

## Grenzvegetationen – Tundra und Hochgebirge

Prof. Dr. Joachim Venter, Tübingen

III/A

Sowohl die Tundra als auch das Hochgebirge stellen aufgrund der klimatischen Bedingungen die Pflanzen vor besondere Herausforderungen. In der Tundra ist die Vegetationszeit im Sommer sehr kurz und die Winter sind hart und lang. Im Hochgebirge bestehen u. a. zwischen sonnigen und schattigen Stellen sowie Tag und Nacht große Temperaturunterschiede. In beiden Gebieten kämpfen die Pflanzen mit Wasserknappheit.

Betrachten Sie mit Ihren Lernenden die typische Landschaft und das Klima von Tundra und Hochgebirge. Dabei lernen Ihre Schüler die Merkmale der dort vorkommenden Pflanzen kennen und begreifen sie als besondere Anpassungen an die herrschenden Lebensbedingungen. Erstaunlich ist, dass viele Pflanzen sowohl in der Tundra als auch im Hochgebirge zu Hause sind. Ihre Lernenden erfahren im Beitrag auch, warum dies so ist.



© picture-alliance / Hippocampus Bildarchiv

Die Weiße Silberwurz kommt in Tundra und Hochgebirge vor. Sie ist gut an die dort herrschenden Lebensbedingungen angepasst.

### Der Beitrag im Überblick

**Niveau:** Sekundarstufe II

**Dauer:** 6–7 Stunden

**Der Beitrag enthält Materialien für:**

- ✓ Problemorientierten Unterricht
- ✓ Exkursion, Studienreise
- ✓ Fächerübergreifenden Unterricht

**Kompetenzen:**

- Klima und Vegetation von Tundra und Hochgebirge kennenlernen
- Sich mit den Anpassungen der Pflanzen beider Naturräume an die dort herrschenden Gegebenheiten befassen
- Einige Arten von Tundra und Hochgebirge kennen lernen
- Einen Vergleich der Lebensbereiche „Tundra“ und „Hochgebirge“ durchführen
- Üben, Informationen aus Fachtexten zusammenzufassen

Text für einen Einstieg in die Einheit (Vorschlag):

## Die Zukunft von Tundra und Hochgebirge im Zeichen des Klimawandels

Eine seit 60 Jahren durchgeführte internationale wissenschaftliche Studie ergibt, dass in der Tundra die Sträucher zunehmend schneller und stärker wachsen als bisher. Dies ist sicher auf den Klimawechsel zurückzuführen. Die Sträucher der Tundra sind in der Regel etwa so hoch, dass sie vom Schnee ganz bedeckt werden. Durch die Erwärmung reduziert sich aber die Schneedecke, die bislang die Ausstrahlung des Sonnenlichts in den Weltraum förderte. Dies führt dazu, dass sich die Wirkungen des Klimawandels zusätzlich verstärken.

So lässt die zunehmende Erwärmung in der Tundra mehr Permafrostböden auftauen. Das wiederum verstärkt die Zersetzung von organischem Material, wodurch die Produktion von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) und Methan (CH<sub>4</sub>) erhöht wird. Diese Gase verstärken den Treibhauseffekt. Die sich erhöhende Menge an Treibhausgasen beschleunigt wiederum die Erderwärmung und damit auch das Auftauen der Permafrostböden. Somit besteht ein Kreislauf, der den Klimawandel noch weiter verstärkt.

Ein Beleg für eine drohende Klimaveränderung ist, dass im Dezember 2015 am Nordpol eine Temperatur von etwas über 0 °C gemessen wurde. Normalerweise herrscht dort um diese Jahreszeit eine Temperatur von –40 bis –50 °C. Allerdings könnten für diese extreme Erwärmung auch noch andere Ursachen verantwortlich sein.

In unseren Hochgebirgen findet jedes Jahr durch die zunehmende Erwärmung ein weiterer Rückgang der Gletscher statt. Das führt zu einem allgemeinen Wassermangel und – ähnlich wie in der Tundra – zu einer abnehmenden Wärmeabstrahlung. Wissenschaftliche Beobachtungen über einen längeren Zeitraum ergaben, dass – bedingt durch einen Temperaturanstieg – die alpine Flora in höhere Lagen verdrängt wird. Die ursprünglich in tieferen Lagen vorkommenden Pflanzen üben dabei einen Konkurrenzdruck auf die kälteliebenden Alpenpflanzen aus. Die Hochgebirge sind aber auch direkt durch den Massentourismus belastet, so werden für den Skisport Schneisen geschlagen. Das bringt die Gefahr von Lawinenabgängen mit sich. Außerdem wirkt sich der Schneedruck der Pisten auf die Alpenmatten negativ aus.

