

ClimateCharts.net – eine Webanwendung zur Erzeugung räumlich und zeitlich variabler Klimadiagramme

Felix Wiemann¹, Pierre Karrasch¹, Matthias Müller¹

¹Professur für Geoinformatik, TU Dresden · felix_paul.wiemann@tu-dresden.de

Zusammenfassung: In diesem Beitrag wird eine Webanwendung zur dynamischen Generierung von räumlich und zeitlich variablen Klimadiagrammen vorgestellt. Die Datenbasis bilden globale interpolierte Rasterdatensätze der Klimavariablen Temperatur und Niederschlag für den Zeitraum 1901-2014 mit einer geometrischen Auflösung von 0,5°. Das Visualisierungsschema richtet sich nach dem bekannten Walter-Lieth Diagramm und erlaubt dem Betrachter die Einordnung eines örtlichen Klimas im Jahresverlauf sowie Vergleiche lokaler Klimate verschiedener Orte. Die Implementierung nutzt aktuelle Webtechnologien und ist intuitiv bedienbar.

Schlüsselwörter: Klima, Klimadiagramme, Bildung, Walter-Lieth, Web-GIS

Abstract: In this article a web application for the dynamic generation of spatial and time variant climate charts is presented. It is based on globally interpolated raster data for the variables temperature and precipitation for the period 1901-2014 with a geometric resolution of 0.5°. The visualization complies with the well-known Walter-Lieth chart. It enables the user to classify a regional climate within the annual cycle and lets him compare local climates of different places. The implementation is built with current web technologies and has a user friendly interface.

Keywords: Climate, climate charts, education, Walter-Lieth, web GIS

1 Einleitung und Motivation

Klimadiagramme sind ein gängiges Werkzeug, um die vorherrschenden klimatischen Verhältnisse für eine Region oder einen Ort grafisch darzustellen. Im wissenschaftlichen Umfeld ist die Darstellungsvariante nach Walter-Lieth sehr verbreitet. Im Jahr 1967 veröffentlichten Heinrich Walter und Helmut Lieth in ihrem *Klimadiagramm Weltatlas* die Diagramme von weltweit etwa 9.000 Messstationen nach einheitlichen Vorgaben (WALTER & LIETH 1967). Dieser Diagrammtyp ermöglicht eine generalisierte Übersicht des Verhältnisses zwischen Temperatur und Niederschlagsmengen im Jahresverlauf und lässt dadurch Rückschlüsse auf den Wasserhaushalt sowie das Vegetationswachstum zu. Eine klare farbliche Gestaltung hebt dabei humide und aride Perioden im Jahresverlauf visuell hervor. Die fest definierte statische Achseneinteilung erleichtert zudem den Vergleich von Klimadiagrammen unterschiedlicher Standorte.

Derzeit werden Walter-Lieth-Diagramme häufig für die Visualisierung der Messdaten einzelner fest positionierter Wetterstationen eingesetzt. Dazu stehen beispielsweise kleinere Desktop-Anwendungen zur Verfügung (SCHOPPMANN 2008). Diese beinhalten Beispielzeitreihen für einzelne Orte, erfordern jedoch oftmals eine Eingabe von eigenen Klimadaten durch den Nutzer. Abgesehen davon existieren unterschiedliche Webseiten, um Klimadiagramme zu generieren oder herunterzuladen. Diese liegen dabei entweder vorprozessiert als

Grafiken auf dem Server oder werden anhand globaler Datensätze dynamisch für ausgewählte Orte weltweit erzeugt. Im ersten Fall ist die Auswahl der Orte durch das Archiv der Webseite beschränkt (MÜHR 2014). Im zweiten Fall richten sich die Anwendungen hingegen nur an ein sehr spezielles Fachpublikum (PIK 2016) oder nutzen kein Visualisierungsschema mit festen Skalierungsverhältnissen (GEO 2016). Die bisherigen Lösungen basieren zudem auf Softwaretechnologien, die nicht mehr den aktuellen Standards entsprechen.

