

Frost- oder winterharte Kakteen und andere Sukkulente

Kakteen mit oder ohne Regenschutz über die Wintermonate im Freiland kultivieren

Michael Januschkowetz, Vanessa Engelbrecht, Jana Nolding

Andraea Kakteenkulturen, Außerhab-Lengfeld 17, 64853 Otzberg-Lengfeld, info@kaktusmichel.de

Für manchen mag es etwas befremdlich sein, sich vorzustellen, dass Kakteen und Sukkulente das ganze Jahr frei ausgepflanzt im Garten kultiviert werden können – Pflanzen, die man nur von den trockenen und heißen Standorten der USA oder Südafrikas kennt. Der Beitrag liefert eine Anleitung für einen winterfesten Sukkulenteergarten in der Schule.

Stichwörter: Kakteen, Sukkulente, frosthart, winterhart

1 Einleitung

Nicht erst seit der Zeit, zu der mediterrane Gärten in Mode gekommen sind, ist die Nachfrage nach exotischen Pflanzen für den Garten gewachsen. Schon um 1900 stellte der Gartenoberinspektor Joseph Anton Purpus vom Botanischen Garten in Darmstadt die ersten Versuche mit im Südwesten der USA von seinem Bruder Carl Albert Purpus gesammelten Kakteen an [1-5]. Inzwischen hat man schon viele Kenntnisse darüber zusammengetragen, wie die Kultivierung von Kakteen und anderen Sukkulente in unseren Breiten gut funktioniert. Trotz einiger sehr vielversprechender Erfahrungen ist die Freilandkultur immer noch ein kleines aber durchaus spannendes Wagnis.

2 Was versteht man unter frosthart (bzw. winterfest) und winterhart?

In ihren ursprünglichen Lebensräumen ist es nicht ungewöhnlich, dass Kakteen oder auch andere Sukkulente Frost ausgesetzt sind. Oft sind es jedoch nur ein paar Stunden in der Nacht, in denen Minustemperaturen am Standort auftreten. Nach Sonnenaufgang steigt das Thermometer stetig an, sodass binnen kurzer Zeit die Temperatur wieder den Plus-Bereich erreicht.

In verschiedenen Gebieten der USA ist beispielsweise im Winter mit hohem Schneevorkommen zu rechnen, was wiederum die Pflanzen vor dem Erfrieren schützt. Denn trotz der tiefen

Minustemperaturen über der Schneedecke ist es darunter nicht kälter als 0°C. Auch gibt es natürliche Habitate, in denen in dieser kalten Jahreszeit weder eine hohe Luft- noch Bodenfeuchtigkeit anzutreffen ist.

Der Begriff *frosthart* bzw. *winterfest* bedeutet für deutsche Winter, dass die Pflanzen zwar tiefe Temperaturen oft bis unter -15°C vertragen können, aber nur an einem trockenen Standort. Hier ist es von Vorteil, einen ungeheizten Wintergarten oder ein Gewächshaus zu besitzen. Zur Not genügt der Dachüberstand eines Hauses, oder man bringt vom Herbst bis zum zeitigen Frühjahr eine spezielle Überdachung direkt über den Pflanzen an, um sie so vor zu viel Feuchtigkeit zu schützen. Wichtig dabei ist, auf eine gute Belüftung zu achten, dies gilt besonders für Wintergärten oder Gewächshäuser. Darüber hinaus sollte ein grobes, wasserdurchlässiges Pflanzsubstrat verwendet werden.

Dann gibt es noch die sogenannten *winterharten* Kakteen und Sukkulente. Das bedeutet, dass sie jede Witterungsbedingung ungeschützt überstehen. Aber auch diese Pflanzen können in ungünstigen Wintern mit abwechselndem Frost- und Tauwetter, besonders, wenn längere Regenperioden auftreten, gefährdet sein. Gerade Schadpilze, die über die Epidermis oder über die Wurzeln eindringen, haben bei so gestressten Exemplaren leichtes Spiel. Die besten Gebiete in Deutschland, um ein Kakteenbeet ohne Nässeschutz für den Winter im Freiland anzulegen, sind diejenigen mit Weinbauklima, wie wir sie an der Hessischen Bergstraße, am Kaiserstuhl, im Breisgau oder in der Pfalz vorfinden. Ein nach Süden ausgerichteter Platz wird unbedingt empfohlen. Hier werden die sogenannten winterharten Kakteen keine Probleme bereiten. Im Norden von Deutschland wird es schon fast unmöglich, solche Pflanzen dauerhaft im Freien zu kultivieren. Es bedarf einer guten Recherche, welche Sukkulente man in einem Stein- oder Wüstengarten im Freiland kultivieren kann, bevor man dieses Experiment startet. Außerdem sollten Rückschläge mit eingeplant werden, denn solche sind auch bei guten Bedingungen nicht auszuschließen.

