

Zusammenhang zwischen Bedeckungsgrad und Temperatur

Dieses Beispielprojekt richtet sich nach dem von GLOBE vorgeschlagenen [wissenschaftlichen Forschungsprozess](#).

Umweltthema aufgreifen / Natur beobachten

Um die SuS in das Thema einzuführen, können die Unterrichtsvorschläge von GLOBE als Unterstützung dienen (siehe „[Für die Lehrperson](#)“).

Fragen stellen

In dieser Anleitung befassen wir uns mit dem Bedeckungsgrad zur Zeit des lokalen Sonnenhöchststandes (cloud cover noon) und der Temperatur zur Zeit des lokalen Sonnenhöchststandes (solar noon temperatures noons). Uns interessiert:

- Wie ist der Bedeckungsgrad zur Zeit des Sonnenhöchststandes über verschiedene Jahre verteilt? (relativer Anteil der Bedeckungsgrad-Klassen pro Jahr)
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dieser Verteilung und der durchschnittlichen Mittagstemperatur?

Für dieses Beispiel verwenden wir die Daten der Bundeshandelsakademie und Bundeshandelsschule in Bregenz. Diese sind im [Visualisierungstool von GLOBE](#) öffentlich einsehbar. Wir analysieren Daten aus den Jahren 2015–2017.

Die zu analysierenden Bedeckungsklassen sind:

- overcast (=bedeckt)
- broken (=bedeckt, teilweise durchbrochen)
- scattered (=zerstreute Wolken)
- isolated (=vereinzelte Wolken)
- clear (=klar)

Hypothesen entwickeln

Basierend auf der Fragestellung werden Hypothesen formuliert (in grün sind die Begründungen der Hypothesen angegeben):

- H1: Die Bedeckungsklasse „overcast“ ist am häufigsten: **Bregenz liegt direkt am Bodensee, deswegen ist wahrscheinlich die Luftfeuchtigkeit hoch und es kommt häufig zur Wolkenbildung**
- H2: Die Reihenfolge der relativen Verteilung der Bedeckungsklassen bleibt über die Jahre hinweg identisch (das heisst bspw., dass diejenige Klasse, die im Jahr 2015 am zweithäufigsten vorkommt, auch in den anderen Jahren am zweithäufigsten vorkommt): **Die einzelnen Beobachtungen werden sich unterscheiden, sollten sich aber über die Monate ausgleichen; die grossräumigen klimatischen Bedingungen verändern sich nicht von Jahr zu Jahr (sondern nur über grössere Zeiträume hinweg)**
- H3: Es gibt einen Zusammenhang zwischen den Mittagstemperaturen (übers Jahr gemittelt) und dem relativen Anteil der Klasse „overcast“: **je häufiger die**



Abbildung 1: SchülerInnen lesen mit der Hilfe des Lehrers die Temperaturwerte in ihrem Wetterhäuschen ab. © GLOBE Schweiz



Abbildung 2: Der Bedeckungsgrad des Himmels beeinflusst die Lufttemperatur. © GLOBE Schweiz

Klasse „overcast“ vorkommt, desto kälter ist die durchschnittliche Mittagstemperatur, da wegen den Wolken weniger Wärmestrahlung auf der Erde ankommt

Diese Hypothesen werden danach bei der Datenanalyse verifiziert oder falsifiziert. Zu den (Arbeits-) Hypothesen gehören auch Nullhypothesen. Damit wird eine Erwartungshaltung an die Resultate verhindert.

Beispiel einer Nullhypothese zu H2: Die relative Verteilung der Bedeckungsklassen verändert sich über die Jahre hinweg.

Untersuchungen planen

Dieses Beispielprojekt umfasst keine Datenerhebung und damit auch keine Planung der Untersuchung.

Daten sammeln

Dieses Beispielprojekt umfasst keine Datenerhebung und keine Datenerfassung.