*Verlauf*

### Stunde 1

#### Die Tundra als Lebensraum

Material	Verlauf
M 1, Folie M 5	<p><b>Einstieg:</b> Zeigen Sie das <b>Foto 1</b> von der <b>Folie M 5</b> (Tundralandschaft). Setzen Sie die Folie als einen <b>stillen Impuls</b> ein. Fragen Sie, wo man wohl eine solche Landschaft sehen kann und wie dieser Landschaftstyp heißt. Sammeln Sie die Schülermeldungen.</p> <p><b>Unterrichtsgespräch:</b> Bringen Sie den <b>Begriff „Tundra“</b> zur Sprache und erklären Sie ihn als eine Bezeichnung für eine Vegetationszone, die sich wie ein Gürtel etwa auf der geografischen Breite des nördlichen Polarkreises entlangzieht. Benennen Sie die an die Tundra <b>angrenzenden Bereiche</b> (nach Norden: Inlandeis, Gletscher; nach Süden: borealer Nadelwald, Taiga).</p> <p><b>Erarbeitungsphase:</b> Die Lernenden befassen sich anhand von <b>M 1</b> und <b>Atlas</b> (Weltkarte mit den Vegetationszonen) mit dem Verlauf von Tundra und Taiga.</p>

## Stunde 2

### Das Klima in der Tundra

Material	Verlauf
M 2	<p><b>Einstieg:</b> Zeigen Sie nochmals das <b>Foto 1 (Folie M 5)</b>. Knüpfen Sie so an die vorhergegangene Stunde an. Lassen Sie Ihre Schüler über das <b>Klima in der Tundra spekulieren</b> (Temperatur, Niederschlag, Unterschiede zwischen Sommer und Winter etc.). Stellen Sie die Bedeutung von Klimadiagrammen heraus. Wiederholen Sie gegebenenfalls, wie man solche Diagramme liest. Erklären Sie Ihren Lernenden, dass sie jetzt anhand von Klimadiagrammen das <b>Klima</b> in der <b>Tundra analysieren</b>, und teilen Sie <b>M 2</b> zur Bearbeitung aus.</p> <p><b>Erarbeitungsphase:</b> Ihre Lernenden erarbeiten sich anhand von zwei Klimadiagrammen (Inari am Inarisee, Finnland; Tiksi in Nordsibirien), einem Text und Aufgaben die klimatischen Verhältnisse in der Tundra.</p>

## Stunde 3

### Die Vegetation in der Tundra

Material	Verlauf
M 3, Folie M 5	<p><b>Einstieg:</b> Bringen Sie doch einige Pflanzen, die für die Tundra typisch sind, mit. Es eignen sich insbesondere Arten, die auch bei uns gut zu beschaffen sind. Dazu gehören u. a. Flechten, Moose, Dach-Hauswurz, Preiselbeere, Rauschbeere und weitere Heidekrautgewächse. Sprechen Sie über diese Pflanzen. Ergibt es sich im Gespräch, so können Sie bereits kurz xerophytische Anpassungen der Pflanzen ansprechen und mit dem Klima in Verbindung bringen (ansonsten werden sie insbesondere in M 4 thematisiert). Ergänzend oder alternativ zu den mitgebrachten Pflanzen können Sie auch Fotos mit den Pflanzen von der <b>Folie M 5</b> zeigen.</p> <p><b>Hinweis:</b> Die <u>Moltebeere</u> ist auf der <b>finnischen 2-Euro-Münze</b> abgebildet. Sie eignet sich auch gut als Anschauungsobjekt zum Einstieg.</p> <p><b>Erarbeitungsphase:</b> Die Schüler befassen sich in M 3 mit den verschiedenen Vegetationsstufen der Tundra und ihren Pflanzen.</p>

## Stunde 4

### Wie sind die Pflanzen in der Tundra an das Klima angepasst?

Material	Verlauf
M 4, Folie M 5	<p><b>Einstieg:</b> Als Wiederholung der vorausgegangenen Stunde über die Pflanzenarten in der Tundra sprechen. Einige Arten von der <b>Folie M 5</b> zeigen.</p> <p><b>Erarbeitungsphase:</b> Die Lernenden beschäftigen sich in <b>M 4</b> mit den besonderen Lebensbedingungen in der Tundra und erfahren, wie die Pflanzen daran angepasst sind.</p> <p><b>Hinweis:</b> Zeigen Sie das <b>Foto 4</b> von der <b>Folie M 5</b> (Weiße Silberwurz) als Beispiel für <u>xeromorphe Anpassungen</u> sowie das <b>Foto 5</b> (Schweizer Mannsschild) als Beispiel für die Wuchsform des <u>Polsterwuchses</u>.</p>