3 Wie sind Kakteen vor dem Erfrieren geschützt?

Bestimmte Sukkulente und Kakteen sind durch einen langen Evolutionsprozess an ihren Standort angepasst worden und haben ein entsprechendes genetisches Programm, Frost zu tolerieren. In der kalten Jahreszeit passiert bei solchen Pflanzen Folgendes:

Einerseits wird durch die CO₂-Assimilation Zucker im Gewebe abgelagert, der in der Nacht zu Stärke umgewandelt wird. Bei sehr niedrigen Temperaturen wird nachts hiervon weniger umgewandelt. Es entsteht ein Überschuss an Zucker, der somit wie ein Frostschutzmittel wirkt. Ein zusätzlicher Mechanismus setzt bei den aus kalten Gebieten kommenden Kakteen ein. Nehmen die Temperaturen ab, wird nach und nach das Wasser in den Zellen reduziert. Dadurch sind die Vakuolen nicht mehr so straff gefüllt, und dies verhindert somit, dass das wasserspeichernde Gewebe aufplatzt. Mit der Reduktion der Wasseraufnahme durch die Pflanzen schrumpfen darüber hinaus die Kakteen, werden also kleiner oder neigen sich sogar bis auf den Boden hinab und können so ganz vom Schnee bedeckt werden. Bei nur frostharten Pflanzen geschieht das meist nicht. Deshalb muss, um den gleichen Effekt zu erzielen, das Gießen ganz eingestellt und durch ein Dach oder ähnliches verhindert werden, dass Feuchtigkeit an die Wurzeln der Gewächse gelangt. Im Frühjahr, nach den ersten milderen Tagen, beginnt die Wasseraufnahme wieder, und der Pflanzenkörper füllt sich.

4 Wo wachsen Kakteen, die solchen Witterungswidrigkeiten trotzen?

Im Südwesten der USA – wie in Arizona, New Mexiko, Texas und Nevada auf Höhen von ca. 1000 - 2000 m – sowie im Süden von Argentinien und Chile leben viele nur frostharte Kakteen. Die dort ansässigen Sukkulente sind zum Teil an niedrige Frostgrade angepasst, aber sie haben meist große Probleme mit Nässe im Winterhalbjahr und im Frühling. Besser geeignet für die winterharte Kultur sind Pflanzen aus den höheren Lagen von Utah, Nebraska, aus dem Norden von Mexiko und dem südlichen Kanada (Beispiele in Kasten 1). Daraus folgern wir, dass bei der Auswahl der Pflanzen nicht nur die Temperaturkarten im betreffenden Land, sondern auch die Niederschlagsmengen Beachtung finden müssen. Für Deutschland gelten beispielsweise die sogenannten Winterhärtezonen von 5b im Alpengebiet bis 8a im Rheingraben. Es gibt entsprechende Seiten im Internet, die man zu Rate ziehen kann [6-9]. Jedoch berücksichtigen sie nicht die Niederschlagsmengen. In Deutschland haben wir mit Niederschlagsmengen von 500 – 800 mm pro Jahr zu rechnen, während in den Ursprungsländern der Sukkulente oft nur 200 – 500 mm auftreten.