Daten analysieren

Die Datenauswertung wird mithilfe des Visualisierungstools von GLOBE und/oder mit Excel ausgeführt. Dazu gibt es auch Videoanleitungen, welche unter „Dateneingabe und Datenvergleich“ bei „für den Unterricht“ abgerufen werden können.

Wir exportieren die Daten Clouds Noons und Air Temperature Noons für den Zeitraum 2015-1-1 bis 2017-12-31 als CSV aus dem Visualisierungstool von GLOBE (siehe auch Videoanleitung). Anschliessend öffnen wir die Tabellen in Excel und unterteilen die Daten in Spalten (Text in Spalten -> getrennt mit Kommas).

Zuerst befassen wir uns näher mit den Bedeckungs-Daten. Damit wir diese pro Jahr analysieren können, fügen wir neben der Spalte mit der Überschrift *Measurment At* eine neue Spalte und bezeichnen sie mit „Jahr“. Ins oberste Feld der neuen Spalte geben wir die folgende Formel ein: $=\text{Jahr}(G2)$, wobei G2 die Zelle mit dem Messdatum ist. Drücken wir ENTER, ist es möglich, dass wir ein Resultat in Form eines Datums mit Uhrzeit erhalten, was aber nicht gewünscht ist. Um dies zu beheben, markieren wir alle Zellen in unserer Jahr-Spalte und klicken dann bei Format oben (siehe roter Pfeil auf Abbildung 3) auf *Standard*. Damit wird die Jahreszahl im gewünschten Format angezeigt. Mit einem Doppelklick auf das Kreuz unten rechts in der Zelle mit der Jahreszahl können wir die Autofill-Funktion anwenden; nun wird die restliche Spalte mit den jeweiligen Jahreszahlen gefüllt.

Als nächstes wollen wir die Anzahl der Einträge pro Klasse pro Jahr berechnen. Dafür benutzen wir eine Pivot-Tabelle (Einfügen -> Pivot Tabelle). Als Bereich markieren wir unsere Daten bis und mit der „Cloud Cover“-Spalte und drücken dann auf OK. Im neuen Tabellenblatt öffnet sich unten rechts ein Fenster, in welchem wir die gewünschten Spalten- und Zeilenüberschriften sowie den gewünschten Inhalt unserer Pivot Tabelle angeben können (drag&drop von den aufgelisteten Spaltenüberschriften). Wir wählen folgende Einstellungen (siehe Abbildung 5), was in folgender Tabelle mündet (siehe Abbildung 6).

Wir sehen pro Jahr jeweils die Anzahl Messungen nach Klassen unterteilt. Zwei Kategorien gehören aber nicht zu denjenigen, die wir analysieren wollen: „obscured“ und „none“. Um diese zu entfernen, gehen wir zurück auf unsere Daten und suchen nach den unerwünschten Begriffen (CTRL+F für Windows resp. CMD+F für Mac). „obscured“ ersetzen wir mit „overcast“, da wir davon ausgehen, dass dies gemeint war;

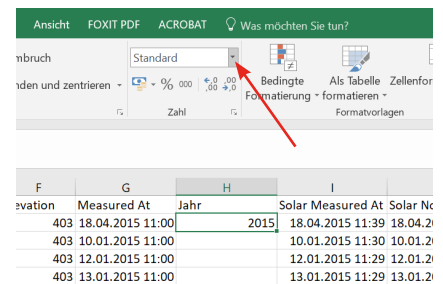


Abbildung 3: Das Format der Zellen ändern.

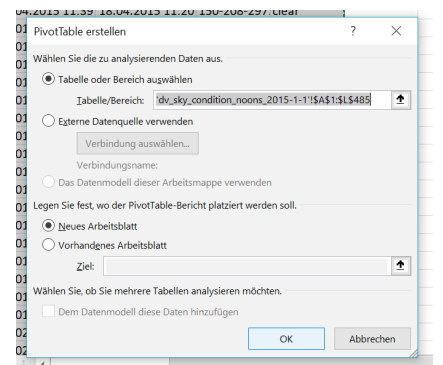


Abbildung 4: Eine Pivot Tabelle einfügen.

