BAKKALAUREATSARBEIT

Im Rahmen des Proseminars

„Bachelorarbeit“ im Wintersemester 2009 / 2010

Klima und Klimaveränderungen im östlichen Mittelmeerraum und Trends bis ins Jahr 2060

Leitung und Betreuer:

Ao.Univ.-Prof. Dr.phil. Herbert **WEINGARTNER**

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

Vorgelegt an der

Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Salzburg

Fachbereich: Geographie und Geologie

am 13. Oktober 2010

GEBHART, Markus
General-Keyes-Str. 44/1
5020 Salzburg
Matrikelnummer: 0721085

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS ..... **I**

1 EINLEITUNG **1**

2 DER MITTELMEERRAUM **2**

2.1 Allgemeine Geographie und Entstehung **2**

2.2 Mittelmeerraumklima **3**

2.3 Regionale Bereiche und ihre klimatischen Besonderheiten **6**

2.4 Klima im westlichen Mittelmeerraum **9**
2.4.1 Spanien 9
2.4.2 Nordafrika 11

2.5 Klima im östlichen Mittelmeerraum **13**
2.5.1 Der östliche Mittelmeerraum und die Levante 13
2.5.2 Türkei / Vorderasien 14
2.5.3 Griechenland 15

3 GLOBALER KLIMAWANDEL UND SEINE AUSWIRKUNGEN AUF DEN MITTELMEERRAUM **20**

4 TRENDS BIS 2060 ..... **24**

LITERATURVERZEICHNIS ..... **II**

Literaturquellen ..... **II**

Sonstige Quellen ..... **IV**

TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS ..... **VI**

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG ..... **VIII**

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

1 Einleitung

In dieser Bakkalaureatsarbeit zum Thema ‚Klima und Klimaveränderungen im östlichen Mittelmeerraum und Trends bis ins Jahr 2060' wird hervorgehoben, inwiefern sich das Klima des Mittelmeerraums – insbesondere die Region in Griechenland verändert hat und zukünftig verändern wird. Dabei wird zunächst auf die geschichtliche Entwicklung des Mittelmeeres und das Klima in der Mittelmeerregion im Allgemeinen eingegangen. Es wird die gesamte Großregion des Mittelmeeres von Westen (Spanien) bis Osten (Türkei) behandelt, jedoch soll der Schwerpunkt, auf Grund der getätigten mittleren Exkursion im Sommersemester 2009 auf die griechische Insel Lesvos, auf dem östlichen Mittelmeergebiet (Griechenland) liegen.

Des Weiteren werden sowohl die vom Menschen verursachten, also die anthropogenen Klimaveränderungen, als auch die natürlichen betrachtet und analysiert. Besonders wird dabei auf die vom Menschen verursachten Probleme hingewiesen und wie sich dieser klimatische Wandel zu einem globalen Problem entwickelt hat. Dadurch soll ein Bezug des subtropischen Mittelmeerklimas zum globalen Klima hergestellt werden. Ferner sollen Prognosen und Trends der Klimaentwicklungen bis zum Jahr 2060 erläutert werden.

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gerhart 2015

2 Der Mittelmeerraum

2.1 Allgemeine Geographie und Entstehung

Als Mittelmeerraum wird die Großregion um das Mittelmeer bezeichnet, welches sich auf einer Länge von circa 3.860 km – von Gibraltar bis Syrien erstreckt. Wie auf der Karte ersichtlich, grenzen an diese Großregion folgende 21 Länder: Albanien, Algerien, Ägypten, Bosnien-Herzegowina, Frankreich, Griechenland, Israel, Italien, Kroatien, Libanon, Libyen, sowie Malta, Marokko, Monaco, Montenegro, Slowenien, Spanien, Syrien, Tunesien, Türkei und Zypern. Auch die Länder Portugal und Jordanien werden auf Grund ihrer kulturellen und klimatischen Gegebenheiten der mediterranen Welt zugeordnet, obwohl sie keine gemeinsame Küste mit dem Mittelmeer besitzen. Das Mittelmeer wird also von den drei Kontinenten Europa, Afrika und (Vorder-) Asien umschlossen. Das Gewässer selbst wird abermals in verschiedene Meere unterteilt – unter anderem in die Ägäis bei Griechenland und die Adria bei Italien. Des Weiteren wird in einigen Quellen das Schwarze Meer dazugezählt (nach MAI, 2001). Abb. 1 zeigt das Mittelmeer mit den Nationalflaggen der es umschließenden Länder und die dazugehörigen Meere.

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2012

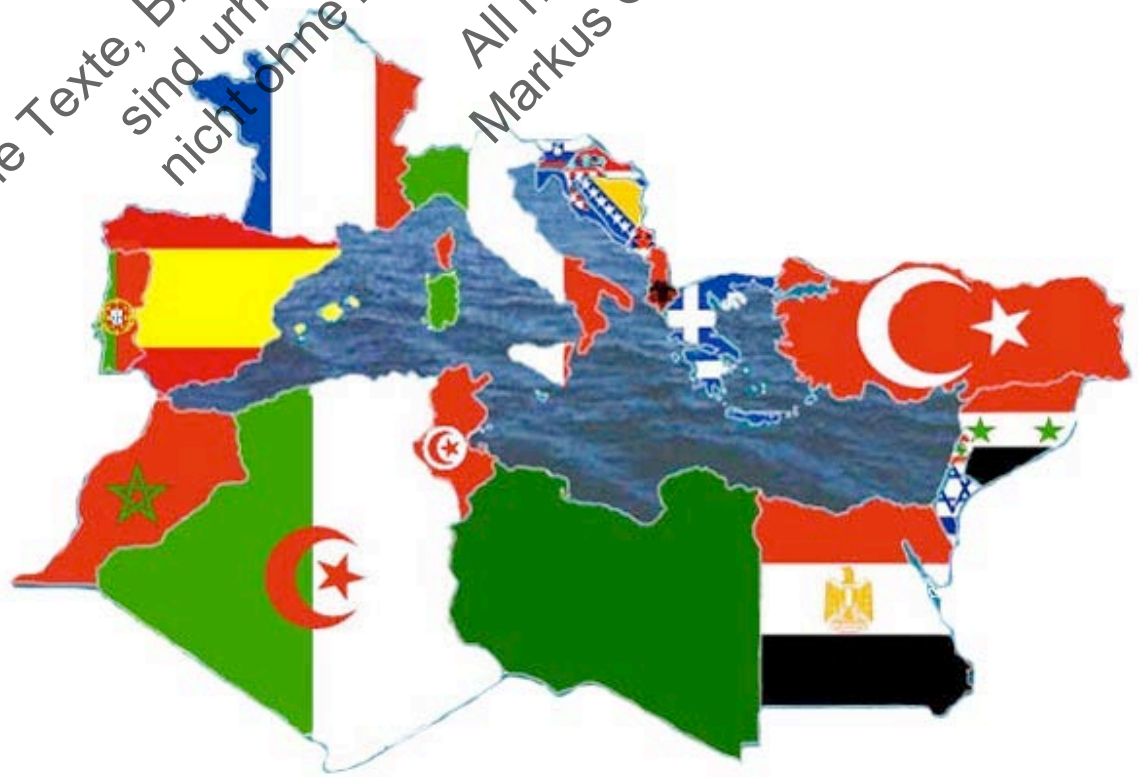


Abb.1: Mittelmeerländer (*Quelle*: http://www.mittelmeerbasar.de)

Das Mittelmeer, wie wir es heute kennen, entstand vor hunderten Millionen Jahren auf Grund der Drift der Afrikanischen Platten nach Norden und des Zerfalls des Superkontinents Pangäa. Da das Mittelmeer im Zeitalter des Messiniums (vor circa sieben Millionen Jahren) teilweise oder vollständig austrocknete, bildeten sich bis zu 3.000 Meter Evaporite (Verdampfungsgesteine) im Meeresbecken. Dieser Prozess wird heute die Messinische Salinitätskrise genannt. Die gegenwärtigen Inseln sowie die Verteilung der Schelfbereiche und Tiefseebecken sind das Ergebnis komplizierter tektonischer und morphologischer Prozesse, die noch nicht endgültig geklärt sind (nach MINERALATLAS). Zu jener Zeit änderten sich die Plattengrenzen und die eurasiatische und nordafrikanische Front wanderte nach Süden, was zu einer Ausdehnung der Erdkruste führte. Man bezeichnet diesen Prozess auch als „back-arc-extension“[1]. Danach war die Entwicklungskontinuität vorbei und es entstand eine archipelähnliche Landschaft in der Ägäis. Im Quartär, vor circa 2 Millionen Jahren, gab es Seespiegelabsenkungen, zuvor auch bei Gibraltar tektonische Bewegungen, welche zur Abtrennung des Mittelmeeres vom Atlantik führte.

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

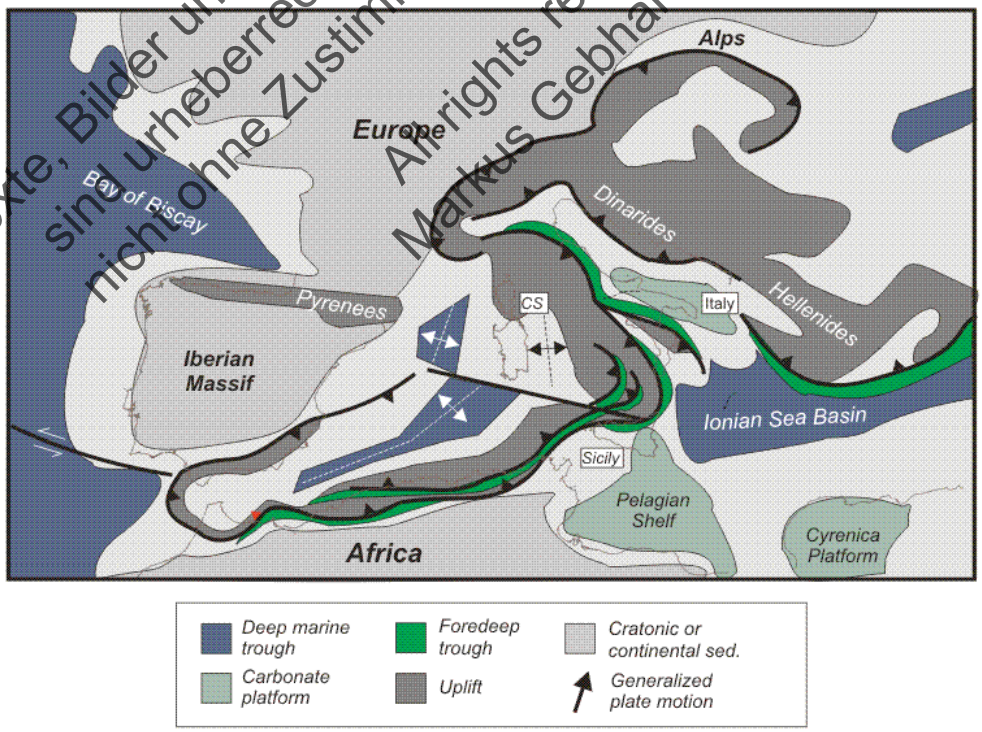


Abb. 2: Upper Miocene paleogeography (*Quelle*: http://www.wavetechgeo.com)

[1] Die Backarc-Becken zeigen an, dass sich Extension über Subduktionszonen ereignet. (http://www.files.ethz.ch/structuralgeology/JPB/files/tekto/Abschieb.pdf - Seite 95) (Zugriff: 2010-07-24)

Abbildung 2 zeigt, wie während des späten Miozäns durch anhaltende Bewegung der afrikanisch–arabischen Platte die Verbindung des Mittelmeeres zum Atlantischen Ozean zunehmend verengt wurde. Mit den bevorstehenden Kollisionen der arabischen Platte mit Südeuropa und Spaniens mit Afrika bei der Straße von Gibraltar, waren alle Verbindungen zwischen dem Mittelmeer und dem offenen Ozean durchtrennt. Diese Begrenzung der Marinen Zirkulation, die mit dem tektonischen Hochland gekoppelt ist, welches vom Mittelmeer umgeben war, führte schließlich zur Absetzung der messinischen Evaporite und zur Austrocknung des Mittelmeeres. (nach WAVETECH GEOPHYSICAL INC.)