Opuntia polyacantha



Pediocactus knowltonii



Pediocactus simpsonii



Echinocereus baileyi



Escobaria vivipara



Opuntia phaeacantha



Opuntia phaeacantha salmonea



Echinocereus triglochidiatus

Kasten 1 Einzelne frost- oder winterharte Arten, die Temperaturen zwischen -15 und -30°C aushalten. Fotos Januschkowetz

5 Anlage eines Freilandbeetes für Kakteen

Das Wichtigste für die Anlage eines solchen Beetes ist ein sonniger Standort mit südlicher Ausrichtung, das bedeutet mindestens 6 Stunden Sonne am Tag. Ebenso entscheidend ist ein gut wasserdurchlässiges Substrat. Bewährt hat sich eine Drainageschicht aus großen Steinplatten oder zerbrochenen Dachziegeln, die mit Vlies abgedeckt werden. Die Vliesabdeckung sorgt dafür, dass das darüber liegende Substrat nicht in den Spalten des Untergrundes versickert. Das Freilandbeet wird mit einer leichten Schräge angelegt, wodurch man einen schnelleren Abfluss des überschüssigen Regenwassers erreicht. Auf diese Drainage kommt eine Mischung aus 1/3 leichtem Gartenboden und 2/3 mineralischer Beimengung mit einer Körnung von 0 – 20 mm. Unter mineralischer Beimengung versteht man Sand, Ziegelsplitt, Bims, Blähton oder ähnliches.

Zusätzlich sollte als Bodenabdeckung grobkörnige Lava oder Splitt Verwendung finden. Die keimenden Wildkräuter lassen sich dann leichter entfernen. Die Substratschicht muss nicht höher als 15-20 cm zu sein, nur bei größeren Pflanzen sind 30-40 cm angebracht. Um die Kakteen vor kalten Winden zu schützen, werden große Steine neben die Pflanzen gelegt. Zusätzlich speichern diese bei Sonnenschein die Wärme und geben sie nachts an ihre Umgebung ab. Nachdem alle Sukkulenten eingepflanzt worden sind, sollte man diese nicht sofort angießen. Dies geschieht das erste Mal nach circa einer Woche, damit Wurzelschäden gut verheilen und keine Schadpilze wie *Fusarium* eindringen können. Im ungeschützten Freiland wird nur bei langanhaltender Trockenheit (über 4 Wochen ohne Regen) etwas gegossen. Ist der Standort sehr trocken und heiß oder gar überdacht, sollte alle 2 - 3 Wochen das Substrat befeuchtet werden. Ab Ende September wird das Gießen eingestellt, damit das Substrat austrocknen kann. In den Monaten März, April oder Mai wird zur Wachstumsunterstützung der Kakteen und Sukkulenten ein Volldünger ausgebracht (etwa 20 g je m²). Später im Jahr wird nicht mehr gedüngt. Somit können die Triebe bis zum Winter ausreifen. Eine Neubepflanzung geschieht am besten in den Monaten April bis Juni, so haben die Pflanzen vom Frühjahr bis zum Herbst Zeit, einen guten Wurzelstock auszubilden. Sie haben während dieses Zeitraumes alle Temperaturschwankungen mitgemacht und einen guten Ernährungszustand erreicht. Damit sollten sie jetzt die notwendigen Voraussetzungen erfüllen, um den Winter gut zu überstehen.

6 Didaktische Überlegungen

6.1 Begründung des Themas für den Unterricht

Gerade Kakteen und andere Sukkulenten können Schülerinnen und Schüler aufgrund ihres außergewöhnlichen Erscheinungsbildes sowie ihrer teilweise bizarren Wuchsformen faszinieren. Besonders interessant ist aber nicht nur ihr äußeres Erscheinungsbild, sondern auch ihre spezielle Lebensweise, welches sie von „normalen Pflanzen“ unterscheidet. Demzufolge lässt sich das Thema der frost- oder winterharten Kakteen und Sukkulenten thematisch gut in das Inhaltsfeld Ökologie einordnen, welches beispielsweise laut dem Kernlehrplan NRW für die Qualifikationsphase vorgesehen ist. In diesem Inhaltsfeld können im Rahmen des Schwerpunktes „Stoffkreislauf und Energiefluss“ mit den Schülerinnen und Schülern die Besonderheiten der CO₂-Fixierung beim CAM-Stoffwechsel, der bei Kakteen und Sukkulenten zu finden ist, erarbeitet und dem C₃-Stoffwechsel gegenübergestellt werden, vgl. [10]. Im Optimalfall baut dabei das neue Wissen über den CAM-Stoffwechsel auf dem Wissen über die Vorgänge der Fotosynthese bei C₃-Pflanzen auf. Damit lernen die Schülerinnen und Schüler nicht nur eine besondere Form der Anpassung von Pflanzen an sehr trockene und heiße Standorte kennen, sondern können zugleich

anhand des Themas Kakteen und Sukkulenten Begriffe wie Transpiration, Assimilation, Epidermis oder Stomata wiederholen und festigen.