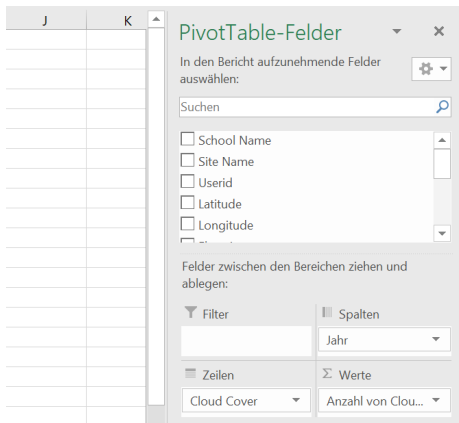


Abbildung 5: Die Parameter der Pivot Tabelle bestimmen.

Anzahl von Cloud Cover	2015	2016	2017	Gesamtergebnis
broken	30	32	24	86
clear	11	10	9	30
isolated	14	13	16	43
none		2	1	3
obscured			1	1
overcast	89	98	78	265
scattered	15	12	11	38
(Leer)				
Gesamtergebnis	159	167	140	466

Abbildung 6: Die entstandene Pivot Tabelle.

die Zeilen, in denen „none“ steht, löschen wir aus den Daten (ganze Zeile löschen). Wir gehen zurück auf die Pivot Tabelle, machen einen Rechtsklick und drücken *aktualisieren*. Die überflüssigen Kategorien sind nun nicht mehr in der Tabelle.

Um die Resultate grafisch darzustellen, möchten wir ein Diagramm einfügen. Vorher ordnen wir aber noch die Tabellenspalten, damit diese im Diagramm in einer sinnvollen Reihenfolge erscheinen. Die Zellen (der Zeilenüberschriften) können ganz einfach verschoben werden (drag&drop in der Pivot-Tabelle). Wir ordnen nach folgender Reihenfolge: clear – isolated – scattered – broken – overcast.

Unter *Einfügen* wählen wir ein zweidimensionales Kreisdiagramm. Mit einem Rechtsklick auf den leeren Diagrammbereich können wir *Daten auswählen*. Wir klicken in das entsprechende Feld und markieren dann den Bereich der Pivot-Tabelle (siehe Abbildung 7). So erhalten wir ein Diagramm. Wir können bei „Jahr“ (roter Pfeil bei

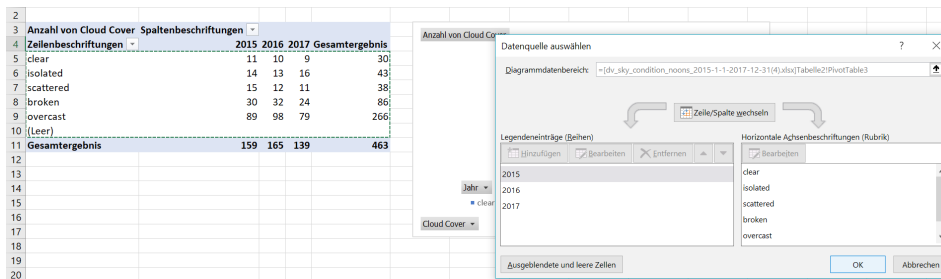


Abbildung 7: Einfügen eines Kreisdiagramms basierend auf der Pivot Tabelle.