2.2 Mittelmeerraumklima

Das Klima des Mittelmeerraumes wird allgemein als subtropisches Klima bezeichnet. Es hat jedoch durch seine Besonderheit ebenfalls den spezifischen Namen „Mittelmeerklima“ oder nach den Winden im östlichen Mittelmeerraum benannt, den Namen „Etesienklima“. Die Etesien, wie sie früher genannt wurden, sind die sommerlichen Winde in der Ägäis, die „von Mai bis Oktober über Griechenland, der Ägäis und dem östlichen Mittelmeer aus Nordwest bis Nordost wehen. [Sie] sind trockene, relativ kühle, über dem Meer oft stürmische Winde (...) [, die häufig] für gute Sicht und wolkenlosen Himmel [sorgen]“ (BEIER, 2004:1). Diese Jahreszeitenwinde, auch neugriechisch Meltemi (Meltemia) genannt, entstehen wenn „Luftmassen aus dem Hochkeil[2] über Balkan (..) und Ungarn und in das über dem Persischen Golf liegende Monsuntief [strömen]. Unterstützend und beschleunigend auf diesen recht zuverlässigen Wind wirkt oft ein Hitzetief über der Zentraltürkei. Meltemi bringt stets heiteres Wetter und gute, klare Sicht mit sich.“ (WALTER, 2008).

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

[2] Zunge hohen Druckes, mit einem Zentralhoch in Verbindung stehend. Wettererscheinungen wie im Hoch, jedoch von kürzerer Dauer, da Hochkeile sich meist rascher bewegen (http://www.nordusedom.de/Seiten/wetterausdruecke.html) (Zugriff: 2010-03-09, 14:36)

Abb. 3: Meltemi Entstehung (*Quelle:* http://www.esys.org)

Abbildung 3 zeigt sehr genau das Balkanhoch und das Hitzetief über der Zentraltürkei, das eher begünstigend und ankurbelnd auf den Wind wirkt. Größtenteils entsteht der Meltemi jedoch durch den Druckausgleich zwischen großen Tiefdrucksystemen, die über Südwestasien lagern und bis nach Kleinasien reichen und dem im Sommer bis ins Mittelmeer vorstoßenden Azorenhoch. So setzen jährlich ab Ende Mai leichte Winde von Norden kommend und circa zwei Monate später der Sommerwind ein. Der Wind besteht aus festländischer Luft aus dem Süden Russlands. Bei Überquerung hoher Gebirge wird die Luft trockener und beschert Griechenland dadurch oft strahlend blauen Himmel. Der Meltemi erreicht seinen Höchstwert im Juli und August. „Die Wahrscheinlichkeit ist von Juni bis September 70%. Üblicherweise setzt er am Vormittag ein und weht bis zum Sonnenuntergang. Es kann aber auch sein, dass er tagsüber mit 6 - 8 Bft[3]. [weht].“ (MELTEMI MEDIA, 2007)

Im Allgemeinen wird das Mittelmeerklima von heißen und trockenen Sommern und feuchten kühlen Wintern geprägt. Das BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFAHRT UND HYDROLOGIE (1996) beschreibt ganz generell, dass sich in den Wintermonaten die Westwindzone in den kühleren Breiten nach Süden ausdehnt, da sich durch

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

[3] Bft = Beaufort-Skala: Die Beaufortskala ist eine Skala zur Klassifikation von Winden nach ihrer Geschwindigkeit. (http://www.wetter.net/lexikon/beaufortskala.html) (Zugriff: 2010-03-09, 14:48)

jahreszeitliche Einstrahlungsunterschiede Veränderungen ergeben, so dass die Westwinddrift im Winter wesentlich extremer ist als in den Sommermonaten. Diese Unbeständigkeit ist mit der Überlagerung der Polarluft zu erklären. „Dann wechseln Tiefdruckgebiete mit starker Bewölkung, Niederschlägen, Wind oder Sturm mit Hochdruckgebieten und dem damit verbundenen ruhigen und freundlichen Wetter ab.“ (BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFAHRT UND HYDROGRAPHIE, 1996:25). In den Sommermonaten liegt der subtropische Hochdruckgürtel am Boden über dem südlichen Teil des Mittelmeeres und in der Höhe in etwas südlicherer Lage als am Boden über Nordafrika. Da vom Meer her die Versorgungsdynamik fehlt, weil die dauerhafte Luftschichtung der Lufthülle über dem verhältnismäßig kalten Wasser den senkrechten Wechsel unterbindet, sinkt die Luft großflächig ab und trocknet folglich aus.

In den folgenden Kapiteln wird nun auf die einzelnen Wetterphänomene des Mittelmeerraumes eingegangen, beginnend mit dem westlichen Mittelmeerraum und dem Klima Spaniens und Nordafrikas.

2.3 Regionale Bereiche und ihre klimatischen Besonderheiten

Der Mittelmeerraum zeichnet sich durch seine regionalen Bereiche aus. Nach KÖPPENS Klimaklassifikation ist der nördliche Teil des Mittelmeerraumes durch ein maritimes Westküstenklima gekennzeichnet, während der südliche Teil durch subtropisches Wüstenklima charakterisiert wird. Weiterhin ist das Mittelmeerklima dem Südasiatischen Monsun im Sommer und dem Sibirischen Hochdrucksystem im Winter ausgesetzt. Der südliche Teil ist meistens unter Einfluss des absteigenden Asts der Hadley Zelle[4], während der nördliche Teil eher der Variabilität der mittleren Breiten unterliegt, charakterisiert durch die Nord Atlantische Oszilllation (NAO) und anderen Telekonnektionen dieser Breiten. Eine wichtige Konsequenz ist, dass die Analyse des mediterranen Klimas verwendet werden könnte, um Änderungen der Intensität und Ausdehnung der

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

[4] Die Hadley-Zelle erstreckt sich im Bereich der Atmosphäre zwischen dem Äquator bzw. der Innertropischen Konvergenzzone (ITC) bzw. 30° nördlicher und 30° südlicher Breite. (http://www.geographie.uni-muenchen.de/department/admin/lehre/dateien/621/Thema9_AZA_Forster.pdf Seite 9) (Zugriff: 2010-06-28)

Klimamuster im globalen Maßstab zu identifizieren. (nach LIONELLO et al., 2006:4)

Im östlichen Mittelmeerraum spielt der Nord Atlantische Oszillation eine maßgebende Rolle bei den winterlichen Niederschlägen. Vergleicht man die Temperaturen der letzten 40 Jahre, so stellt man auch hier eine Deckung „zwischen dem Witterungsmuster über der nördlichen Halbkugel und dem NAO Index." (MONEO et al., 2008) Allerdings ist auch der Einfluss des ENSO (El Niño-Southern Oscillation) von großer Bedeutung für die Region, da dieser im Winter Regen bringt, was besonders für diese trockene Region entscheidend ist. Speziell während der El Niño/La Niña Jahre assoziierte man eine höhere Niederschlagsmenge mit der meridionalen Verschiebung im östlichen Mittelmeerraum. „Modelluntersuchungen (...) haben im Zusammenhang mit El-Niño-Ereignissen eine Schwächung des mittleren meridionalen nordatlantischen Druckgradienten und damit der Nordatlantischen Oszillation (NAO) ergeben und eine südwärtige Verschiebung der nordatlantischen Sturmbahnen." (KASANG, 2007) Dadurch herrschen feuchtere Voraussetzungen über Mitteleuropa. Demzufolge gibt es sogar eine bedeutsamen Verbindung zwischen ENSO und den Niederschlägen im Mittelmeerraum. Im Westen hingegen ist es schwierig, ENSO Signale im Hinblick auf die dominierende mittlere Breiten-Dynamik mit gewöhnlichen statistischen Mitteln zu identifizieren, was für die Nordatlantischen/europäischen Regionen üblich ist. (nach LIONELLO et al., 2006:7)

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

Das trockene Sommerklima des östlichen Mittelmeerraumes ist laut LIONELLO stark auf die Merkmale des asiatischen Monsunregimes bezogen. Dabei spielt erneut die Hadley-Zelle, die den östlichen Mittelmeerraum mit dem afrikanischen Monsun verbindet eine Rolle.

LIONELLO schreibt in seinem Buch ‚*Mediterranean Climate Variability*' (2006:7) folgendes über das ENSO-Phänomen und den Zusammenhang zum westlichen Mittelmeerraum:

> „The most robust link is that of western Mediterranean-autumn-averaged rainfall, which has a significant positive correlation with ENSO. A weaker correlation, with opposite sign, is present in spring, but is confined to a small region in Spain and Morocco (...)."

Er besagt, dass die Verbindung des durchschnittlichen Herbstniederschlages im westlichen Mittelmeerraum in Verbindung mit dem ENSO-Phänomen einen erheblichen positiven Zusammenhang hat. Einen schwächeren Bezug mit entgegensetzten Merkmalen ist derzeit im Frühjahr, allerdings auf kleinere Regionen in Spanien und Marokko, beschränkt.

Regionale Wetterregime sind ein wesentliches Element des Mittelmeerklimas. Diese Regime sind gekennzeichnet durch energetische mesoskalische Eigenschaften, mehrere zyklogenetische Gebiete und grundsätzlich von kürzeren Zyklen und kleineren räumlichen Skalen, als die im Atlantik entstehenden außertropischen Zyklonen. (nach LIONELLO, 2006:9)

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.