Durch die Anlage eines Beetes mit frost- oder winterharten Kakteen und Sukkulenten können



sich die Schülerinnen und Schüler darüber hinaus nicht nur mit den Anpassungen an heiße und trockene Standorte, sondern auch mit den Anpassungen an kalte Standorte auseinandersetzen und selbst erforschen. Damit werden jeweils unterschiedliche abiotische Faktoren in den Mittelpunkt des Interesses gerückt und die Schülerinnen und Schüler erkunden dabei die Wechselwirkung zwischen abiotischen Faktoren und den Organismen, vgl. Abb. 1.

Abb. 1 Mit Steinen wird eine Landschaft modelliert. Foto Januschkowetz

6.2 Hinweise zur Anlage eines Beetes mit frost- oder winterharten Kakteen und Sukkulenten

Wichtig für die Anlegung eines Beetes mit frost- oder winterharten Kakteen und Sukkulenten sind zunächst die lokalen Ausgangsbedingungen, die gegeben sein müssen, damit das Vorhaben gelingt. Die Lehrperson sollte dazu auf dem Schulgelände einen Ort auswählen, der bestenfalls sonnig ist. Zudem sollte das Beet möglichst an einer Hauswand in südlicher oder südwestlicher Lage ausgerichtet sein (vgl. Arbeitsblatt 1).

Die Schülerinnen und Schüler sollen aktiv an der Anlegung des Beetes mithelfen und so u.a. auch recherchieren, welche Arten für eine dauerhafte Kultur im Freien geeignet sind. Dazu müssen sie sich konkret mit den Fachbegriffen „winterhart“ und „frosthart“ auseinandersetzen, um zu begründeten Ergebnissen zu kommen.

6.3 Selbstständiges Erforschen winterharter Kakteen und Sukkulenten

Durch geeignete kleine Versuche können die Schülerinnen und Schüler Maßnahmen der Pflanzen zum Schutz vor der kalten Jahreszeit erforschen. Zum einen können sie beobachten, wie Kakteen aus kalten Gebieten nach und nach aufgrund der Wasserreduktion in den Zellen erschlaffen (vgl. Kapitel 3). Diese Beobachtungen können von den Schülerinnen und Schülern nur gemacht werden, wenn bei frostharten Pflanzen das Gießen entsprechend eingestellt und das Beet vor Nässe geschützt ist (vgl. dazu auch Arbeitsblatt 1). Durch geeignete Lehrerimpulse im Unterrichtsgespräch können diese Beobachtungen dann von den Schülerinnen und Schülern selbstständig gedeutet werden (z.B.: Schrumpfen, um vom Schnee als Frostschutz bedeckt zu werden, vgl. dazu Kapitel 3). Darüber hinaus wirkt sich der Wasserverlust in den Zellen positiv aus, da Eis ein größeres Volumen als flüssiges Wasser hat und Eiskristalle zudem nadelförmig sind. Beides würde die feinen Zellstrukturen zerstören.

Andere Kakteen schützen sich vor dem Frost, indem der Zucker, der tagsüber über die Fotosynthese gebildet wurde, in der Nacht weniger verstoffwechselt wird. Der Überschuss an Zucker wirkt als Frostschutzmittel (vgl. Kapitel 3). Hierzu führen die Schülerinnen und Schüler in Gruppenarbeit zunächst ein Modellversuch durch (vgl. Arbeitsblatt 2) und übertragen ihre daraus gewonnenen Erkenntnisse auf die Kakteen. Anstelle von Zucker (Saccharose) wird in diesem Versuch synonym das Glycerin verwendet, ein Zuckeralkohol. Die einfachere Handhabbarkeit bzw. Möglichkeit zur Abmessung der benötigten Menge ist der Grund für die Verwendung von Glycerin, das in flüssiger Form vorliegt, anstelle der Glucose, die in Pulverform vorliegt. Zunächst sollten jedoch Hypothesen von den Schülerinnen und Schülern aufgestellt und gesammelt werden, welchen Mechanismus ein Kaktus auf Zellebene entwickelt haben könnte, um sich vor Frost zu schützen.