**Stunde 5****Das Hochgebirge als Lebensraum (Höhenstufen, Vegetation, Klima)**

Material	Verlauf
M 6–M 7, Folie M 5	<p><b>Einstieg:</b> Zeigen Sie das <b>Foto 6</b> von der <b>Folie M 5</b>. Auf ihm ist der Bereich der <b>Waldgrenze</b> zu sehen. Sprechen Sie darüber, dass dort vor allem Nadelgehölze (z. B. Fichten, Lärchen, Zirbelkiefer) vorkommen, sowie über die Höhenlage der Waldgrenze in den Alpen (1800 m–1900 m). Kommen Sie so auf die <b>Gliederung des Hochgebirges</b> nach der Höhe zu sprechen und leiten Sie auf diese Weise zu <b>M 6</b> über.</p> <p><b>Erarbeitungsphase:</b> Es werden anhand von <b>M 6</b> die verschiedenen Höhenstufen und die dort vorkommenden Pflanzen erarbeitet. Mithilfe von <b>M 7</b> befassen sich Ihre Schüler mit dem Klima im Gebirge. Dazu werten sie zwei Klimadiagramme aus (Kals, Ort am Großglockner/Österreich; Klima am Gipfel der Zugspitze/Deutschland).</p>

**Stunde 6****Anpassungen der Pflanzen an das Klima im Hochgebirge**

Material	Verlauf
M 8, Folie M 5	<p><b>Einstieg:</b> Zeigen Sie das <b>Foto 5</b> von der <b>Folie M 5</b> (Schweizer Mannschild) oder bringen Sie diese Pflanze mit. Sprechen Sie so den Polsterwuchs als eine Klimaanpassung an. Leiten Sie so zu <b>M 8</b> über.</p> <p><b>Erarbeitungsphase:</b> Ihre Lernenden erarbeiten sich Anpassungen der Pflanzen an das Klima im Hochgebirge. Zudem arbeiten sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den besonderen Merkmalen der Pflanzen in Tundra und Hochgebirge heraus.</p>

**Stunde 7****Anpassungen der Pflanzen an das Klima im Hochgebirge**

Material	Verlauf
M 9–M 10	<p><b>M 9:</b> Geologische Entstehung von Tundra und alpinem Hochgebirge <b>M 10:</b> Fauna von Tundra und Hochgebirge</p> <p>Für beide Materialien ist zusammen eine Unterrichtsstunde vorgesehen. Sie können aber auch zur <b>Binnendifferenzierung</b> für schnelle Schüler eingesetzt werden (siehe Minimalplan).</p>

**Minimalplan**

Steht nur wenig Zeit für die Einheit zur Verfügung, so können Sie M 9 und M 10 notfalls weglassen. Das Material **M 9** bietet eine geologische Erklärung dafür, warum dieselben Pflanzenarten sowohl im Hochgebirge als auch in der Tundra vorkommen. **M 10** ermöglicht Ihren Lernenden einen Überblick über die Tierwelt in Tundra und Hochgebirge. Da die Inhalte beider Materialien ebenfalls von Bedeutung sind und die Lerninhalte zu Tundra und Hochgebirge stimmig abrunden, sollten Sie diese zumindest im kurzen Unterrichtsgespräch thematisieren. Beide Materialien eignen sich des Weiteren gut als **Zeitpuffer** für **schnellere Schüler** im Sinne einer **Binnendifferenzierung**. Sie können zudem bei Zeitknappheit auch als **Hausaufgabe** vergeben werden.