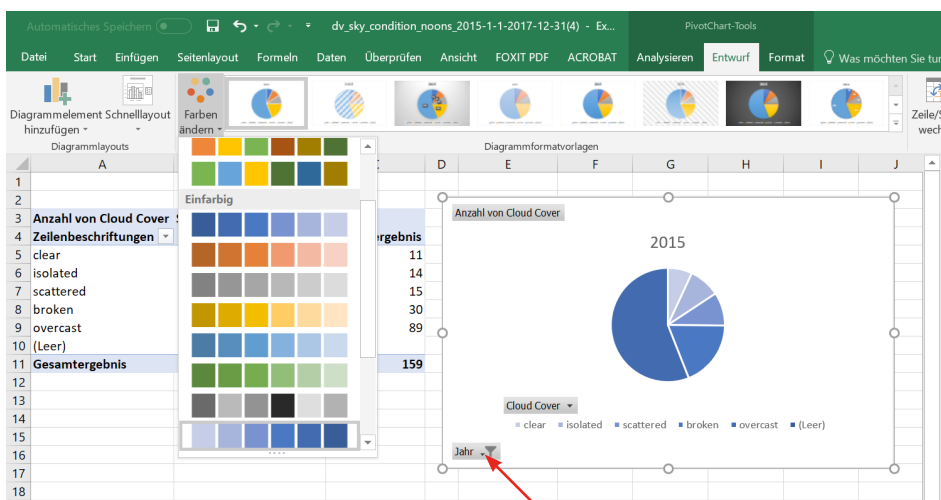


Abbildung 8: Formatieren des Kreisdiagramms.

Abbildung 8) nun jeweils das gewünschte Jahr auswählen, damit nur diese Daten dargestellt werden. Unter Entwurf -> Farben ändern können wir eine sinnvolle Farbpalette wählen (bspw. von dunkel („overcast“) bis hell („clear“)). So gewinnen wir schnell einen guten Überblick über die Daten. (Wenn wir alternativ die Resultate der relativen Verteilung der Klassen pro Jahr in Form von Zahlen wünschen, können wir diese mit einem einfachen Dreisatz berechnen – basierend auf den absoluten Zahlen in der Pivot-Tabelle.)

Als zweites beschäftigen wir uns mit den exportieren Daten der Temperaturmessungen. Wir fügen analog zu den Bedeckungsdaten eine zusätzliche „Jahr“-Spalte und danach eine Pivot-Tabelle ein. Ins Feld *Zeilen* ziehen wir das Jahr, ins Feld *Werte* ziehen wir die Temperatur. Da nun die Summe aller Temperaturen pro Jahr angezeigt wird, rechtsklicken wir auf das Wertefeld und ersetzen unter den Wertefeldinstellungen die Summe mit dem Mittelwert (siehe Abbildung 9). Nun können wir die Durchschnittstemperatur zu allen Jahren direkt ablesen.

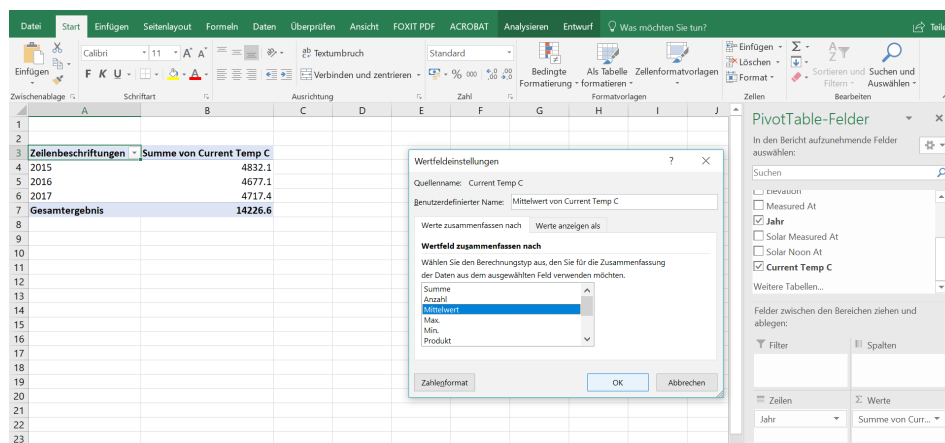


Abbildung 9: Pivot Tabelle mit Temperatur-Mittelwerten.

Überprüfung der Hypothesen

Unsere Grafiken und Berechnungen zeigen: **H1** kann verifiziert werden, da die Bedeckungsklasse „overcast“ tatsächlich in allen drei Jahren die am häufigsten vorkommende Klasse ist (in Zahlen: mit 56.0 bis 59.4%).