2 Zielgruppe und Anforderungen

Aus den Erfahrungen mit bisherigen Anwendungen entstand das Projekt *ClimateCharts.net*. Hierbei wird ein Werkzeug zur Generierung von Klimadiagrammen entwickelt, die in verschiedenen Fachdisziplinen verwendet werden können. Neben Geowissenschaftlern und Klimaforschern richtet sich die Anwendung auch an Schulen oder Universitäten, beispielsweise für den Einsatz im Geographieunterricht oder -studium. Interaktive Lernanwendungen im Sinne des *E-Learning* spielen heutzutage eine immer größere Rolle als Ergänzung zu klassischen Unterrichtsmaterialien (PETKO 2010). Durch die Möglichkeit sich selbst Diagramme generieren zu können, können Schüler und Studenten verschiedene regionale Klimate der Erdoberfläche erkunden und vergleichen. Eine kostenlose Webanwendung ist dafür gut geeignet, da sie leicht zugänglich ist und mit einer entsprechenden Nutzerschnittstelle ohne Vorkenntnisse verwendet werden kann.

Die Anwendung soll dabei folgende Anforderungen erfüllen:

- Nutzung einer vorhandenen Datenbasis mit weltweiter Abdeckung,
- Diagrammdarstellung nach dem Walter-Lieth-Standard,
- Erzeugung von Klimadiagrammen für rezente und historische Zeiträume,
- Auswahl des Ortes über interaktive Kartenanwendung,
- Automatische Bestimmung oder manuelle Eingabe des Ortsnamens,
- Berechnung der lokalen Klimaklassifikation nach Köppen und Geiger (KOTTEK et al. 2006),
- Einfache und intuitive Bedienung.

3 Datengrundlage

Die Datengrundlage der Anwendung bilden globale Datensätze zu Niederschlag und Temperatur, die im Internet durch Portale wie das *Centre for Environmental Data Analysis* (CEDA) kostenfrei zugänglich sind. Bekannte Anbieter sind unter anderem die *Climate Research Unit* (CRU) der Universität von East Anglia oder die *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) der USA. Diese veröffentlichen seit Jahren verschiedene globale Klimadaten, die kontinuierlich aktualisiert und erweitert werden. Die für dieses Projekt verwendeten Daten sind Teil der Reihe *CRU Time Series* in der Version 3.21 (HARRIS & JONES 2015). Sie beinhalten Temperatur- und Niederschlagsdaten der weltweiten Landflächen bei einer Auflösung von $0,5^\circ$. Die Daten wurden aus den Zeitreihen von weltweit verteilten Wetterstationen interpoliert. Der zeitliche Umfang reicht von den Jahren 1901 bis 2014, aufgelöst als Monatsmittelwerte beziehungsweise -summen. Es gibt zwar auch Datensätze, die eine deutlich höhere geometrische Auflösung vorzuweisen weisen haben, dann aber nur deutlich

kürzere Zeiträume abdecken können. Im Sinne der dargelegten Anforderungen (vgl. Kapitel 2) stellt der gewählte CRU-Datensatz einen guten Kompromiss dar.

4 Umsetzung

4.1 Architektur und Technologien

Die Anwendung ist nach dem für Webapplikationen typischen Konzept einer Mehrschichtenarchitektur aufgebaut. Ein Großteil der Anwendungslogik wird dabei auf dem Client ausgeführt. Hierzu werden die Technologien HTML5, CSS3 und Javascript genutzt und durch verschiedene externe Bibliotheken erweitert. Die Generierung des Klimadiagramms wird mithilfe der Bibliothek *Data-Driven-Documents* (D3) umgesetzt (BOSTOCK 2015). Diese ermöglicht eine sehr flexible Visualisierung von Datensätzen als interaktives SVG Objekt innerhalb des HTML Dokuments. Zur Präsentation der Webkarte wird das Framework *Leaflet* verwendet (AGAFONKIN 2015). Die Gestaltung und Struktur des Seitendokuments erfolgt mithilfe des CSS Frameworks *Bootstrap 3* (OTTO et al. 2016). Die Implementierung der allgemeinen Nutzerschnittstelle basiert im Wesentlichen auf der weit verbreiteten Bibliothek *jQuery* (JQUERY-FOUNDATION 2016).