Tipp zum Modellversuch: Statt jede Gruppe jede Konzentrationsstufe ansetzen zu lassen, könnte man aus zeitlichen Gründen und aus Gründen der Materialersparnis die Gruppen auch so einteilen, dass jede Gruppe nur eine Konzentrationsstufe ansetzt und in der Gefrier Mischung überprüft. Anschließend werden die Ergebnisse im Plenum gesammelt.

Lösungshinweise zum Modellversuch: Winterharte Pflanzen haben einen natürlichen Frostschutz entwickelt. Bei strengem Frost produzieren diese Pflanzen vermehrt Glycerin, Glucose oder Sorbit. Ähnliche Substanzen sind aus der Technik bekannt und schützen beispielsweise Autokühler und Fensterwaschanlagen. Im Falle der Kakteen stellt sich deren Stoffwechsel um, wenn es zu kalt wird. Dabei wird die am Tag produzierte Stärke in Glucose zerlegt und reichert sich in der Nacht an. Dadurch wird die Anzahl an Molekülen im Gewebe stark erhöht, wodurch der Gefrierpunkt der Flüssigkeit in den Zellen bzw. der des Cytosols erniedrigt wird. Denn die Glucose löst sich im Wasser der Zellen und bindet dabei das Wasser so stark, dass es nicht mehr bei 0 °C gefrieren kann. Damit das Wasser gefrieren kann, muss zunächst eine zusätzliche Energie aufgewendet werden, um die Bindungen zwischen den Glucose- und

Wassermolekülen aufzubrechen. Das liegt daran, dass „Wassereis“ stets aus reinen Wassermolekülen besteht, also keine Mischkristalle mit anderen Substanzen bildet. Die Energie zum Aufbrechen der Bindungen muss dazu aus dem System genommen werden. Dabei kühlt die Lösung ab, ohne dass das Eis gefriert. Das geschieht erst bei einer viel tieferen Temperatur. Dabei gilt: Je mehr Teilchen im Wasser gelöst sind, desto stärker ist der den Gefrierpunkt senkende Effekt, vgl. [3].

7 Literatur

[1] Purpus, C. A. (1894): Über die winterharten Kakteen aus Colorado. Monatsschr. Kakteenk. 4, S. 102 - 103.

[2] Purpus, J.A. (1895e): Freilandkakteen. Monatsschr. Kakteenk. 5 (7).

[3] Purpus, J.A. (1896e): Neu entdeckte winterharte Kakteen. Monatssch. Kakteenk. 6(10), S. 155 - 156.

[4] Purpus, J.A. (1900b): Neue winterharte Kakteen. Gartenwelt. 4 (14), S. 157 - 161.

[5] Purpus, J.A. (1935): Freiland-Kakteen. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 35, S. 44 - 67.

[6] <https://www.garten-pur.de/127/Garten> (Zugriff 03.01.2019)

[7] <https://www.plantmaps.com/interactive-germany-plant-hardness-zone-map-celsius.php> (Zugriff 03.01.2019)

[8] www.gardeningknowhow.com/planting-zones/usda-planting-zone-map.htm (Zugriff 03.01.2019)

[9] www.klimadiagramme.de/rrnn.html (Zugriffsdatum 03.01.2019)

[10] Grotjohann, N. (2003): Überlebenskünstler in der Wüste. Morphologische und physiologische Besonderheiten der Kakteen. Unterricht Biologie Nr. 286, S. 34 – 39.