All rights reserved
Markus Gebhart 2013

2.4 Klima im westlichen Mittelmeerraum

Der westliche Mittelmeerraum begrenzt sich aus geographischer Sicht zunächst auf Spanien, Frankreich, Monaco, Marokko und Algerien. Die interessantesten klimatischen Regionen sind jedoch Spanien und Nordafrika, da sich das Klima in den übrigen westlichen Regionen sehr ähnelt. Deshalb möchte ich in den folgenden Kapiteln näher auf Spanien und Nordafrika eingehen:

2.4.1 Spanien

Das Klima in Spanien wird in verschiedene Zonen eingeteilt – grob in das Atlantische Klima, das Gebirgsklima, das subtropische Klima und das für diese Arbeit relevante Mittelmeerklima. Das typische „spanische Klima“, wie man umgangssprachlich sagt, ist vornehmlich auf den Balearen, Katalonien, Andalusien und Valencia vorzufinden – alles Regionen am Mittelmeer. Dort regnet es meist im Frühjahr und im Herbst, teilweise sintflutartig. Dadurch, dass die Niederschlagsmenge von Norden nach Süden abnimmt, unterteilt man das Mittelmeerklima Spaniens noch in feuchtes und trockenes Klima. Barcelona beispielsweise zählt mit einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von 650 mm bereits eher zum feuchten Mittelmeerklima.

Das nebenstehende Klimadiagramm (Abb. 4) von Barcelona zeigt deutlich, dass vor allem in den Herbstmonaten September mit knapp unter 100 mm und im Oktober sogar über 100 mm viel Regen fällt. Vergleicht man den Oktober mit dem wärmsten Monat Juli (circa 30 mm Regen), so regnet es im Herbst verhältnismäßig viel. Die Sommermonate sind also relativ trocken und heiß – typisches feuchtes Mittelmeerklima für Barcelona. Die Wintermonate hingegen sind

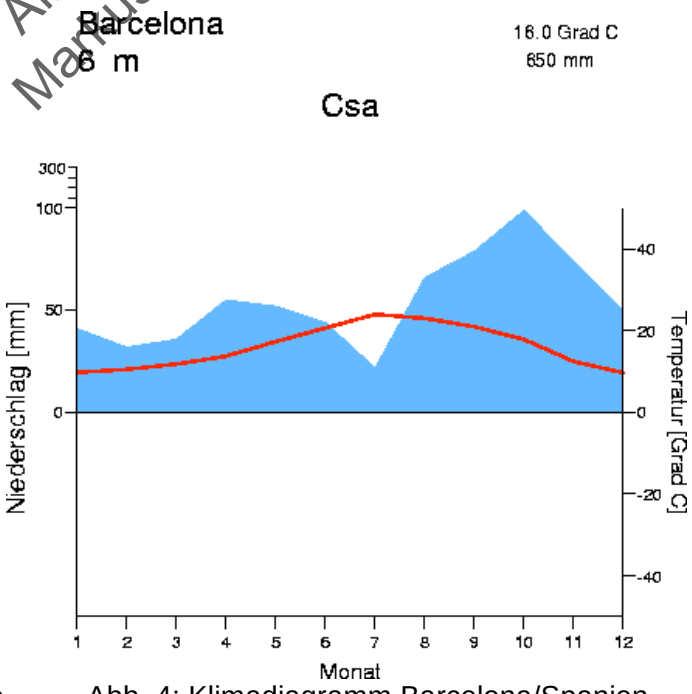


Abb. 4: Klimadiagramm Barcelona/Spanien (*Quelle*: http://www.klimadiagramme.de)

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Manus Gebhart 2013

recht feucht und mit etwa 10°C auch relativ kühl.

Im extremen Kontrast zu Barcelona steht zum Beispiel Almería, das an der Südost Spitze Spaniens liegt. Hier regnet es über das Jahr verteilt nur circa 215 mm. Die Sommermonate sind geprägt von Trockenheit und hohen Temperaturen bis 30° C. Im Herbst erlebt der Niederschlag mit knapp über 30 mm sein Maximum und wie vorhin bereits erwähnt, ist dieser Wert der Minimalwert Barcelonas. Die Temperaturen Almerías im Winter sind mit Durchschnittswerten von knapp 20°C recht mild und trocken. Wie man sieht zählt Almería zum ariden Mittelmeerklima, da es der Niederschlagswert ganzjährig unterhalb des Temperaturwertes liegt.

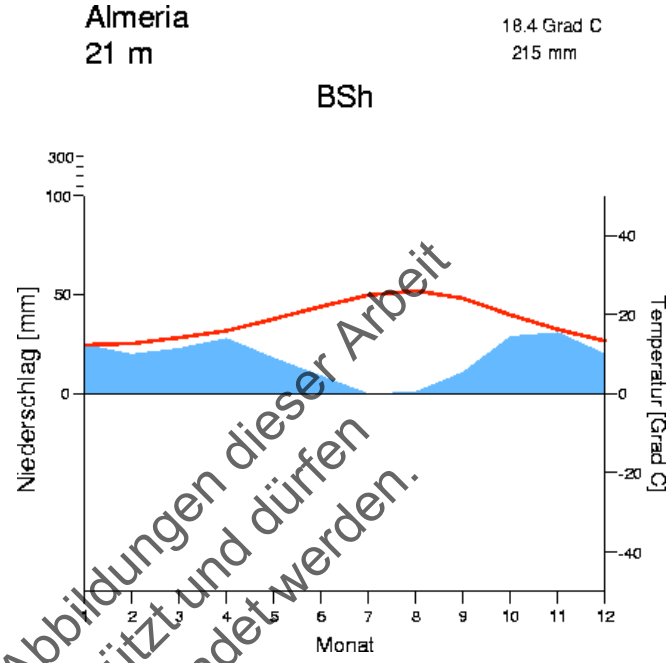


Abb. 5: Klimadiagramm Almería/Spanien (*Quelle*: http://www.klimadiagramme.de)

Ein weiteres Klima Spaniens ist das mediterran-subtropische Klima, das man vornehmlich auf den Kanarischen Inseln findet. Wegen der Nähe der Inselgruppe zum nördlichen Wendekreis zwischen dem 27. und 29. Breitengrad ist das Klima dort stets besonders angenehm. Dazu trägt entscheidend der gleichbleibend kühle Kanarenstrom bei, der die Temperaturen ausgleicht, „die Passatwinde halten die heißen Luftmassen aus der nahen Sahara meist fern.“ (SPANIENINFOS.ORG)

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

2.4.2 Nordafrika

Zu den Ländern Nordafrikas gehören wie auf der Karte ersichtlich, die West-Sahara, Marokko, Algerien, Tunesien, Libyen und Ägypten.

Abb. 6: North Africa Regions (*Quelle*: http://wikitravel.org)

Das Klima Nordafrikas – im Hinblick auf den Mittelmeerraum – ist in verschiedene Klimazonen zu untergliedern. Zum einen findet man im Westen, aber auch am Nildelta ein subtropisches Mittelmeerklima, zum anderen östlich des Niltales ein subatlantisches Wüstenklima. Um ein typisches Mittelmeerklima am Beispiel Nordafrikas herauszunehmen, nimmt man am Besten die Stadt Oran in Nordalgerien. Wie das rechtsstehende Klimadiagramm (Abb. 7), zeigt, handelt es sich bei der 90 m ü.NN. liegenden Stadt Oran, ähnlich wie bei Almería/Spanien um ein subtropisches Mittelmeerklima. Es ist geprägt von trockenen Sommermonaten bei Durchschnittshöchstwerten um 25° C und einem extremen Niederschlagsdurchschnittswert von nur knapp über 0 mm. Anders als in Almería sind die Wintermonate in Algerien jedoch verhältnismäßig feucht, weswegen von einem typischen Mittelmeerklima gesprochen werden kann.

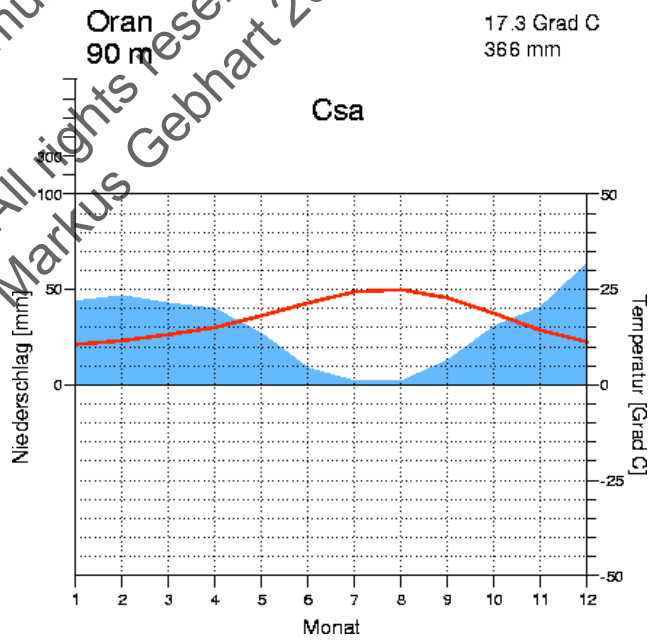


Abb. 7: Klimadiagramm: Oran/Algerien (*Quelle*: http://www.klimadiagramme.de)

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved.
Markus Gebhart 2013

Es gibt in Nordafrika auch andere Klimatypen, wie zum Beispiel das Wüstenklima in In Salah/Zentralalgerien. Das Wüstenklima ist nach KÖPPENS Klimaklassifikation in die Kategorie der Trockenklimate einzugliedern, welches durch zwölf trockene Monate mit ganzjährig sehr wenig oder gar keinen Niederschlägen geprägt ist. Die Winter sind verhältnismäßig warm und die Sommer mit Temperaturen um knapp 40° C sehr heiß.

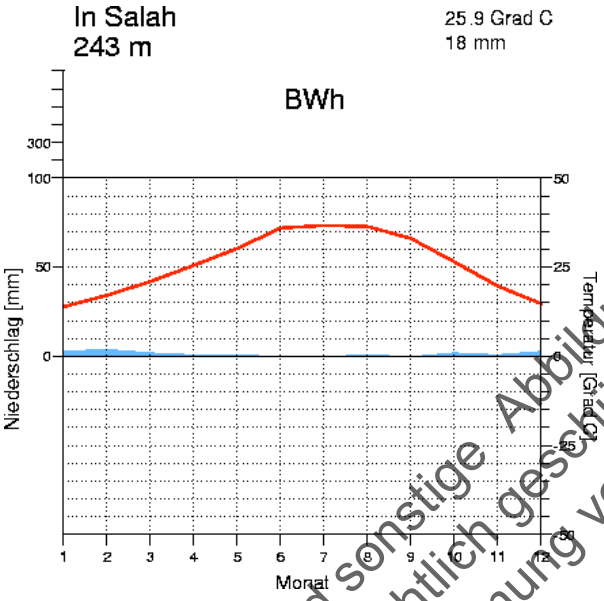


Abb. 8: Klimadiagramm In Salah/Zentralalgerien (*Quelle*: http://www.klimadiagramme.de)

Wie auf Abb. 8 erkennbar, sind die Winter in In Salah mit etwa 13° C im Januar relativ warm und die Sommer mit 37° C im Juli sehr heiß. Somit beträgt die Jahrestemperaturschwankung 24° C.