H2 wird falsifiziert: die Ränge der Beobachtungsklassen unterscheiden sich in einem Fall: im Jahr 2016 kommt die Bedeckungsklasse „scattered“ ein bisschen häufiger vor als die Klasse „isolated“, was in den anderen Jahren nicht der Fall ist (siehe Abbildung 10). Allerdings unterscheidet sich der relative Anteil der betreffenden Klassen nur um 0.6% – und abgesehen von dieser „Ausnahme“ sind die Ränge der Häufigkeit der Beobachtungsklassen über die verschiedenen Jahre identisch.

Zur Beurteilung von **H3** schauen wir uns die durchschnittlichen Mittagstemperaturen in Zusammenhang mit dem relativen Anteil der Klasse „overcast“ an (wir runden die Zahlen mit der Funktion RUNDEN jeweils auf eine Nachkommastelle):

Jahr	mittlere Mittagstemperatur	relativer Anteil der Bedeckungsklasse „overcast“
2015	13.2°C	56.0%
2016	12.8°C	59.4%
2017	12.9°C	56.8%

Basierend auf dieser Datengrundlage kann H3 vorerst (siehe auch Kapitel *Plausibilität prüfen*) verifiziert werden: Das Jahr mit dem geringsten relativen Anteil der Bedeckungsklasse „overcast“ ist zugleich das wärmste Jahr (gemessen an der mittleren Mittagstemperatur); das kälteste Jahr hingegen weist den höchsten relativen Anteil der Bedeckungsklasse „overcast“ auf.

2015	%	Rang
clear	6.918238994	5
isolated	8.805031447	4
scattered	9.433962264	3
broken	18.86792453	2
overcast	55.97484277	1
2016	%	Rang
clear	6.060606061	5
isolated	7.878787879	3
scattered	7.272727273	4
broken	19.39393939	2
overcast	59.39393939	1
2017	%	Rang
clear	6.474820144	5
isolated	11.51079137	3
scattered	7.913669065	4
broken	17.26618705	2
overcast	56.83453237	1

Abbildung 10: Die Ränge des relativen Anteils der Bedeckungsklassen pro Jahr.

Interpretation der Resultate

Grundsätzlich zeigt die Analyse des relativen Anteils der Bedeckungsklassen, dass in Bregenz das Wetter am Mittag am häufigsten „bedeckt“ ist. Das kann wohl, wie schon bei den Hypothesen erwähnt, unter anderem auf den nahe gelegenen Bodensee zurückgeführt werden, welcher für eine hohe Luftfeuchtigkeit sorgt (und damit Wolkenbildung ermöglicht).

Der Rang des relativen Anteils pro Bedeckungsklasse scheint zudem über die Jahre grösstenteils konstant, mit einer Ausnahme (siehe vorheriges Kapitel). Auch der relative Anteil pro Bedeckungsklasse an sich ist sich in den verschiedenen Jahren sehr ähnlich (siehe Abbildung 8). Damit kann gezeigt werden, dass sich der Bedeckungsgrad und die Temperatur zur Zeit des Sonnenhöchststandes in Bregenz während der drei analysierten Jahre im Mittel nur wenig verändert haben.

Zudem scheint es einen Zusammenhang zwischen dem relativen Anteil der Bedeckungsklasse „overcast“ und der Mittagstemperatur zu geben (vgl. H3). Der Zusammenhang ist aber nicht linear.

Plausibilität prüfen

Die SuS sollen lernen, ihre Resultate und Interpretationen kritisch zu diskutieren:

- *Machen die Resultate Sinn, sind sie erklärbar?*
- *Liegen vielleicht Messfehler vor? Wie könnten diese entstanden sein?*
- *Was kann anhand der Messungen ausgesagt werden, was nicht?*
- *Gibt es Daten aus anderen Quellen, welche die Interpretationen be- oder widerlegen?*
- *Welche Art von Messungen müsste durchgeführt werden, um offen gebliebene Fragen beantworten zu können?*

Für den Datenbezug bei MeteoSchweiz stellt GLOBE Schweiz ein Informationsblatt zur Verfügung, welches unter „Dateneingabe und Datenvergleich“ bei „für den Unterricht“ gefunden werden kann.