Serverseitig wird allein die Datenabfrage und Mittelwertberechnung übernommen, wobei die Sprache Java und die aktuelle Servlet Spezifikation zum Einsatz kommen. Die Klimadaten-sätze liegen im weit verbreiteten NetCDF Format vor. Zur Datenabfrage wird daher die zugehörige Java API von Unidata genutzt (UNIDATA 2015). Diese ermöglicht eine effiziente, selektive Abfrage von Daten für spezifische räumliche und zeitliche Ausschnitte.

4.2 Nutzerschnittstelle der Anwendung

Die Auswahl des Ortes erfolgt entweder über eine interaktive Karte oder manuelle Eingabe der Koordinaten, die Angabe des Zeitraums durch zwei Drop-down-Menüs. Der zugehörige Ortsname kann automatisch über einen Gazetteer Webservice von GeoNames ermittelt (GEONAMES 2016) oder ebenfalls manuell vom Nutzer festgelegt werden. Die manuelle Namensangabe wurde als Alternative implementiert, da die Ergebnisse des Gazetteers nicht immer zufriedenstellend sind. Eine Datenabfrage ist generell nur auf Landoberflächen möglich (vgl. Abb. 1).

Die Eingabeparameter werden anschließend an den Server geschickt. Aus dem zugrunde liegenden Datensatz werden dort die Temperatur- und Niederschlagswerte für die entsprechenden Koordinaten und Jahre abgefragt. Die für die Walter-Lieth-Darstellung benötigten monatlichen Mittelwerte werden für den gewählten Zeitraum berechnet, zurückgeschickt und visualisiert. Zusätzlich werden sie rechts neben dem Diagramm in einer Tabelle dargestellt (vgl. Abbildung 2). Aus diesen Monatswerten werden außerdem die Jahresmitteltemperatur, der mittlere Jahresniederschlag und die Klimaklassifikation nach Köppen-Geiger ermittelt (KOTTEK et al. 2006).



Abb. 1: Nutzerinterface der Webseite *ClimateCharts.net*

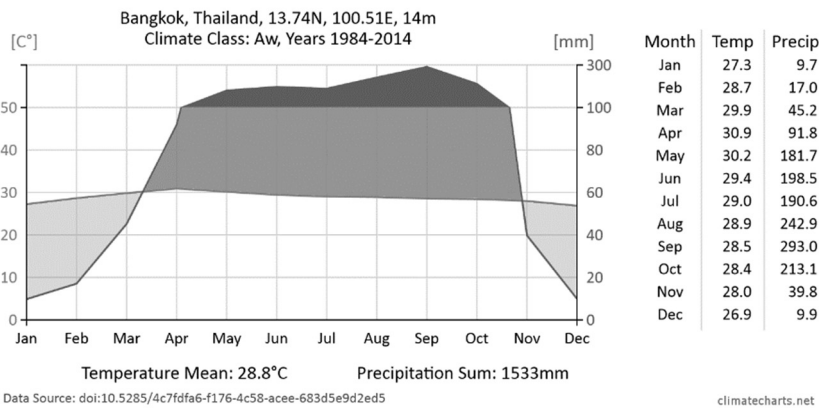


Abb. 2: Erzeugtes Beispieldiagramm für Bangkok (Thailand) mit jahreszeitlich wechselnden Klimabedingungen