In Salah ist das ganze Jahr über arid, das heißt es regnet wenn überhaupt nur in den Wintermonaten. Die Jahresniederschlagsmenge beträgt lediglich 18 mm, wobei der Mai und November mit jeweils rund 4 mm die niederschlagsreichsten Monate sind. Von März bis August sowie im Oktober fällt überhaupt kein Niederschlag.

Es kann natürlich sein, dass im dargestellten Diagramm, Werte der letzten Jahrzehnte genommen wurden und somit ein durchschnittlicher Wert von 4 mm besagt, dass es in fünf Jahren einmal einen Regenguss von 40 mm gegeben hat und in den folgenden vier Jahren überhaupt keinen Niederschlag gab.

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

2.5 Klima im östlichen Mittelmeerraum

Nun kommen wir nach einiger Hinführung zum Thema auf den eigentlich entscheidenden Teil der Bachelorarbeit – das Klima des östlichen Mittelmeerraumes. Hierbei wird ein kurzer Vergleich von Nord – Süd – West und Ost im östlichen Mittelmeerraum immer näher hin zum griechischen Festland erklärt. Besonders im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes (siehe Abb. 9) wird der Nahe Osten behandelt und in diesem Zuge ebenfalls das westtürkische Klima, das dem griechischen bereits sehr ähnlich ist.

2.5.1 Der östliche Mittelmeerraum und die Levante

Abb. 9: östlicher Mittelmeerraum (*Quelle*: Google Earth (eigene Bearbeitung))

Wie auf Abb. 9 erkennbar, handelt es sich beim östlichen Mittelmeerraum um ein weitläufiges Gebiet, das im Nord-Westen Griechenland, im Osten die Türkei, Zypern und den Nahen Osten und im Süden Ägypten und Libyen umfasst. Wie bereits in Kapitel 2.3 erwähnt, gibt es unterschiedliche Klimate in den einzelnen Himmelsrichtungen.

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

2.5.2 Türkei / Vorderasien

Wollen wir uns zunächst dem Nahen Osten, der auch Levante (Morgenland) genannt wird und der Türkei widmen. In diesen Regionen, die sowohl den Libanon, wie das Westjordanland und den Gazastreifen in Israel beherbergen, herrscht überwiegend das mediterrane subtropische Klima.

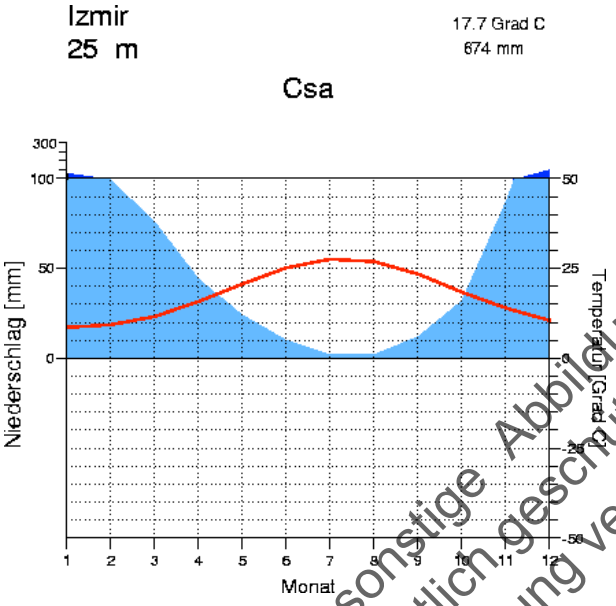


Abb. 10: Klimadiagramm Izmir/Türkei

(*Quelle*:http://www.klimadiagramme.de)

Das Westtürkische Klima ist geprägt von heißen Sommern, mit Höchstwerten von knapp 43° C in Izmir und kalten Wintern mit einem Minimalwert von bis zu - 4° C. Die stetigen Winde im Sommer sind verhältnismäßig starke Nordwestwinde (Etesien), im Winter dagegen kommen die meisten Winde aus südwestlicher und nordöstlicher Richtung. Die Niederschläge sind in dieser Region geringfügig, da die Sommer meist trocken ausfallen, jedoch gelegentlich mit einigen heftigen Gewittern. Dafür sind Winter und Frühling sehr regenreich, wie man auch im Klimadiagramm Abbildung 10 erkennen kann.

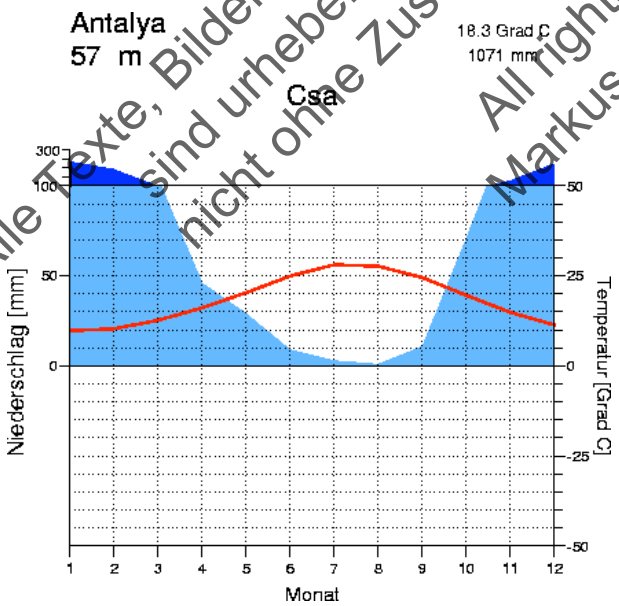


Abb. 11: Klimadiagramm Antalya/Türkei

(*Quelle*:http://www.klimadiagramme.de)

Im Süden der Türkei an der Mittelmeerküste ähnelt das Klima dem an der Westküste. Abbildung 11 zeigt ein Klimadiagramm von Antalya, das dem von Izmir stark gleicht, außer, dass im Winter und Frühling stärkere Niederschläge zu verzeichnen sind, womit sich natürlich auch der Gesamtjahresniederschlag auf 1071 mm erhöht. Die Temperaturen sind hier im Sommer ebenfalls bei etwa 25° C und im Winter mit über 10° C gemäßigt. Die Vegetation in diesem

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

mediterranen Klima gedeiht üppig, wobei die Kultivierung des Landes im Westen intensiver und ertragreicher ist als in der südlichen Türkei. (nach KENDREW, 1961:245f)

Im Nahen Osten, also in Syrien, Libanon und Israel, herrscht an den Küsten ein klassisches mediterranes Klima, ähnlich dem der Südküste Anatoliens. Längen- und Breitengrade der Region spielen natürlich eine maßgebende Rolle und sind unbestreitbare Faktoren für das Klima. Im Libanon gibt es neben dem subtropischen Klima auch ein klassisches Gebirgsklima in den Gebirgszügen, aber auch das Wüstenklima ist an der Grenze zu Syrien zu finden.

„Das Klima Vorderasiens wird weitgehend durch die Lage innerhalb des Hochdruckgürtels der Roßbreiten bestimmt. (...) Im Norden grenzt die gemäßigte Zone mit ihren wandernden Zyklonen an. (...) Die feuchte Tropenzone (..), die sich im Süden an den subtropischen Wüsten- und Steppengürtel anschließt, hat nur geringen Einfluß.“ (NEEF, 1970:292)

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gerhart 2013

2.5.3 Griechenland

Das griechische Klima ist weitgehend vom mediterranen Klima geprägt. Es gibt jedoch innerhalb Griechenlands kleinere Unterschiede zwischen den maritimen Küstenregionen und dem stark kontinentalen Klimaeinfluss im Landesinneren. Besonders was die Niederschläge in Griechenland betrifft, gibt es doch entscheidende Gegensätze. So sind in Westgriechenland die Niederschlagsmengen zwei- bis dreimal so hoch wie in den übrigen Regionen. Dies hängt mit der atmosphärischen Zirkulation in Verbindung mit der Verteilung der Oberflächentemperatur des Mittelmeeres und dessen komplexer Topographie zusammen.

P. MAHERAS und C. ANAGNOSTOPOULOU schreiben in Hans-Jürgen BOLLE'S Buch ‚*Mediterranean Climate – Variability and Trends*' (2003) in diesem Zusammenhang folgendes:

> „More specifically, as air masses move towards the east passing over the sea, they pick up moisture in their lower layers and become unstable. Condensation of the water vapour occurs as a result of topographic forcing

by the land and the mountains, such as the Pindus[5] in NW and centre Greece.“ (BOLLE, 2003:216)

Die beiden Autoren beschreiben, dass sich die Luftmassen Richtung Osten über das Meer bewegen und Feuchtigkeit in den unteren Schichten aufnehmen. Dadurch werden diese instabil, was bedeutet, dass die Kondensation des Wasserdampfes als Folge der topographischen Aufheizung durch das Land und die Berge tritt. Um die räumliche Verteilung des Niederschlages in Griechenland besser verstehen zu können, wurden täglich Niederschlagsdaten in 20 verschiedenen griechischen Messstationen aufgezeichnet, die knapp 40 Jahre – vom Januar 1958 bis Dezember 1997 – aufzeichneten. (nach BOLLE, 2003:217) Die Kykladen waren lange als die trockenste Region in Griechenland bekannt. Von praktischer Bedeutung ist die Tatsache, dass in vielen Teilen der Region die jährliche Niederschlagsmenge nicht die 400 mm übersteigt, zum Vergleich regnet es in der Ionischen See und Westgriechenland bemerkenswerterweise oft mehr als 900 mm pro Jahr. In diesen Teilen des Landes ist im Winter die Niederschlagsmenge am höchsten, während in Zentral- und Nordgriechenland geringere Mengen um diese Jahreszeit fallen. Im Frühling hingegen findet man mit mehr als 220 mm ein Maximum in Nordwestgriechenland, während der geringste Wert mit weniger als 90 mm in der Ägäis zu finden ist. In den Sommermonaten ist die räumliche Niederschlagsverteilung sehr stark auf den Norden begrenzt (etwa 100 mm), folglich regnet es im übrigen Land kaum. Der Westen erhält mit über 350 mm sein Niederschlagsmaximum, wohingegen die Kykladen mit nur 110 mm auskommen müssen. (nach BOLLE, 2003:217f)

Abbildung 12 zeigt die räumliche Verteilung der Jahresniederschlage in Griechenland – klar erkennbar der regenreiche Westen und die regenarmen Regionen der Ägäis und der Kykladen.