Wir überprüfen unsere Resultate nun auf ihre Plausibilität. Als erstes möchten wir die absoluten Werte mit anderen Messungen in Bregenz vergleichen. Auf der Seite der [Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik](#) von Österreich können wir Temperatur- und Bedeckungswerte herunterladen. Die Daten fürs Jahr 2017 sind noch nicht online (Stand: März 2018), für 2015 fehlen die Temperaturdaten und für 2016 die Bewölkungsdaten. Damit können nur die Bewölkung fürs Jahr 2015 und die Temperatur fürs Jahr 2016 mit unseren Messungen vergleichen.

Die Bewölkung wird von der ZAMG mit einem Wert von 1 bis 10 angegeben und betrug im Jahr 2015 durchschnittlich 6.2. Das bedeutet, dass im Durchschnitt 6.2 Zehntel des Himmels bedeckt waren. Damit scheinen unsere Werte grundsätzlich plausibel, allerdings muss beachtet werden, dass ein direkter Vergleich aus mehreren Gründen heikel ist:

1. Die Einheit, in der gemessen wird, ist nicht die gleiche (wir messen in Kategorien, die ZAMG misst in Zehntel des Himmels, welche bedeckt sind)
2. Die Bewölkung wurde von der ZAMG nicht zur Zeit des Sonnenhöchststandes gemessen, sondern jeweils um 7, 14 und 19 MEZ. Damit fließen auch Bewölkungswerte vom Morgen und vom Abend ins Jahresmittel ein.
3. Unsere Messungen wurden nicht an allen Tagen im Jahr durchgeführt – im Gegensatz zu den Messungen der ZAMG. Das kann zu Verfälschungen führen; insbesondere dann, wenn bspw. die GLOBE-Messungen nur im Sommer durchgeführt worden wären. Ein Blick auf die Daten zeigt uns aber, dass diese zwar nicht täglich, aber doch über das ganze Jahr verteilt erhoben wurden.

Die mittlere Temperatur um 14 MEZ im Jahr 2016 betrug in Bregenz laut der ZAMG 13.2°C. Die von uns gemessenen 12.8°C zum Zeitpunkt des Sonnenhöchststandes scheinen damit in einem realistischen Bereich zu liegen. Auch hier ist der Vergleich



Abbildung 11: Das Logo der ZAMG, der Österreichischen Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

aber nur begrenzt vertretbar: Im Falle der Temperatur wurden unsere Messungen zwar sehr wohl täglich durchgeführt, allerdings entspricht 14 MEZ nicht immer dem Zeitpunkt des Sonnenhöchststandes (+/- 1h, wie es von GLOBE verlangt wird).

Fazit: Unsere Daten konnten also sowohl beim Bedeckungsgrad als auch bei der Temperatur weder eindeutig belegt, noch widerlegt werden. Die hohe Ähnlichkeit der von der ZAMG gemessenen mittleren Temperatur mit unserer Messung weist – obwohl die Vergleichbarkeit nicht zu 100% gegeben ist – auf eine gute Datenqualität unserer Messungen hin. Mit Sicherheit können wir das aber nicht behaupten.

Nun wollen wir H3 noch etwas genauer unter die Lupe nehmen: da wir feststellten, dass die Bewölkungsklasse nicht jeden Tag erhoben wurde (sondern nur an 139 – 165 Tagen), sind bei den relativen Anteilen pro Klasse Verzerrungen möglich: Wenn die Messungen pro Jahr ungleich über das Jahr verteilt sind, können die Jahre nicht direkt mit einander verglichen werden. Erstellen wir in Excel eine Monats-Spalte und fügen dann eine Pivot-Tabelle mit Jahr & Monat ein, sehen wir, dass dies tatsächlich der Fall ist und die Verteilung nicht in allen Jahren gleich ist. Allerdings ist auch sichtbar, dass im Juli und im August in allen Jahren klar am wenigsten Messungen erhoben wurden. Die Verteilung ist somit zwischen den Jahren nicht identisch, aber in grossen Teilen ähnlich. Deshalb kann ein Vergleich zwischen den Jahren zwar Sinn machen, muss aber mit einem kleinen Vorbehalt angesehen werden – gleiches gilt dann folglich für den gefundenen Zusammenhang zwischen dem relativen Anteil der Bedeckungsklasse „overcast“ und der Temperatur.