Die Darstellung der humiden und ariden Klimaverhältnisse wird durch eine Einfärbung der Flächen zwischen Temperatur- und Niederschlagskurve realisiert. Liegt die Temperaturkurve über der Niederschlagskurve, ist die Fläche gelb und signalisiert ein arides Klima. Im umgekehrten Fall ist die Fläche hell- oder dunkelblau, was für ein humides beziehungsweise extrem humides Klima steht. Bei monatlichen Niederschlägen über 100 mm ändert sich zudem die Skalierung des Verhältnisses von Temperatur zu Niederschlag von 1:2 auf 1:20 ($10^\circ \cong 200 \text{ mm}$). Dadurch soll verhindert werden, dass das Diagramm an Orten mit starken Niederschlägen übermäßig hoch wird (WALTER & LIETH 1967). Die Erzeugung des Diagramms erfolgt vollständig clientseitig als interaktive Vektorgrafik. Ein Mouse-over-Effekt hebt einzelne Monatswerte im Diagramm und der Tabelle farblich hervor und erleichtert so das Ablesen. Die Datengrundlage ist direkt im Diagramm durch die Angabe eines Digital Object

Identifizier (DOI) ersichtlich. Durch die Nutzung von SVG kann die Grafik auf größeren Bildschirmen verlustfrei hochskaliert werden und ist auch für die Druckausgabe gut geeignet. Die Webanwendung ist generell auf Desktopsysteme optimiert, kann aber ebenso auf mobilen Geräten verwendet werden. Durch die Nutzung von Bootstrap passt sich das Seitenlayout bei kleineren Anzeigegeräten automatisch an. Die Grafik kann abschließend auf dem Endgerät des Nutzers im SVG- oder PNG-Format abgespeichert und nachträglich für Publikationszwecke in einem Grafikprogramm bearbeitet werden (z. B. Anpassung von Schriftart und Diagrammfarben).

5 Diskussion und Ausblick

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die in Kapitel 2 formulierten Anforderungen an die Anwendung umgesetzt werden konnten. Auf Grundlage des CRU-Datensatzes können weltweit für die Landmassen Klimadiagramme entsprechend des Walter-Lieth-Standards erstellt werden. Der Wert eines einheitlichen Datensatzes spiegelt sich insbesondere in der Vergleichbarkeit unterschiedlicher Standorte wieder. Dennoch muss berücksichtigt werden, dass qualitative Einschränkungen durch die grobe geometrische Auflösung von nur $0,5^\circ$ die Aussagekraft der Diagramme beeinflussen können. Verschiedene Tests mit einzelnen Wetterstationsdaten zeigen, dass Abweichungen in der Jahresmitteltemperatur und im Jahresniederschlag im Einzelfall von bis zu 2°C bzw. 1.000 mm erwartet werden können. Aus diesem Grund ist ein Bewusstsein bezüglich der Genese der zu Grunde liegenden Daten erforderlich und es wird sowohl durch Erläuterungen auf der Webseite als auch durch den Verweis auf die entsprechende Referenzliteratur geschärft.

Die Anwendbarkeit des präsentierten Tools ist weit gefächert und reicht von der Nutzung zur klassischen Beschreibung von Untersuchungsgebieten im Rahmen diverser Studien mit einem geografischen Bezug bis zum Einsatz im schulischen Umfeld. Gerade letzteres Anwendungsgebiet lässt in Verbindung mit der variablen Nutzung unterschiedlicher Zeitintervalle einfache Analysen von Klimaveränderungen zu. Die Voraussetzungen zur Nutzung einer solchen Anwendung sind schularten- und jahrgangsübergreifend in den Lehrplänen allgemeinbildender Schulen zu finden (SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR KULTUS 2011). Die Tatsache, dass die Klimadiagramme auf Grundlage interpolierter und modellierter Stationsdaten generiert werden und aus diesem Grund eventuell von lokalen Gegebenheiten abweichen, kann dabei ebenfalls Inhalt und Diskussionsgrundlage schulischen Unterrichts sein.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt beschränkt sich die Generierung der Klimadiagramme auf die Nutzung eines einzelnen Datensatzes. Im weiteren Verlauf des Projektes soll das Angebot diesbezüglich erweitert werden. Dazu gehören sowohl weitere flächendeckend interpolierte Daten als auch die Nutzung der vorliegenden Anwendung zur Generierung von Klimadiagrammen für einzelne Stationsdaten. Darüber hinaus wird auch der Funktionsumfang erweitert werden. Weitere Diagrammtypen, wie beispielsweise Thermoisoplethen- oder Variabilitätsdiagramme, werden ebenso eine Rolle spielen wie weitere Analysefunktionalität. Dazu gehören zum Beispiel zeitliche und räumliche Klimadiagrammvergleiche. Zur Beurteilung der Qualität der erzeugten Klimadiagramme sind Werkzeuge vorgesehen, die dem Nutzer zum Beispiel Informationen zur Verfügung stellen, auf Grundlage wie vieler Stationen die Modellierung der meteorologischen Werte erfolgte. Darüber hinaus sind Verbesserungen in