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

[5] Das Pindusgebirge befindet sich im Nordwesten Griechenlands und hat mit 2.632 m den zweithöchsten Gipfel des Landes

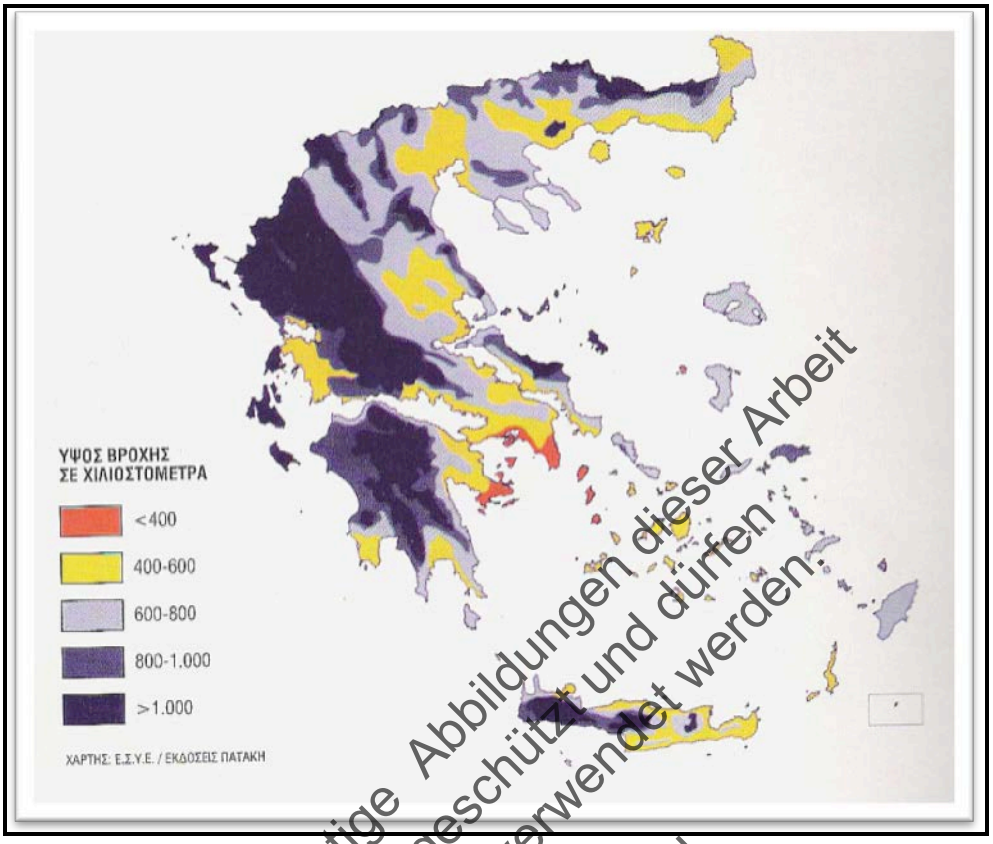


Abb. 12 Spatial Distribution of Precipitation in Greece (*Quelle*: http://nifada.com)

Wie wird sich der Niederschlag im Laufe der Zeit verändern? Abb. 13 zeigt die räumliche Verteilung der jahreszeitlich bedingten Regenmengen und deren lineare Trends. Im Winter und Herbst erkennt man anhand der Abbildung bedeutende Tendenzen der Niederschlagsmengen. Dabei stellt der Wert –2,4 mm pro Jahr das signifikante Konfidenzniveaus dar. Die Ionischen Inseln, die bergige Region im Westen sowie im Norden, Osten und Süden - Osten der Ägäis zeigen eine signifikante Abnahme der Niederschläge im Winter (3 – 6 mm pro Jahr). Im Frühling zeigt sich eine rückläufige Tendenz im größten Teil des Landes und im Sommer sind positive Trends erkennbar, die jedoch beide unbedeutend sind. Der Herbst präsentiert sich wieder mit bemerkenswert rückläufigen Tendenzen (die –1,1 mm pro Jahr stellen 95% des signifikanten Konfidenzniveaus dar) auf den Ionischen Inseln und in den Gebirgsregionen im Westen. (nach BOLLE, 2003: 222)

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gerhart 2013

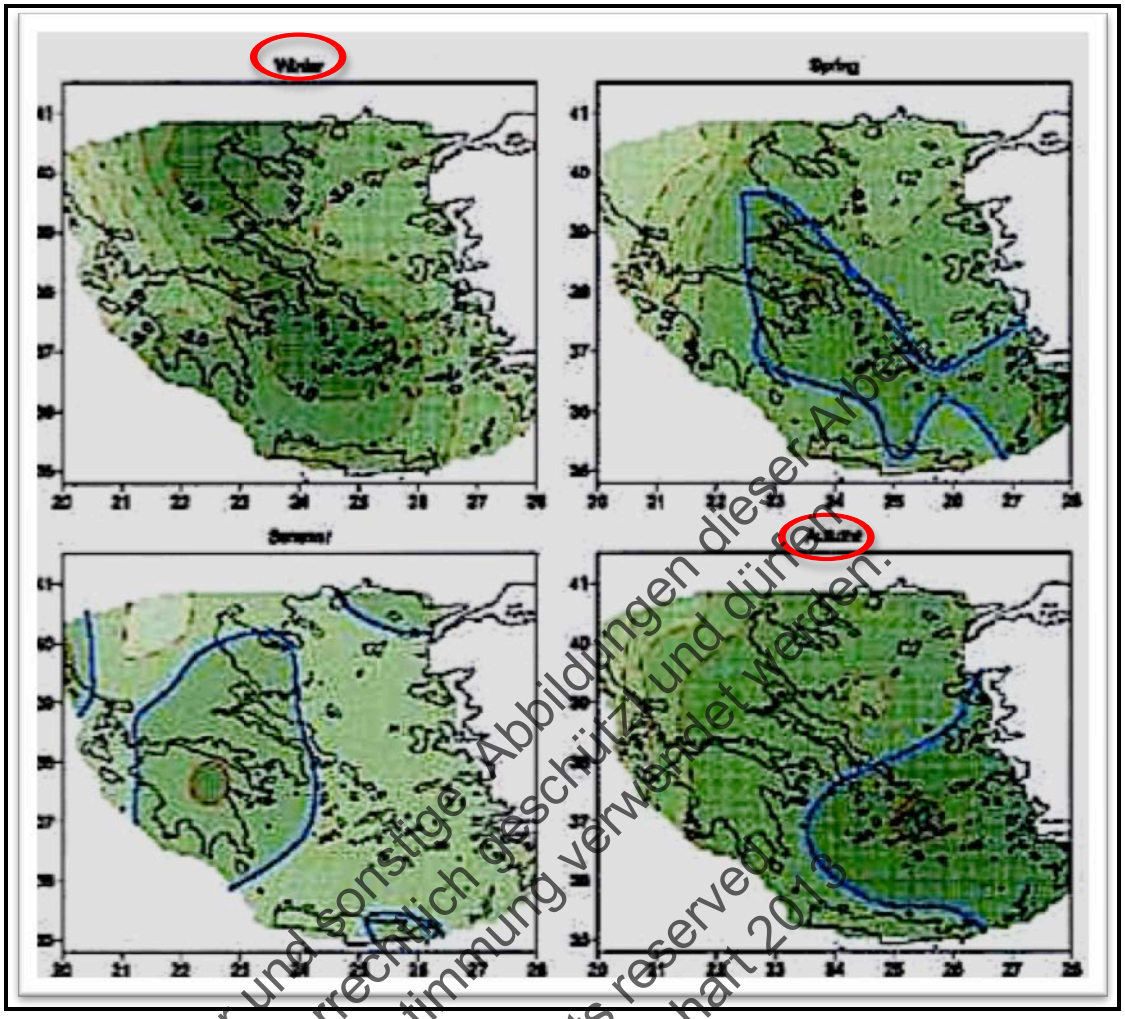


Abb. 13 Geographical distribution of the linear trend of seasonal precipitation amounts (*Quelle*: BOLLE, 2003:223, (eigene Bearbeitung))

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved.
Markus Gebhart 2013

In der Vergangenheit gab es auch extreme Phasen des Niederschlages. Angefangen bei dem feuchtesten Jahr 1962/1963 bis zum trockensten 1989/1990, im Vergleich zum Durchschnittswert, der von September 1958 – August 1997 errechnet wurde. Um die saisonale Entwicklung der extremen Dürreperiode analysieren zu können, werden die Mittelwerte des Niederschlags für jeden Monat des hydrologischen Jahres und die entsprechenden Werte der trockensten Periode 1989 - 1990 in Abbildung 14 und 15 miteinander verglichen. Abb. 14 zeigt mit der roten Linie den Jahresgang der Niederschläge pro Monat während des trockensten hydrologischen Jahres (1989/1990) und mit der grünen Linie während des feuchtesten Jahres (1962/1963) im Vergleich zur Aufzeichnungsperiode von 1958 – 1997 (blaue Linie). Dieser Extremfall stellt einen sehr ausgeprägten trockenen Winter mit fast normalen Niederschlägen im Herbst, Spätfrühling und Sommer dar. Abbildung 15 hingegen zeigt den jährlichen Verlauf der Zirkulationstypen C, Csw, Cnw und Cw für die hydrologisch

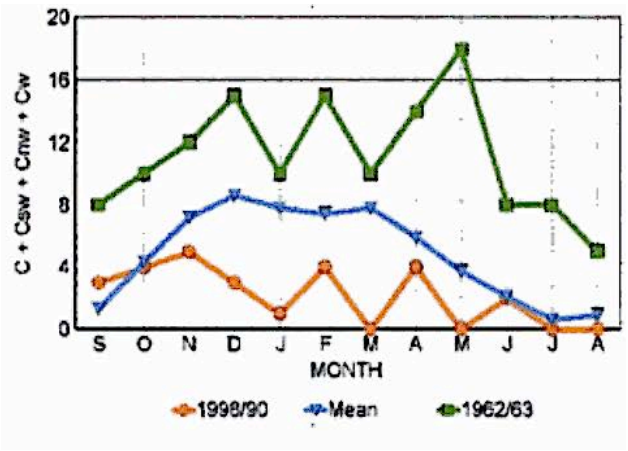


Abb. 14: Annual course of the precipitation (*Quelle*: BOLLE, 2003:234)

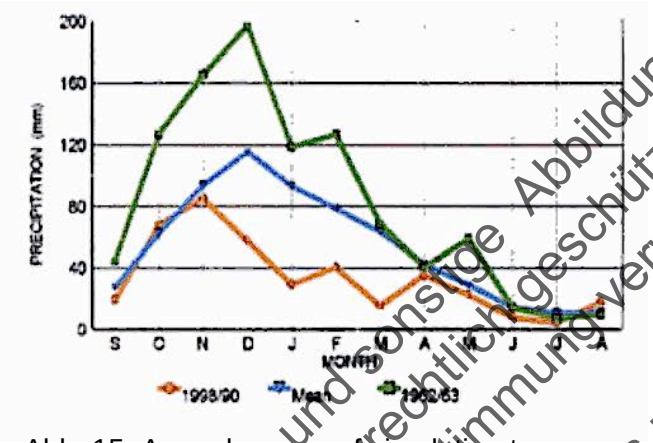


Abb. 15: Annual course of circulation types (*Quelle*: BOLLE, 2003:234)

interessanten Jahre 1989/90 (trockenstes Jahr – rote Kurve) und 1962/63 (feuchtestes Jahr – grüne Kurve). Beide Abbildungen hängen eng miteinander zusammen. Die Übereinkunft der entsprechenden Zahlen (monatliche Niederschläge und monatliche Häufigkeit der Zirkulationstypen) beider Abbildungen ist klar erkennbar. In diesen Fällen der extremen Ereignisse (trockenstes und feuchtestes Jahr) wird deutlich, dass die entscheidende Rolle von den vorhandenen Verbindungen zwischen den monatlichen Unregelmäßigkeiten der Regenmengen und den monatlichen Divergenzen der Häufigkeit der regenreichen Zirkulationstypen gespielt wird. P. MAHERAS und C. ANAGNOSTOPOULOU beschreiben in *'Circulation Types and Their Influence on the Interannual Variability'* den Zusammenhang der beiden Abbildungen wie folgt:

> „The agreement between the corresponding figures (monthly precipitation and monthly frequencies of circulation types) is obvious and in this case of extreme event shows the decisive role that is played by the identified links between anomalies monthly precipitation amounts and monthly anomalies frequencies of „rainy" circulation types." (nach BOLLE, 2003:233f)

Eine ähnliche Analyse wurde für das feuchteste Jahr 1962/63 durchgeführt, wobei ein ähnliches Muster der Assoziation zu erkennen ist. Aus Abb. 14 und 15 wird ersichtlich, dass Monate, die durch niedrigere oder höhere Niederschläge als der Durchschnittswert gekennzeichnet sind, Monaten entsprechen, die über den Normalwerten der monatlichen Häufigkeit der regenreichen Zirkulationstypen liegen.