Anlage eines Beetes mit winterharten Kakteen und Sukkulenten

Material:

- **Drainagematerial:** z.B. größere Steine, Dachziegelbruch, zerschlagene Tontöpfe, grober Schotter (**Hinweis: ausreichend für eine Schicht von 15 cm**)
- **Pflanzvlies** (etwas größer als das Beet)
- spezielles **Unkrautsperrvlies** in der gleichen Größe des Pflanzvlieses
- **Pflanzensubstrat:**
 - 1/3 leichter **unkrautfreier** Gartenboden
 - 2/3 mineralische Beimengung mit einer Körnung von 0 – 20 mm (z.B. Sand, Ziegelsplitt, Bims, Blähton) (**Hinweis: Die mineralische Beimenge sollte für eine Schicht von etwa 20 cm reichen.**)
- **Grobkörnige Abdeckung** aus Lava oder Gesteinssplitt
- Steine oder ähnliches für die Randbefestigung
- winterharte Kakteen oder Sukkulenten
- bei Bedarf: Solitärsteine, Baumwurzel etc. zur Dekoration

Allgemeiner Hinweis zum Anlegen des Beetes: Am besten eignet sich das Frühjahr für die Anlage des Beetes, damit die Kakteen genug Zeit haben anzuwurzeln. Beim Aufbau des Beets sollte eine Schräglage in Richtung Sonne erreicht werden.

1. Für die Drainage wird der vorhandene Boden etwas abgetragen, um störende Unkräuter zu beseitigen.
2. Als unterste Lage wird zunächst ein **Unkrautsperrvlies** ausgelegt.
3. Auf das Unkrautsperrvlies kommt dann das **Drainagematerial**, das so angeordnet wird, dass sich ein etwas schräger Aufbau ergibt!
4. Die Drainageschicht wird mit dem **Pflanzvlies** abgedeckt und der Rand wird mit Steinen auf Endhöhe abgestellt. Am besten werden die Randsteine von innen noch mit etwas Vlies ausgekleidet, damit kein Substrat von innen nach außen durchrieselt.
5. Nun wird das **Pflanzensubstrat** aufgefüllt. Die Kakteen bzw. Sukkulenten werden eingepflanzt.
Tipp: Am besten werden immer gleich ein paar schöne Steine dazugelegt bzw. für ein natürliches Aussehen etwas eingegraben. Durch die Steine erzielt man eine leichte optische Abtrennung zur nächsten Pflanze. Außerdem erzeugen die Steine ein Kleinklima mit Windschutz und Wärmespeicherung.

Höhe der
Drainageschicht: 15 cm

Bei den Kakteen bzw. Sukkulenten vor dem Einpflanzen die Wurzeln etwas freilegen, so wachsen sie besser an!

6. Zum Schluss wird das Pflanzensubstrat **etwa 2-3 cm** mit einer **grobkörnigen Abdeckung** bedeckt, um keimende Wildkräuter besser entfernen zu können.
7. Nachdem alle Pflanzen eingepflanzt worden sind, **nicht sofort** angießen! Dies geschieht das erste Mal nach circa einer Woche, damit Wurzelschäden gut verheilen und keine Schadpilze eindringen können.

Tipp: Im ungeschützten Freiland wird nur bei langanhaltender Trockenheit (über 4 Wochen ohne Regen) etwas gegossen. Ist der Standort sehr trocken und heiß oder gar überdacht, sollte alle 2 - 3 Wochen das Substrat befeuchtet werden. Ab Ende September mit dem Gießen aufgehört, damit das Substrat austrocknen kann. In den Monaten März, April oder Mai wird zur Wachstumsunterstützung der Kakteen und Sukkulente ein Volldünger ausgebracht (etwa 20 g je m²). Später im Jahr wird nicht mehr gedüngt. Somit können die Triebe bis zum Winter ausreifen.

Aufgaben:

1. Recherchieren Sie, welche Kakteen und Sukkulente für eine dauerhafte Kultur im Freien geeignet sind. Definieren Sie dazu die Begriffe „winterhart“ und „frosthart“.
2. Beobachten Sie das Verhalten der Kakteen und Sukkulente bei Kälte und beschreiben Sie ihre Beobachtungen. Erklären Sie anschließend, warum es einigen Kakteen möglich ist, auch Temperaturen im Minusbereich zu ertragen. Führen Sie dazu auch den Versuch auf Arbeitsblatt 2 durch und übertragen Sie ihre daraus gewonnenen Erkenntnisse auf die Pflanzen.
3. Beschreiben Sie, wie auch der Aufbau des Beetes dazu beiträgt, dass die Pflanzen mit widrigen Umwelteinflüssen klarkommen.