der Handhabung der Webanwendung vorgesehen. Dazu gehören unter anderem eine Suchfunktion von Ortsnamen sowie eine Umrechnung der Temperaturdaten in Fahrenheit, um die Nutzbarkeit in Ländern wie den USA zu erhöhen.

Die Webanwendung *ClimateCharts.net* bietet damit eine einfach zu bedienende Oberfläche zur Generierung von Klimadiagrammen global vorliegender Klimadatenätze auf Grundlage des Walter-Lieth-Standards.

Literatur

- AGAFONKIN, V. (2015), Leaflet – an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps. <http://leafletjs.com/> (06.04.2016).
- BOSTOCK, M. (2015), D3.js – Data-Driven Documents. <https://d3js.org/>.
- GEO (2016), Klima – weltweit. <http://www.geo.de/reisen/community/klimadaten> (06.04.2016).
- GEONAMES (2016), GeoNames. <http://www.geonames.org/> (06.04.2016).
- HARRIS, I. & JONES, P. D. (2015), CRU TS3.23: Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) Version 3.23 of High Resolution Gridded Data of Month-by-month Variation in Climate (Jan. 1901– Dec. 2014). Centre for Environmental Data Analysis.
- JQUERY-FOUNDATION (2016), JQuery. <https://jquery.com/> (06.04.2016).
- KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B. & RUBEL, F. (2006), World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15, 259-263.
- MÜHR, B. (2014), Klimadiagramme weltweit. <http://www.klimadiagramme.de/> (04.04.2016).
- OTTO, M., THORNTON, J., REBERT, C., THILO, J., XHMIKOS, R., FENKART, H. & LAUKE, P. H. (2016), Bootstrap – The world's most popular mobile-first and responsive front-end framework. <http://getbootstrap.com/> (06.04.2016).
- PETKO, D. (2010), Lernplattformen, E-Learning und Blended Learning in Schulen. In: PETKO, D. (Hrsg.), *Lernplattformen in Schulen: Ansätze für E-Learning und Blended Learning in Präsenzklassen*. Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften, 9-27.
- PIK (2016), Climate Diagram Generator. <http://www.pik-potsdam.de/cigrasp-2/cdg/selector.html> (06.04.2016).
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR KULTUS (2011), Lehrplan Gymnasium – Geographie.Dresden. http://www.schule.sachsen.de/lpdb/web/downloads/lp_gy_geographie_2011.pdf?v2 (11.04.2016).
- SCHOPPMANN, Z. (2008), Klimastation – Die interaktive Lernsoftware zum Themenkomplex Klima – Klimaklassifikation. <http://www.klimastation.com/index.html> (06.04.2016).
- UNIDATA (2015), NetCDF Java. <http://www.unidata.ucar.edu/software/thredds/current/netcdf-java/> (06.04.2016).
- WALTER, H. & LIETH, H. (1967), *Klimadiagramm-Weltatlas*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.