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

3 Globaler Klimawandel und seine Auswirkungen auf den Mittelmeerraum

Der globale Klimawandel ist allgegenwärtig, man hört darüber in allen Medien. Da dieses Problem jedoch wie das Wort „global“ schon sagt, ein weltweites Problem ist, möchte ich nun speziell auf die Auswirkungen des Klimawandels auf mein Bakkalaureatarbeits-Untersuchungsgebiet – den Mittelmeerraum, insbesondere auf Griechenland – eingehen.

Bevor man sich über den Klimawandel und dessen Auswirkungen Gedanken macht, sollte man sich bewusst machen, dass das Klima schon immer natürlichen Schwankungen unterlag. Die natürlichen Faktoren des Klimawandels „sind abhängig von astronomischen und irdischen Einflüssen, mit denen sich die Ökosysteme der Erde in Zeiträumen bis zu Jahrtausenden hin arrangieren mussten und müssen.“ (FALK, 2002:30) Astronomische Faktoren, wie zum Beispiel die Erdbahn um die Sonne, die Schiefe der Ekliptik und die Sonneneinstrahlung haben eine große Auswirkung auf das Klima der Erde.

Der Mensch hat quasi erst in den letzten 200 Jahren entscheidend in den ‚natürlichen Klimawandel‘ eingegriffen, indem er Unmengen Kohlendioxid und Methan produziert hat. „Der CO_2 – Gehalt der Atmosphäre [stieg] seit Mitte des 18. Jahrhunderts von 280 ppm auf heute 345 ppm“ (HÄCKEL, 1999:407) an. Der ‚*anthropogene Klimawandel*‘ ist durch den hohen Verbrauch des Menschen an fossilen Energieträgern entstanden und heutzutage verbraucht der Mensch „pro Jahr soviel an fossiler Energie, wie in etwa 1 Mio. Jahre entstanden ist. (...) Der anthropogene Klimawandel ist vielmehr definiert als vom Menschen veranlasste Erhöhung des Gehaltes an Treibhausgasen in der Atmosphäre, genauer gesagt, als dadurch veranlasste energetische Veränderung.“ (FANSA, 2009:16f) HÄCKEL (1999) schreibt über vier verschiedene Szenarien und Denkansätze, was die Zukunft des Klimas betrifft. Sollte die CO_2 – Emission, wie bisher steigende Zuwachsraten verzeichnen, würde die Konzentration schon in 50 Jahren auf mehr als 500 ppm anwachsen (Variante 1). Bei einer Begrenzung der künftigen Steigerungsrate auf 1%, würde die Konzentration in den nächsten 50 bis 100 Jahren auf 500 bis 600 ppm anschwellen (Variante 2). Wenn die künftige CO_2 Freisetzung auf dem heutigen Stand eingefroren würde, würde sich die Konzentration in den nächsten 50 bis 100 Jahren auf 400 bis 500 ppm

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

entwickeln (Variante 3). Für den Fall, dass man die CO_2 – Freisetzung ab sofort jährlich um 2% reduziert, was man anstreben sollte, würde die Konzentration temporär dennoch auf knapp über 400 ppm anwachsen, dann jedoch mehr und mehr zurückgehen (Variante 4) (nach HÄCKEL, 1999:407). Steigt dieser Wert weiter an, so wird mittel- bis langfristig auch die weltweit gemittelte Temperatur ansteigen. „Wenn keine geeigneten Gegenmaßnahmen ergriffen werden, ist in den nächsten etwa 100 Jahren mit einem weltweit gemittelten Temperaturanstieg zwischen 1 und 3,5 Kelvin zu rechnen. Der wahrscheinlichste Wert ist 2 Kelvin." (HÄCKEL, 1999:410)

Durch den globalen Klimawandel werden viele Regionen betroffen sein, unter anderem „klimatische Übergangsbereiche wie der Mittelmeerraum, welcher zwischen subtropisch vollariden und außertropisch immerfeuchten Verhältnissen gelegen ist." (FANSA, 2009:45) Ein Ausflug in die Klimaentwicklung der jüngeren Vergangenheit zeigt, dass sich im „20. Jahrhundert eine globale Temperaturerhöhung von 0,6° C (± 0,2° C) feststellen" (FANSA, 2009:46) lässt.

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

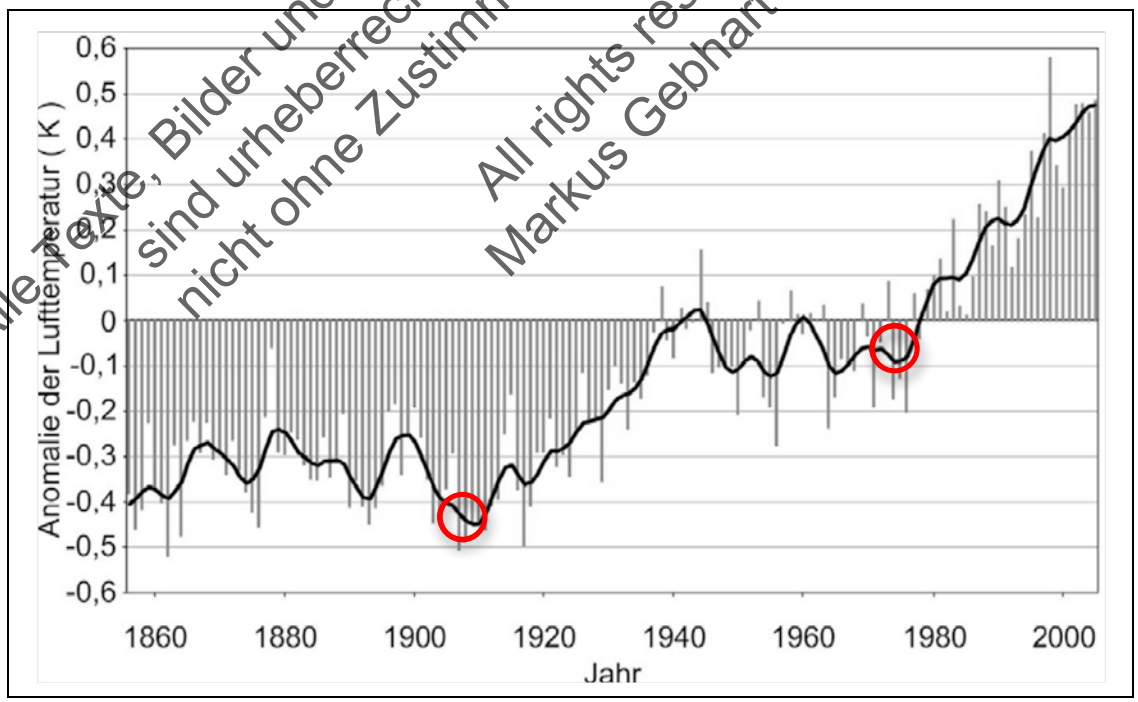


Abb. 16 Jahresmittel der globalen Lufttemperatur (*Quelle*: eigene Bearbeitung nach FANSA, 2009 (nach GERSTENGARBE, WERNER, 2007:34))

Abbildung 16 zeigt die Jahresmittel der globalen Lufttemperatur, wobei deutlich wird, dass im der Zeitraum von 1856 bis 2005 von zwei Abschnitten starker Erwärmung charakterisiert ist – zwischen 1910 und 1940 und etwa ab 1976 bis 2005. „Betrachtet man die räumliche Verteilung der Erwärmung, kann man feststellen, dass in den meisten Regionen der Erde eine Erwärmung auftrat, die deutlich stärker ausfällt als die wesentlich geringeren Temperaturabnahmen in den wenigen Abkühlungsgebieten. (GERSTENGARBE, WERNER 2007)“ (FANSA 2009:46) Wie Abbildung 17 zeigt, war der östliche Mittelmeerraum in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts einer dieser Abkühlungsgebiete – der westliche Mittelmeerraum hingegen unterlag eher einer winterlichen Erwärmungstendenz. „Dieses gegensätzliche Temperaturverhalten zwischen östlichem und westlichem Mittelmeerraum wird häufig mit dem Konzept der „mediterranen Oszillation“, einer Druckschaukel zwischen westlich-zentralem und östlichem Mittelmeergebiet, in Verbindung gebracht.“ (FANSA, 2009:46) JACOBEIT (2008:126) interpretiert die Karte aus Abbildung 17 in seinem Werk ‚*Neuere Perspektiven des Klimawandels*‘ insofern, dass die schwarzen Symbole die Signifikanz mit 95% Sicherheitswahrscheinlichkeit bezeichnen, bei den hellen Zeichen liegt das Vertrauensniveau bei rund 68%.