## Materialübersicht

III/A

### M 1 (Ab) Was ist die Tundra?

- Atlas (mit einer Weltkarte mit den Vegetationszonen)

### M 2 (Ab) Das Klima in der Tundra

- Atlas

### M 3 (Ab) Zwergsträucher, Moose und Flechten – die Vegetation in der Tundra

- Möglichkeit für einen Einstieg in die Stunde: Pflanzen der Tundra, die bei uns erhältlich sind, mitbringen (z. B. Flechten, Moose, Dach-Hauswurz, Preiselbeere, Rauschbeere und weitere Heidekrautgewächse)
- Atlas

### M 4 (Ab) Permafrostboden, Stürme und strenge Winter – wie sind die Tundrapflanzen angepasst?

### M 5 (Fo) Farbfolie zur Landschaft sowie Flora von Tundra und Hochgebirge

### M 6 (Ab) Das Hochgebirge als Lebensraum

### M 7 (Ab) Wie sieht das Klima im Hochgebirge aus?

### M 8 (Ab) Wie passen sich die Pflanzen an das harte Klima an?

### M 9 (Ab) Die geologische Entstehung der eurasischen Tundra und der alpinen Hochgebirge

### M 10 (Ab) Von Lemmingen, Moschusochsen und Eisfuchs – die Fauna von Tundra und Hochgebirge

## M 1 Was ist die Tundra?

Die Tundra ist eine Landschaft im hohen Norden der Erde. Sie erstreckt sich sowohl in Eurasien als auch in Nordamerika um den Nordpol. Erfahren Sie jetzt mehr über diese Vegetationszone.



Eine Tundralandschaft in Nordschweden

Der Name „Tundra“ leitet sich vom finnischen Wort *tunturi* ab. Das heißt soviel wie „flacher, baumloser Hügel“. Und tatsächlich ist die Wald- bzw. Baumlosigkeit ein Merkmal der Tundra. Eine auffallende Erscheinung der Tundra sind die weitverbreiteten Torfhügel. Diese Hügel sind niedrig und oval und werden als „Palsen“ bezeichnet. Sie bestehen aus einem gefrorenen Kern aus Torf und entstehen vorwiegend in Mooren.

Mit dem Wort „Tundra“ verbinden wir zunächst oft eine eiskalte, lebensfeindliche Landschaft, die durch Mitternachtssonne und Polarnacht gekennzeichnet ist.

Der Tundragürtel schließt sich nördlich an die großen Waldgebiete in Eurasien an. Letztere gehören zur borealen Nadelwaldzone oder Taiga. Als Baumarten kennzeichnen insbesondere Nadelhölzer wie Fichten, Kiefern und Lärchen die Taiga. Auch Tannen kommen vor. Außerdem treten dort Birken und Pappeln auf.