Der erwähnte Zusammenhang erscheint aber insofern als plausibel, als dass er eindeutig erklärbar ist: Wenn die Bedeckungsklasse „overcast“ häufiger vorkommt, ist es häufiger der Fall, dass weniger Wärmestrahlung auf der Erdoberfläche ankommt und somit die Temperaturen tiefer sind. Dies sollte sich auch auf den Temperaturdurchschnitt auswirken, was in unserem Beispiel erkennbar ist. Allerdings gilt es zu beachten, dass die Temperaturunterschiede zwischen den Jahren teilweise sehr klein sind (0.1°C) und sich auch die relativen Anteile der Bedeckungsklasse „overcast“ nur um wenige Prozentzahlen unterscheiden. Um aus diesem Zusammenhang absolute Werte herauslesen zu können (bspw. bei +5% Vorkommen der Bedeckungsklasse „overcast“ übers Jahr sinkt die mittlere Jahrestemperatur um 1°C), müsste der Datensatz viel grösser sein. Zudem sollte im Idealfall die Verteilung der Messungen der Bedeckungsklassen übers Jahr ebenso regelmässig sein, wie das bei den Messungen der Temperaturen bei unserer betrachteten Station der Fall ist. Ein anderer Ansatz könnte auch sein, nur einzelne Tage zu betrachten, an denen beide Messungen erfasst wurden.

Schlussfolgerungen

Die Vergleiche von unseren Daten mit denjenigen der ZMAG zeigen generell, dass unsere Daten in einem möglichen Bereich liegen – allerdings können unsere Daten mit diesen Vergleichen nicht eindeutig für plausibel befunden werden, da die Vergleichbarkeit eingeschränkt ist.

Der Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem relativen Anteil der Bedeckungsklasse „overcast“ erscheint sinnvoll und kann erklärt werden. Um ihn allerdings genauer zu quantifizieren, wäre ein grösserer Datensatz nötig.

Resultate vorstellen

Die Resultate der Auswertung können von den SuS in einer schriftlichen Arbeit / auf einem Poster festgehalten oder mündlich präsentiert werden. Erarbeitete Unterlagen können [GLOBE Schweiz](#) zur Veröffentlichung auf der Website zugeschickt werden.

Für die Diskussion der Resultate mit den SuS kann eine Fachperson beigezogen werden. [GLOBE Schweiz](#) unterstützt Sie gerne bei der Kontaktsuche!



Abbildung 12: In unseren Analysen konnten wir einen Zusammenhang zwischen dem Vorkommen der Klasse „overcast“ und der Temperatur finden. © GLOBE Schweiz

Neue Fragen stellen

Anhand der vorgestellten Analysen können sich die SuS weitere Fragen überlegen. Sie sollen sich ausserdem Gedanken darüber machen, mit welchen Methoden sie die Fragen beantworten könnten.

GLOBE Schweiz stellt für die Thematik „Wetter und Klima“ diverse Unterlagen zur Verfügung, welche als Interpretationshilfe beigezogen werden können. Diese sind auf der Website von GLOBE unter „[Für den Unterricht](#)“ abrufbar.

Falls Sie weiterführende Fragen haben, können Sie sich jederzeit an [GLOBE](#) wenden. Wir empfehlen auch unsere regelmässigen Weiterbildungen mit Fachpersonen, welche auf der [Homepage von GLOBE](#) ausgeschrieben werden.