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

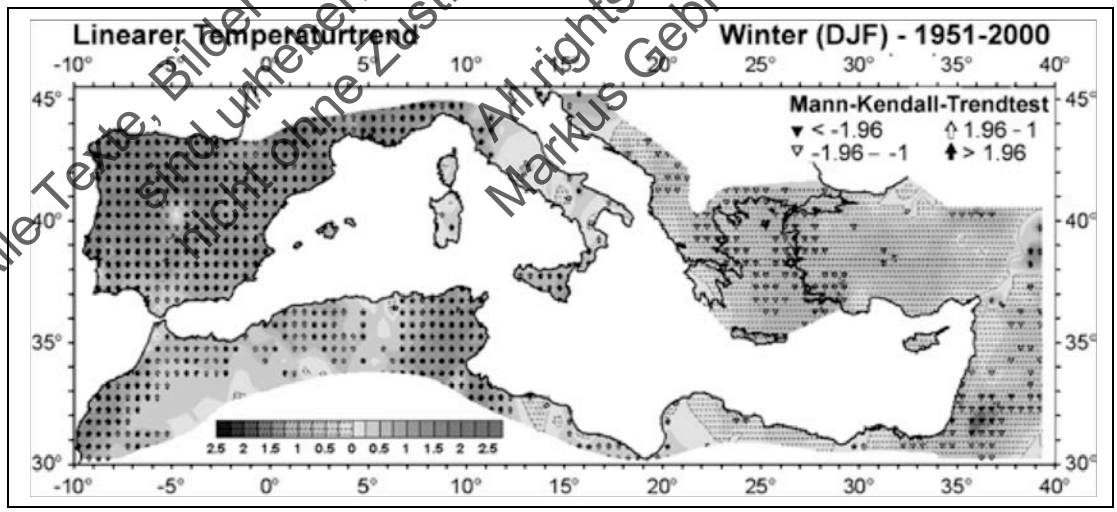


Abb. 17: Winterliche Temperaturtrends im Mittelmeerraum im Zeitraum 1951 – 2000 (Quelle: FANSA, 2009)

Die Mittelmeerregion steht sowohl ökologisch und ökonomisch besonders unter dem Einfluss des Klimawandels. Der Mittelmeerraum ist eine besonders empfindliche Region und klimatische Veränderungen wirken sich dort besonders stark aus. Durch diese momentan besonders im Mittelmeerraum stattfindende Erwärmung angezogen, hat sich beispielsweise die Anzahl exotischer Fische in den letzten Jahren drastisch erhöht. Die tropischen Fischarten konkurrieren mit den im Mittelmeer ansässigen Fischen um Nahrung und Lebensraum. Somit verdrängen sie, die durch die Erwärmung des Meeres geschwächten Fische in nördliche Richtung.

Im IPCC-ASSESSMENT REPORT 4 (Intergovernmental Panel on Climate Change) werden die Auswirkungen des Klimawandels für Griechenland mit Dürre und Hitzewellen (Südgriechenland) und damit verbundenen Waldbränden beschrieben. Wasserknappheit spielt ebenfalls eine tragende Rolle in diesem Bericht.

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

4 Trends bis 2060

Es ist natürlich immer schwierig Klimaprognosen zu treffen. Wer den Wetterbericht in den Abendnachrichten verfolgt, kann dies gut nachvollziehen. Dennoch soll in diesem vierten und letzten Kapitel präsentiert werden, welche Ergebnisse und Modellierungen der Klimaveränderung im Mittelemeerraum bereits unternommen wurden und welche Trends es bis ins Jahr 2060 gibt. Dabei stützt sich die Annahme hauptsächlich auf einschlägige Klimaforscher und auf den Einfluss des bereits beschriebenen globalen Klimawandels.

Die Mittelmeerregion, die zum momentanen Zeitpunkt schon am schlimmsten unter den Folgen des Klimawandels zu leiden hat, wird in Zukunft eine Verstärkung der jetzigen negativen Situationen erfahren. Da sich in dieser Region die Temperaturen aufgrund der globalen Erwärmung wahrscheinlich weiter erhöhen und die Niederschläge zunehmend ausfallen werden, wird es dort innerhalb eines Jahres zu mehreren Trocken- und Dürreperioden kommen. Dadurch wird sich vermutlich die Zahl der Waldbrände erhöhen, was wiederum zu Verlusten von Acker und Kulturland führt. Die Folgen sind geringere Ernteerträge oder sogar häufiger Ernteausfälle. Verschiedene Quellen prophezeien, dass lang andauernde, gesundheitsgefährdende Hitzewellen und vermehrte Quallenplagen Touristen in großer Zahl abschrecken werden. Außerdem wird laut vielen Experten die Tourismusbranche auf Grund dessen in Zukunft voraussichtlich große Verluste zu verzeichnen haben.

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gerhart 2015

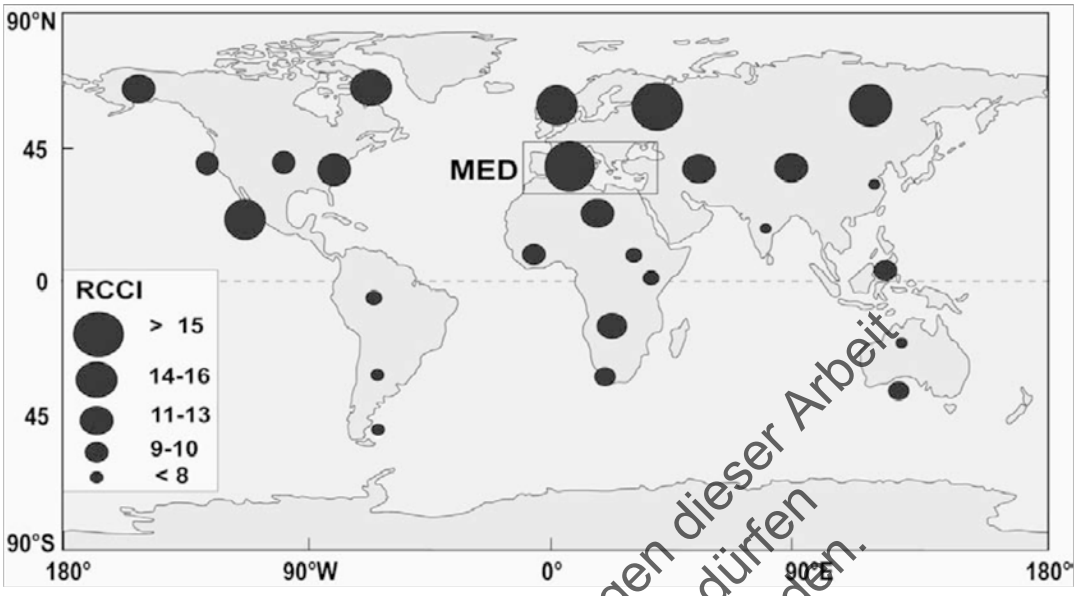
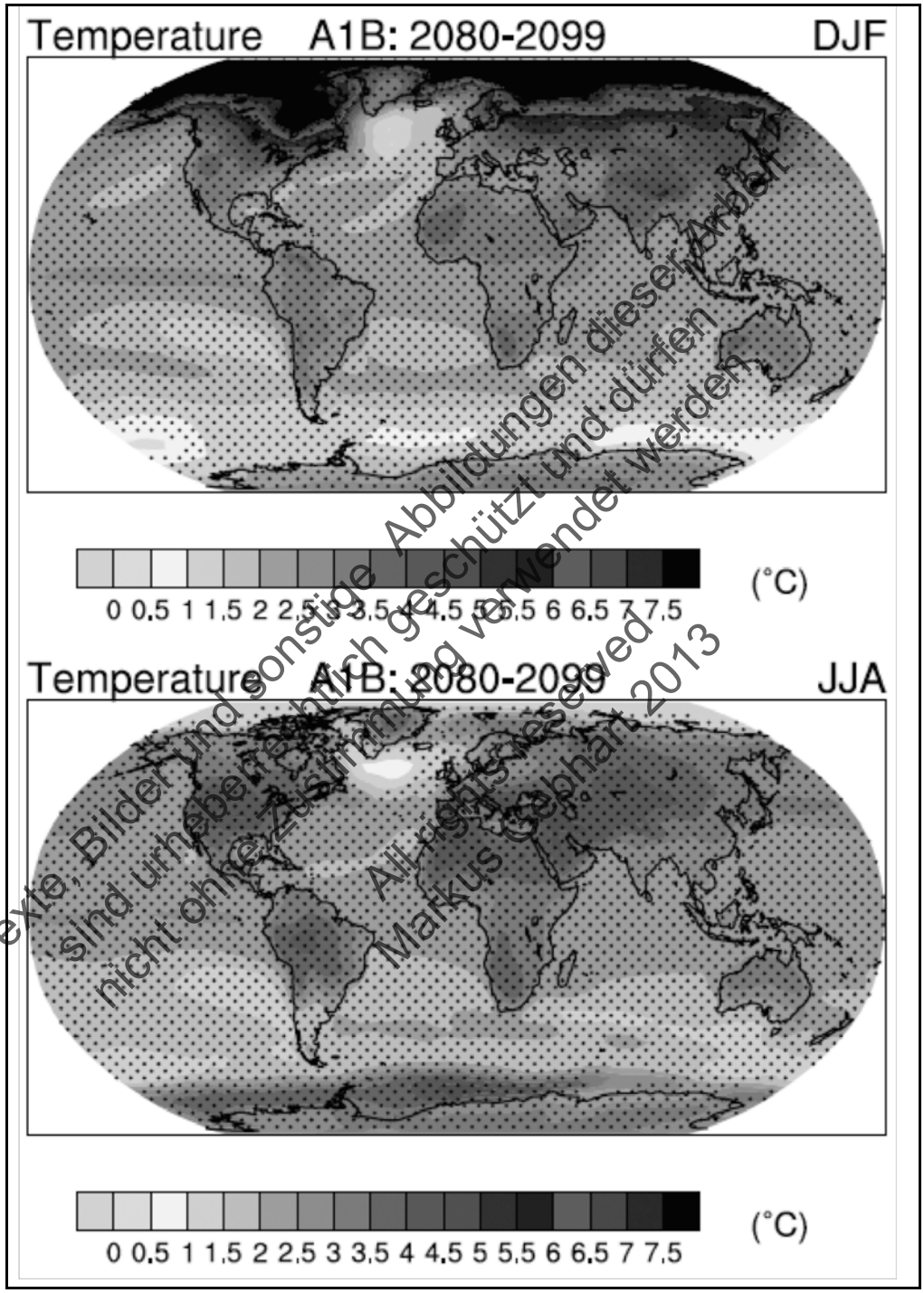


Abb. 18: Regional climate change index (RCCI) (*Quelle*: FANSA, 2009)

Wie Abbildung 18 zeigt, reagiert der Mittelmeerraum „besonders stark auf den globalen Klimawandel (..), bedingt vor allem durch die abgeschätzte negative Entwicklung und die Erhöhung der interannuellen Niederschlagsvariabilität." (FANSA, 2009:50)

„Für das mittlere Emissionsszenario A1B, das global orientiert ist und von einem starken ökonomischen Wachstum, einer geringen Bevölkerungszunahme, einem hohen technologischen Fortschritt und einer ausgeglichenen Mischung bei der Verwendung verschiedener Energieträger im 21. Jahrhundert ausgeht, liegt die mit dynamischen Modellen abgeschätzte globale Temperaturerhöhung bei 2,8° C im Zeitabschnitt 2080 – 2099 im Vergleich zu den Jahren 1980 – 1999" (FANSA, 2009:47) Abbildung 19 zeigt, dass über den Landflächen prinzipiell ein stärkerer Temperaturanstieg zu verzeichnen ist, als über den Ozeanen. Außerdem erhöht sich die Temperatur im Winter außerordentlich in den nördlichen Breiten. Weniger Erwärmung ist in diesem Modell des IPCC in den südlichen Ozeanen und dem Nordatlantik unterhalb Grönlands zu finden.