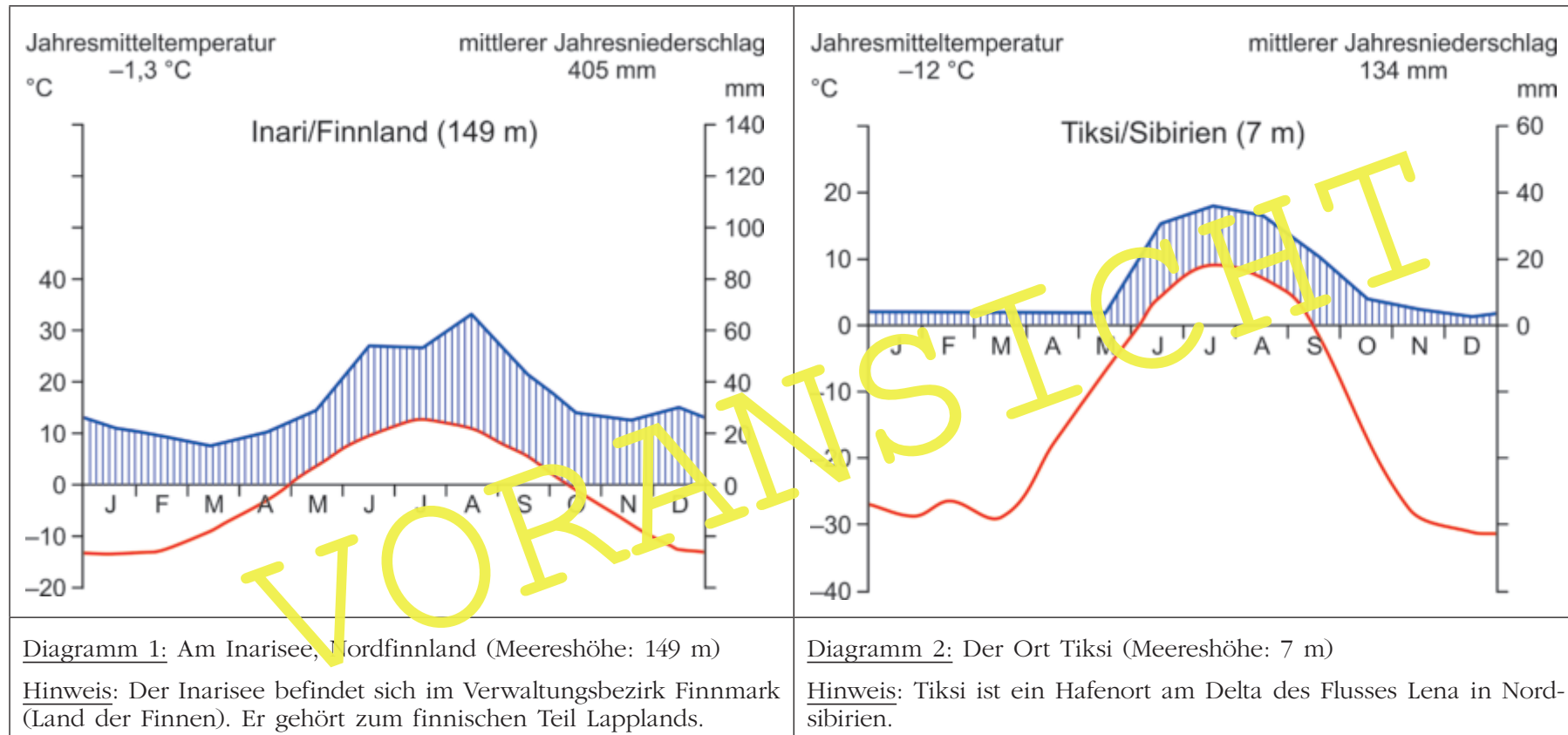
© Paul Lenz

Taiga im Bereich der Finnischen Seenplatte

Dabei ist die Waldgrenze der Taiga keine zusammenhängende Linie. Die Bäume dringen beispielsweise in Flusstälern weit in die Tundra hinein vor. Auch einzelne Krüppelfichten wachsen noch in der Buschzone der Tundra und bilden die Baumgrenze.

**Aufgabe 2**

a) Beschreiben Sie anhand der Klimadiagramme (Diagramm 1 und Diagramm 2) von den zwei Landschaften der Tundra jeweils das Klima.



b) Vergleichen Sie beide Gebiete im Hinblick auf Temperaturverlauf und Niederschläge miteinander. Erklären Sie die Unterschiede zwischen den beiden Gebieten.

**Tipp** Schauen Sie sich auch die geografische Lage der beiden Gebiete im Atlas an und beziehen Sie diese in Ihre Überlegungen mit ein.

### M 3 Zwergsträucher, Moose und Flechten – die Vegetation in der Tundra

*Das Hauptmerkmal der Tundra sind der Zwergwuchs der Sträucher und das Fehlen von Bäumen. Doch die Tundra ist keineswegs so einheitlich, wie es auf den ersten Blick erscheint. Vielmehr lässt sie sich in mehrere Vegetationsstufen gliedern.*



© Hannes Grobe

Tundra mit Zwergsträuchern in Ostgrönland

Die Tundra ist nicht einheitlich. So nimmt die Temperatur von Süden nach Norden hin ab. Außerdem spielt es eine Rolle, wie stark jeweils das Kontinentalklima ausgeprägt ist. Bei einem Seeklima übt das Meer einen ausgleichenden Einfluss auf den Temperaturverlauf über das Jahr hinweg aus. Im Gegensatz dazu bestehen beim Kontinentalklima große Temperaturschwankungen zwischen Sommer und Winter. Dabei ist das Kontinentalklima umso stärker ausgeprägt, je weiter man ins Landesinnere geht. Zudem gilt: Je größer eine Landmasse ist, desto ausgeprägter ist ebenfalls das Kontinentalklima. Man spricht im Zusammenhang mit diesen Unterschieden von einem „unterschiedlichen Kontinentalitätsgrad“ bzw. von „unterschiedlicher Kontinentalität“.

Aufgrund der unterschiedlichen Kontinentalität unterscheidet sich nun die Vegetation Nordeuropas deutlich von der Nordsibiriens und Nordkanadas. Während die Gebiete nahe dem Atlantik etwa 200–300 Blütenpflanzenarten aufweisen, kommen in der Eisnähe Sibiriens nur etwa 50–100 Arten vor.

Auch hinsichtlich des Reliefs ist die Tundra nicht einheitlich. Es existieren Erhebungen, Flusstäler und kleinere Seen.

