne Stäbe, nach oben spitz zulaufend		1cm - 1min 2cm - 2min 2,5cm - 3min 3,5cm - 5min 4cm - 7min 5cm - 9min
Nickel(II)-sulfat NiSO_4	türkis	dünne helle, weiße Nadeln, senkrecht nach oben		1cm - 2min 2cm - 5min 3cm - 8min 4cm - 11min 5cm - 17min

Aus den Salzen Bleinitrat $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, Chrom(III)-chlorid $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Kaliumchlorid KCl , Kaliumdichromat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Kaliumpermanganat KMnO_4 sind keine oder nur sehr kleine „Pflanzen“ gewachsen, bzw. nur sehr langsam „Pflanzen“ gewachsen. Deshalb eignen sich diese Salze nicht für die Gestaltung eines chemischen Gartens. Ich habe sie daher in den Folgeversuchen auch nicht verwendet.

Die Zunahme an Höhe (in cm) ist im Allgemeinen nicht proportional zur Zeit.

4.2.2 Folgeversuch 1 (Einfluss von Wärme)

Der Temperaturunterschied zwischen dem wärmeren und dem kälteren Bereich betrug während des Versuches 7°C bis 13°C .

Bei den Chemikalien CaCl_2 , MnCl_2 , FeCl_2 , FeCl_3 , $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ und $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ war gegenüber des Grundversuches ein stärkeres Wachstum in Richtung des wärmeren Lösungsbereiches zu beobachten (d.h., dass einige Stäbe, Fäden, usw. mehr zum wärmeren Lösungsbereich hin wachsen). Bei der Chemikalie CoSO_4 wachsen nur einige wenige Stäbe zur Wärme hin, die meisten wachsen eher wie im Grundversuch. Bei den anderen verwendeten Salzen waren ähnliche Beobachtungen nicht festzustellen.

Eine veränderte Geschwindigkeit des Wachstums gegenüber dem Grundversuch lässt sich nur bei denjenigen Salzen untersuchen, die relativ langsam wachsen. Hierbei konnte ich beobachten, dass die Chemikalien MnCl_2 , CuCl_2 und $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ viel schneller als im Grundversuch wachsen und die Chemikalie FeCl_2 ein wenig schneller wächst.

4.2.2 Folgeversuch 2 (Einfluss eines elektrischen Feldes)

Es war kein eindeutiger Einfluss des elektrischen Feldes erkennbar.

4.2.3 Folgeversuch 3 (Einfluss von mechanischer Bewegung - Rühren)

Das „Pflanzenwachstum“ von Salzen, die in der Nähe der Gefäßwand platziert werden, verläuft in Drehrichtung der Wasserglaslösung. Aus Salzkristallen, die genau in der Mitte des Glases platziert werden, wachsen hingegen die Pflanzen weitgehend in gewohnter Weise.

Es gab mehr gekräuselte Fäden und Stäbe als beim Grundversuch.

Während des Wachstums einer Pflanze habe ich manchmal die Drehrichtung geändert (s.o.). Man erhält bei wechselnder Drehrichtung einen chemischen Garten, in dem die Pflanzen hinterher zerzaust und durchgewirbelt aussehen, so als ob Stürme mit wechselnder Windrichtung über dem Garten hinweggefegt wären.

Der Garten kann hiermit viel interessanter und abwechslungsreicher gestaltet werden, als im Grundversuch, wo die bevorzugte Wachstumsrichtung diejenige senkrecht nach oben ist.

4.2.4 Folgeversuch 4 (Einfluss eines magnetischen Feldes)

Bei diesem Versuch waren leider keine Einflüsse durch Magneten erkennbar.

5. Zusammenfassung der Ergebnisse

Um einen chemischen Garten zu gestalten, eignen sich z.B. die Salze Aluminiumsulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, Calciumchlorid CaCl_2 , Calciumnitrat-4-hydrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, Eisen(II)-chlorid FeCl_2 , Eisen(III)-chlorid $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Eisen(II)-sulfat FeSO_4 , Kobaltnitrat $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, Kobaltsulfat $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Kupfer(II)-chlorid-Dihydrat $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Kupfersulfat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Magnesiumchlorid $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Mangan(II)-chlorid-4-hydrat $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, Nickelnitrat $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Nickel(II)-sulfat NiSO_4 .

Wenn ich meinen Garten „pflanze“, muss ich auf die Farben und Formen der „Pflanzen“ dieser Salze achten. Das Wachstum und die Gestalt der „Pflanzen“ kann man durch Wärme und Rühren beeinflussen. Mit den üblichen Magneten aus Schulsammlungen ist kein erkennbarer Einfluss möglich, ebenso konnte ich keinen Einfluss von elektrischen Feldern beobachten.

6. Ausblick

Ich habe Salze aus der Chemie-Sammlung meiner Schule verwendet. Vielleicht gibt es auch noch andere Salze, die für die Gestaltung eines chemischen Gartens geeignet wären.

Die meisten „Pflanzen“ im chemischen Garten wachsen natürlicher Weise (fast) senkrecht nach oben. Man kann sich fragen, ob dies in der Schwerelosigkeit auch der Fall ist. Dazu müsste man die Experimente in einem Raumschiff durchführen.

Man könnte die natürlich gegebene Wachstumsrichtung auch für eine Gestaltung eines chemischen Gartens in folgender Weise nutzen: Man füllt ein Glasgefäß randvoll mit einer Wasserglaslösung, gibt einige Salzkristalle in die Lösung und verschließt dann das Glasgefäß ganz schnell und dicht. Während die „Pflanzen“ wachsen, dreht man das Glasgefäß zunächst um 90° , später wieder um 90° , usw., dies vielleicht auch in verschiedenen Drehrichtungen. Diesen Versuch möchte ich demnächst noch durchführen.

7. Literatur/Referenzen

- [1] Georg Wagner. 1984. *Chemie in faszinierenden Experimenten*. Köln: Aulis Verlag Deubner & CO KG, 19-21.
- [2] <<http://www2.chemie.uni-erlangen.de/education/medprak/videos/>>, Oktober 2003.
Video: *Der chemische Garten*.