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013



Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

Abb. 19: gemittelte Temperaturänderung (°C) für Winter (oben) und Sommer (unten) (*Quelle*: FANSA, 2009)

Abschließend möchte ich mit der Mahnung an die Öffentlichkeit von der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft aus dem Jahr 1987 eine Denkanregung geben:

> *„Fest steht, daß die Klimaänderungen neben dem Krieg mit Kernwaffen eine der größten Gefahren für die gesamte Menschheit darstellen. Besonders fatal ist, daß sich Klimaänderungen nicht spektakulär ankündigen, sondern im Lauf von Jahrzehnten ganz langsam in Erscheinung treten. Sind sie aber erst einmal deutlich sichtbar geworden, so wird keine Eindämmung mehr möglich sein.“* (HÄCKEL, 1999:413)

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.

All rights reserved
Markus Gebhart 2013

LITERATURVERZEICHNIS

Literaturquellen

- BLÜTHGEN, Joachim (1966). *Allgemeine Klimageographie* (2. Auflage). Berlin: Walter de Gruyter & Co
- BOLLE, Hans-Jürgen (Ed.) (2003). *Mediterranean Climate – Variability and Trends*. Berlin: Springer-Verlag Berlin
- BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFAHRT UND HYDROGRAPHIE (1996). *Klima und Wetter im Mittelmeer* (Sonderdruck aus Mittelmeer-Handbuch, III. Teil, 9. Auflage). Hamburg
- DI CASTRI, Francesco & MOONEY, Harold A. (Ed.) (1973). *Mediterranean Type Ecosystems*. Berlin: Springer-Verlag Berlin
- FALK, Gregor C. et al. (2002): *Fundamente, Kursthemen, Physische Geographie*. Gotha: Klett-Perthes Verlag GmbH
- FANSA, Mamoun & RITZAU, Carsten (2009). *Klimawandel – globale Herausforderung des 21. Jahrhunderts*. Schriftenreihe des Landesmuseums Natur und Mensch, Heft 67. Oldenburg. Primus Verlag GmbH Darmstadt
- GOOD P., GIANNAKOPOULOS C., FLOCAS H., TOLIKA K., ANAGNOSTOPOULOU Chr., MAHERAS P. (2007): Significant changes in the regional climate of the Aegean during 1961-2000. *International Journal of Climatology,* DOI: 10.1002/joc.1660
- HÄCKEL, Hans (1999). *Meteorologie* (4. Auflage). Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- HEMPEL, Ludwig (1998). *Kalte und warme Regionalwinde über dem östlichen Mittelmeer und der Ägäis zwischen Griechenland und Nordafrika* (Berichte aus dem Arbeitsgebiet Entwicklungsforschung Heft 29). Münster: Westfälische Wilhelm-Universität Münster
- JACOBEIT, J. (2008). Neuere Perspektiven des Klimawandels. In: E. Kulke, H. Popp (Hrsg.), Umgang mit Risiken. Katastrophen – Destabilisierung – Sicherheit. Bayreuth. Berlin
- KENDREW, W.G. (1961). *The climates of the continents* (5th edition). Oxford: Oxford University Press

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

- KUTIEL, H., MAHERAS, P. and GUIKA, S., (1996): Circulation and extreme rainfall conditions in the Eastern Mediterranean during the last century. *Int. J. Climatol.*, 16, 73-92.
- LIONELLO, P., MALANOTTE-RIZZOLI & BOSCOLO R. (2006). *Mediterranean Climate Variability* (1st edition). Amsterdam: Elsevier B.V.
- MAHERAS, P., BALAFOUTIS, Ch., and VAFIADIS, M., (1992). Precipitation in the Central Mediterranean During the Last Century. *Theor. Appl. Climatol*, 45, 209-216.
- MAHERAS P., FLOCAS H., TOLIKA K., ANAGNOSTOPOULOU C. and VAFIADIS M. (2006). Circulation Types and extreme temperature changes in Greece. *Climate Research,* 30(2), 161-174
- MAHERAS, P., PATRIKAS, I., KARACOSTAS, Th. and ANAGNOSTOPOULOU, Ch., (2000). Automatic classification of circulation types in Greece: Methodology, description, frequency, variability and trend analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 67, 205-223.
- MARIOTTI, A., N. ZENG, and K.-M. LAU (2002). Euro-Mediterranean rainfall and ENSO-a seasonally varying relationship, Geophysical Research Letters 29, No. 12, 59/1-59/4
- MARTYN, Danuta (1992). Developments in Atmospheric Science, 18 – *Climates of the World*. Warsaw: PWN – Polish Scientific Publishers
- MÖLLER, Detlev (Hrsg.) (2005) Klimawandel – vom Menschen verursacht?, 8. Symposion Mensch – Umwelt. Erfurt: Akademie gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt
- MORENO, José M. & Oechel, Walter C. (Ed.) (1995). *Global Change and Mediterranean-Type Ecosystems*. New York: Springer-Verlag New York
- NEEF, Ernst (1970). *Das Gesicht der Erde* (3. verbesserte Auflage). Frankfurt/Main und Zürich: Verlag Harri Deutsch
- SCHNEIDER, Stephen H. (1996). *Encyclopedia of climate and weather L – Z* (Vol. 2). Oxford: Oxford University Press
- WAGNER, Horst-Günter (2001). *Mittelmeerraum.* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

Sonstige Quellen

Online-Quellen:

- BEIER, U. (2004): Meltemi: ein griechisch-türkischer Sommerwind – Erläuterungen zu seiner Entstehung <http://www.kanu.de/nuke/downloads/Meltemi.pdf> (Stand: 2004-06-09) (Zugriff: 2010-03-09, 13:33)
- KASANG, D. (2007): Ozean und Klima: El Niño <http://www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/klima/klimawandel/ozean/enso/europa.html> (Stand: 2007-07-27) (Zugriff: 2010-04-28)
- Europäisches Segel-Informationssystem: Winde im Mittelmeer: Der Meltimi
  Autor: WALTER, P.O., <http://www.esys.org/wetter/meltemi.html>
  (Stand: 2008-03-13) (Zugriff: 2010-03-09, 14:30)
- IPCC Assessment Report 4 <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter12.pdf> (Stand: 2007) (Zugriff: 2010-04-17) :
- MAI, Petra & Peter (2001): Mittelmeerdaten <http://www.mittelmeerbasar.de/Wissenswertes/Mittelmeerdaten/mittelmeerdaten.html> (Zugriff: 2010-01-24, 13:22)
- MELTEMI MEDIA <http://www.meltemi-media.de/MELTEMIMEDIA/meltemi.html> (Stand: 2007) (Zugriff: 2010-06-19)
- MINERALIENATLAS <http://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Messinische%20Salinitätskrise> (Stand: 2008-06-24)
- MONEO, Marta and IGLESIAS Ana (2008): Trockenheit bestimmende Faktoren in der Welt und im Mittelmeerraum. Universidad Politécnica de Madrid/España <http://www.atmosphere.mpg.de/enid/3__Trockenheit_im_Mittelmeerraum/-_Faktoren_in_Trockenperioden_3u8.html> (Stand: 2008-01-23) (Zugriff: 2010-05-19)

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

- SPANIENINFOS.ORG
  < http://www.spanieninfos.org/spanien-reisefuehrer/gran-canaria.php >
  (Stand: 2010-04-16) (Zugriff: 2010-04-20)
- WAVETECH GEOPHYSICAL INC.
  < http://www.wavetechgeo.com/Italy/Italy_Paper.htm >
  (Stand: 1998) (Zugriff: 2010-07-25)

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.

All rights reserved
Markus Gebhart 2013

TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.1: Mittelmeerländer:

Quelle: http://www.mittelmeerbasar.de/Wissenswertes/Landkarte.jpg 2

Abb. 2: Upper Miocene paleogeography

Quelle: http://www.wavetechgeo.com/Italy/Italy_Pics/Figure%2021.gif 3

Abb. 3: Meltemi Entstehung:

Quelle: http://www.esys.org/wetter/meltemi-nasasat-hq.jpg 5

Abb. 4: Klimadiagramm Barcelona/Spanien

Quelle: http://www.klimadiagramme.de/Europa/barcelona.html 9

Abb. 5: Klimadiagramm Almería/Spanien

Quelle: http://www.klimadiagramme.de/Europa/almeria.html 10

Abb. 6: North Africa Regions

Quelle: http://wikitravel.org/upload/shared//1/16/Map-Africa-North_Africa_Regions.png 11

Abb. 7: Klimadiagramm Oran/Algerien

Quelle: http://www.klimadiagramme.de/Afrika/Plots/oran.gif 11

Abb. 8: Klimadiagramm In Salah/Zentralalgerien

Quelle: http://www.klimadiagramme.de/Afrika/Plots/insalah.gif 12

Abb. 9: östlicher Mittelmeerraum

Quelle: Google Earth (eigene Bearbeitung) 13

Abb. 10: Klimadiagramm Izmir/Türkei

Quelle: http://www.klimadiagramme.de/Europa/Plots/izmir.gif 14

Abb. 11: Klimadiagramm Antalya/Türkei

Quelle: http://www.klimadiagramme.de/Europa/Plots/antalya.gif 14

Abb. 12: Spatial Distribution of Precipitation in Greece

Quelle: http://nifada.com/Temp/greecerain.jpg 17

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

Abb. 13: Geographical distribution of the linear trend of seasonal precipitation amounts
Quelle: BOLLE, Hans-Jürgen (Ed.) (2003). *Mediterranean Climate – Variability and Trends. Seite 223 (eigene Bearbeitung* 18

Abb. 14: Annual course of the precipitation
Quelle: BOLLE, Hans-Jürgen (Ed.) (2003). *Mediterranean Climate – Variability and Trends. Seite 234* 19

Abb. 15: Annual course of circulation types
Quelle: BOLLE, Hans-Jürgen (Ed.) (2003). *Mediterranean Climate – Variability and Trends. Seite 234* 19

Abb. 16: Jahresmittel der globalen Lufttemperatur
Quelle: eigene Bearbeitung aus FANSA, 2009:46 21

Abb. 17: Winterliche Temperaturtrends im Mittelmeerraum im Zeitraum 1951 – 2000
Quelle: FANSA, 2009:47 22

Abb. 18: Regional climate change index (RCCI)
Quelle: FANSA, 2009:50 25

Abb. 19: gemittelte Temperaturänderung (°C) für Winter (oben) und Sommer (unten)
Quelle: FANSA, 2009:48 26

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.
All rights reserved
Markus Gebhart 2013

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als diese kenntlich gemacht worden.

Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ich bin mir bewusst, dass eine unwahre Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Salzburg, den 13. Oktober 2010

Unterschrift des Verfassers _____

Alle Texte, Bilder und sonstige Abbildungen dieser Arbeit sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Zustimmung verwendet werden.

All rights reserved
Markus Gebhart 2013