Modellversuch: Bestimmung der Gefrierpunkte von Glycerin - Wassergemischen: Konzentrationsreihe Glycerin/ Wasser

Material:

- Wasser (H₂O)
- Glycerin (C₃H₈O₃), Molekulargewicht 91,1 g/mol, spezifische Dichte 1,26 g/ml
- Spatel
- 6 Reagenzgläser
- Reagenzglasständer
- 6 Thermometer mit der Möglichkeit zur Ablesung von Minusgraden
- 6 kleine Bechergläser zum Ansetzen der Konzentrationsreihe
- 1 großes Becherglas
- Gefriermischung aus Eis und Kochsalz (NaCl)

Hinweis: Kakteen stellen während der Fotosynthese Zucker her, den sie speichern können. Anstelle von Zucker wird in diesem Versuch ersatzweise Glycerin genommen, ein Zuckeralkohol. Die einfachere Handhabbarkeit bzw. Möglichkeit zur Abmessung der benötigten Menge ist der Grund für die Verwendung von Glycerin, das in flüssiger Form vorliegt, anstelle der Glucose, die in Pulverform vorliegt.



Versuchsdurchführung:

1. Zunächst wird eine Konzentrationsreihe von Glycerin und Wasser in den kleinen Bechergläsern hergestellt. Dazu werden jeweils 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml, 50 ml und 60 ml Glycerin in jeweils 50 ml Wasser gegeben und mit einem Spatel gut vermischt.
2. Von jeder Konzentrationsstufe wird nun so viel in die Reagenzgläser gefüllt, dass diese zu einem Drittel gefüllt sind.
3. In jedes Reagenzglas wird ein Thermometer gegeben.
4. Nun wird die Gefriermischung aus Eis und Kochsalz zubereitet, die mindestens -20 °C kalt sein sollte. Dazu werden 33 g NaCl und 100 g Eis im großen Becherglas vermischt.
5. Anschließend wird ein Reagenzglas samt Thermometer in die Kältemischung gesteckt (vgl. Abbildung 1) und das Thermometer in der Flüssigkeit auf und ab bewegt (**das Thermometer nur oben anfassen!**).

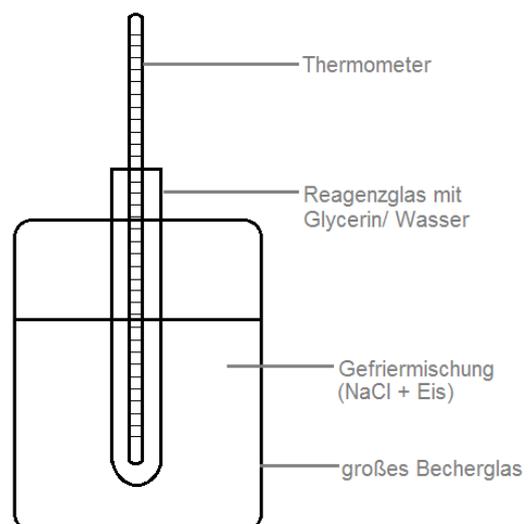


Abbildung 1: Versuchsaufbau.

6. Dabei wird die Temperatur am Thermometer so lange abgelesen, bis sie sich nicht mehr verändert. An diesem Punkt ist die Mischung gefroren. Die Temperatur zu diesem Zeitpunkt wird in der Tabelle notiert.

Glycerin/Wasser [ml]	Wasser (Kontrolle)	10/50	20/50	30/50	40/50	50/50	60/50
Temperatur [°C]							
Glycerin [%]							
Glycerin [mol/Liter]							

Aufgaben:

1. Tragen Sie in einem Diagramm die Konzentration von Glycerin in % gegen die Temperatur des Gefrierpunkts auf. Beschreiben und erklären Sie das Ergebnis des Versuchs.
2. Übertragen Sie die gewonnenen Erkenntnisse auf die Kakteen und erklären Sie, wie sich diese vor Frost schützen können.
3. Berechnen Sie die Konzentration des Glycerins in mol/Liter. Weitere Informationen finden Sie unter:

<http://www.chemieunterricht.de/dc2/auto/frostscht.htm>

http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/03_08.htm

http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/08_98.htm