Die Tundra scheint also nur auf den ersten Blick einheitlich zu sein. Es herrschen aber innerhalb dieser Vegetationszone größere Unterschiede. Man teilt sie in drei verschiedene Vegetationsstufen ein:

1. Die südliche **Busch-Tundra**
2. Die **Zwergstrauch-Tundra** (auch „eigentliche Tundra“ genannt)
3. Die **arktische Tundra**



## M 4 Permafrostboden, Stürme und strenge Winter – wie sind die Tundrapflanzen angepasst?

III/A

*In der Tundra sind die Sommer kühl und kurz. Die Temperatur der Sommermonate liegt bei +10 °C und darunter. Die Winter sind hart und lang.*

*Welche Anpassungsstrategien ermöglichen es den Pflanzen, in der Grenzregion zwischen Taiga und ewigem Eis zu überleben? Wie haben sie sich im Lebensrhythmus an die harten Bedingungen angepasst?*



Die Lebensbedingungen sind in der Tundra besonders hart

### Welche Lebensbedingungen haben die Tundrapflanzen zu meistern?

In der Tundra wachsen vor allem **mehrfährige Pflanzen**, einjährige Pflanzen sind hingegen sehr selten. Dies liegt daran, dass die Samen in den kurzen Sommern zumeist nicht ausreifen können. Viele Arten in der Tundra sind **Kaltkeimer (Frostkeimer)**. Das bedeutet, dass sie erst nach einer Kältezeit keimen können.

An der Südgrenze der Tundra erstreckt sich die Vegetationszeit auf nur 3 Monate. An der Grenze zum Eis beträgt sie sogar nur 1–1,5 Monate. Die Pflanzen müssen dementsprechend eine **kurze Vegetationszeit** von 2–3 Monaten, in der Nähe der Kältewüste sogar von nur 4 Wochen zum aktiven Leben nützen.

Im langen Winter ist Ruhezeit. Die Blütenpflanzen legen ihre Blüten sehr früh, oft schon im Spätsommer oder Herbst, an. Speicherorgane ermöglichen ein rasches Wachstum nach dem Dauerfrost.

Ein besonderes Problem für die Pflanzen ist der **Permafrostboden**. Das Auftauen der oberen Eisschicht kann bis Ende des Sommers dauern. Der Permafrostboden taut nur bis in eine Tiefe von 40–50 cm auf. Die **Niederschläge** sind in der Tundra **gering**. Sie sind oft ähnlich niedrig wie in der Wüste. Die Jahresniederschlagsmenge liegt dabei häufig unter 300 mm im Jahr. Deswegen und auch aufgrund des Permafrostbodens steht den Pflanzen der Tundra nicht immer Wasser zur Verfügung. Daher müssen sie die Transpiration (Verdunstung) niedrig halten, um nicht auszutrocknen.

Zur **Einschränkung der Transpiration** ist ein großer Teil der Pflanzen **xeromorph**. Das heißt, viele Pflanzen in der Tundra haben die gleichen Anpassungsmerkmale wie Pflanzen, die an besonders trockene Standorte angepasst sind. Diese Anpassungsformen der Pflanze an die Wasserknappheit bezeichnet man als **Xeromorphien**.

**Aufgaben zu M 4****Aufgabe 1**

In der Tundra ist das Klima für die Pflanzen recht hart. Schildern Sie kurz die klimatischen Verhältnisse und die Lebensbedingungen für die Pflanzen in der Tundra.

**Aufgabe 2**

- Viele der Pflanzen in der Tundra zeichnen sich durch Xeromorphien aus. Erklären Sie den Begriff und erläutern Sie kurz, warum Xeromorphien für die Pflanzen dort wichtig sind.
- Nennen Sie einige Xeromorphien und beschreiben Sie, was sie bewirken.

**Aufgabe 3**

- Man vergleicht die Situation nach dem Auftauen des Permafrostbodens mit einer Hydrokultur. Was ist eine Hydrokultur und was besagt der Vergleich?
- Die Mehrzahl der Blütenpflanzen breitet sich in Bodennähe aus. Welche Vorteile bringt ihnen der bodennahe Wuchs?

**Aufgabe 4**

Drei Wachstumsformen sind in der Tundra verbreitet:

- Die Rosettenform
- Der Polsterwuchs
- Die Horstbildung

Erklären Sie anhand der Abbildungen, wie durch das Wachstum der Pflanze sich die drei Wuchsformen herausbilden und was für sie jeweils charakteristisch ist.

**1. Die Rosettenform**

Beispiel: Dach-Hauswurz (*Sempervivum tectorum*)

