

## Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich

Endbericht



bm:bwk



ÖSTERREICHISCHE  
NATIONALBANK



umweltbundesamt<sup>U</sup>

Februar 2005



# StartClim2004

## Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich

### Endbericht

#### Projektleitung

Institut für Meteorologie  
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur  
Univ.-Prof. Dr. Helga Kromp-Kolb.

#### Auftraggeber

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft  
Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit  
Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur  
Österreichische Nationalbank  
Österreichische Hagelversicherung  
Umweltbundesamt  
Verbund AHP

#### Administrative Projektkoordination

Umweltbundesamt

Wien, Februar 2005

**StartClim2004**

**„Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich“**

ist die Fortsetzung von

**StartClim**

**“Startprojekt Klimaschutz: Erste Analysen extremer Wetterereignisse  
und ihrer Auswirkungen in Österreich“**

Projektleitung: Institut für Meteorologie  
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt  
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)  
Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien  
URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>  
<http://austroclim.boku.ac.at/startclim/>  
<http://www.wau.boku.ac.at/met.html>

**Redaktion**

Helga Kromp-Kolb und Ingeborg Schwarzl,  
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur

Wien, Februar 2005

## Beiträge aus StartClim2004

**StartClim2004.A: Analyse von Hitze und Dürreperioden in Österreich; Ausweitung des täglichen StartClim Datensatzes um das Element Dampfdruck**

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Ingeborg Auer, Eva Korus, Reinhard Böhm, Wolfgang Schöner

**StartClim2004.B: Untersuchung regionaler Klimaänderungsszenarien hinsichtlich Hitze- und Trockenperioden in Österreich**

Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur

Herbert Formayer, Petra Seibert, Andreas Frank, Christoph Matulla, Patrick Haas

**StartClim2004.C: Analyse der Auswirkungen der Trockenheit 2003 in der Landwirtschaft Österreichs – Vergleich verschiedener Methoden**

ARC Seibersdorf research

Gerhard Soja, Anna-Maria Soja

Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur

Josef Eitzinger, Grzegorz Gruszczynski, Mirek Trnka, Gerhard Kubu, Herbert Formayer

Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur

Werner Schneider, Franz Suppan, Tatjana Koukal

**StartClim2004.F: Weiterführung und Ausbau von MEDEA (Meteorological extreme Event Data information system for the Eastern Alpine region)**

Umweltbundesamt

Martin König, Herbert Schentz, Katharina Schleidt

IIASA

Matthias Jonas, Tatiana Ermolieva

**StartClim2004.G: „Hängen Hitze und Leistungsfähigkeit zusammen?“**

**Ein Projekt an der Schnittstelle Wissenschaft und Bildung**

Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur

Ingeborg Schwarzl, Elisabeth Lang, Erich Mursch-Radlgruber

### **Wissenschaftlicher Beirat**

Prof. Dr. Martin Beniston, Université Fribourg

Dr. Gerhard Berz, Münchener Rückversicherung

Dr. Jill Jäger, Initiative on Science and Technology for Sustainability

### **Koordinierungsgremium**

#### **Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft**

Elfriede Fuhrmann, Helmut Hojesky, Birgit Kaiserreiner,  
Barbara Kronberger-Kieswetter, Renate Mayer, Drago Pleschko, Heinz Stiefelmeyer,  
Stefan Vetter

#### **Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur**

Martin Smejkal

#### **Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit**

Eva Dolak, Herwig Dürr, Elisabeth Kasal

#### **Österreichische Hagelversicherung**

Verena Maria Dietmaier, Alexander Mayr-Harting, Stefan Oitzl, Kurt Weinberger

#### **Österreichische Nationalbank**

Johann Jachs, Martin Much

#### **Umweltbundesamt**

Karl Kienzl, Martin König

#### **Verbund AHP**

Otto Pirker

### **Administrative Projektkoordination**

Umweltbundesamt

Martin König, Karl Kienzl

### **Danksagung -**

Zur Durchführung von StartClim2004 und zur Entstehung des Endberichtes haben maßgeblich beigetragen:

- Ingeborg Schwarzl, als Koordinations- und Redaktionsassistentin
- Andreas Türk und Andrea Stocker als Gestalter und Betreuer der Homepage
- Martin König als administrativer Projektkoordinator und
- Helga Nefzger und Susanne Ostertag durch Übernahme von Teilaufgaben

Ihnen allen sei herzlich gedankt.



## Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> -----	<b>9</b>
<b>1 Die Forschungsinitiative StartClim</b> -----	<b>13</b>
<b>1.1 Entstehung von StartClim</b> -----	<b>13</b>
<b>1.2 StartClim2004</b> -----	<b>14</b>
1.2.1 <i>Zielstellung</i> -----	14
1.2.2 <i>Gliederung des Berichtes</i> -----	14
1.2.3 <i>Arbeitsweise von StartClim2004</i> -----	14
<b>1.3 StartClim2003 – Retrospektive</b> -----	<b>15</b>
<b>2 Teilprojektergebnisse</b> -----	<b>17</b>
<b>2.1 StartClim2004A: Analyse von Hitze und Dürreperioden in Österreich; Auswertung des täglichen StartClim Datensatzes auf das Element Dampfdruck</b> -----	<b>17</b>
2.1.1 <i>Analyse von Hitzeperioden</i> -----	17
2.1.2 <i>Analyse von Trockenperioden</i> -----	18
2.1.3 <i>Ausweitung des StartClim Datensatzes um das Element Dampfdruck 20</i>	
2.1.4 <i>Forschungsbedarf</i> -----	20
<b>2.2 StartClim2004B: Untersuchung regionaler Klimaänderungsszenarien hinsichtlich Hitze- und Trockenperioden in Österreich</b> -----	<b>20</b>
2.2.1 <i>Einleitung</i> -----	20
2.2.2 <i>Methodik</i> -----	21
2.2.3 <i>Ergebnisse</i> -----	22
2.2.4 <i>Forschungsbedarf</i> -----	23
<b>2.3 StartClim2004C: Analyse der Auswirkungen der Trockenheit 2003 in der Landwirtschaft Österreichs – Vergleich verschiedener Methoden</b> --	<b>24</b>
<b>2.4 StartClim2004F: Weiterführung und Ausbau der Ergebnisdatenbank MEDEA</b> -----	<b>27</b>
<b>2.5 StartClim2004G: Hängen Hitze und Leistungsfähigkeit zusammen? Ein Projekt an der Schnittstelle Wissenschaft-Bildung:</b> -----	<b>29</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> -----	<b>32</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> -----	<b>36</b>
<b>Anhang</b> -----	<b>38</b>



## Kurzfassung

In der Klimaforschung tätige österreichische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bildeten im Jahr 2002 unter dem Namen „AustroClim“ eine Forschungsplattform, die sich in fächerübergreifender Kooperation den Herausforderungen des Klimawandels an die Wissenschaft stellen und die erforderlichen Entscheidungen in Politik, Wirtschaft und bei jeder einzelnen Person durch Bereitstellung einer wissenschaftlichen Basis unterstützen will. Der Forderung von AustroClim nach koordinierter Klimaforschung folgend, haben auf Initiative des Umweltministers sechs Finanzierungspartner für das Jahr 2003 gemeinsam das „Startprojekt Klimaschutz - Erste Analysen extremer Wetterereignisse und ihrer Auswirkungen in Österreich“ (StartClim2003 ) in Auftrag gegeben.

StartClim wurde im Jahr 2004 fortgesetzt und versteht sich inzwischen als ein Forschungsprogramm das hilft, Anfänge zu setzen. Dies gilt vor allem thematisch, indem Projekte gefördert werden, die Fragestellungen aufgreifen, die für Österreich neu sind. Diese werden in StartClim so weit geführt, dass darauf aufbauend weiterführende Anträge bei geeigneten Forschungsförderungseinrichtungen gestellt werden bzw. Aufträge von interessierten Nutzern vergeben werden können.

Für StartClim2004 haben das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur und die Österreichische Hagelversicherung zusätzliche Mittel zur Verfügung gestellt. Die Österreichische Nationalbank unterstützt StartClim über den Jubiläumsfonds. Die Verbund AHP konnte als neuer Partner gewonnen werden. Das Umweltbundesamt Wien hat, wie auch schon 2003, die administrative Projektkoordination des Startprojektes Klimaschutz übernommen. Auftragnehmer ist wieder – stellvertretend für die AustroClim Forschungsplattform – Univ.-Prof. Dr. Helga Kromp-Kolb, Institut für Meteorologie der Universität für Bodenkultur.

In StartClim2004 wurde der Schwerpunkt „Hitze und Trockenheit“ ausgewählt. Damit wurde eine erste Aufarbeitung des Extremjahres 2003 ermöglicht. Fünf Einzelprojekte widmeten sich konkreten Fragestellungen zu obiger Thematik.

Im Rahmen von Projekt **StartClim2004.A** wurden die nach StartClim2003 verfügbaren Datenreihen einerseits um einen Feuchteparameter ergänzt, andererseits erfolgte eine Auswertung hinsichtlich Hitze- und Trockenheitsperioden.

Die Anzahl der Hitzetage hat sich seit Mitte des vorigen Jahrhunderts um mehr als 25 Tage in den niedrigeren Seehöhen erhöht, etwa 1 bis 2 Tage mehr verzeichnen Höhenlagen um 700m. Das bedeutet, dass sich die Zahl der Hitzetage wesentlich erhöht hat.

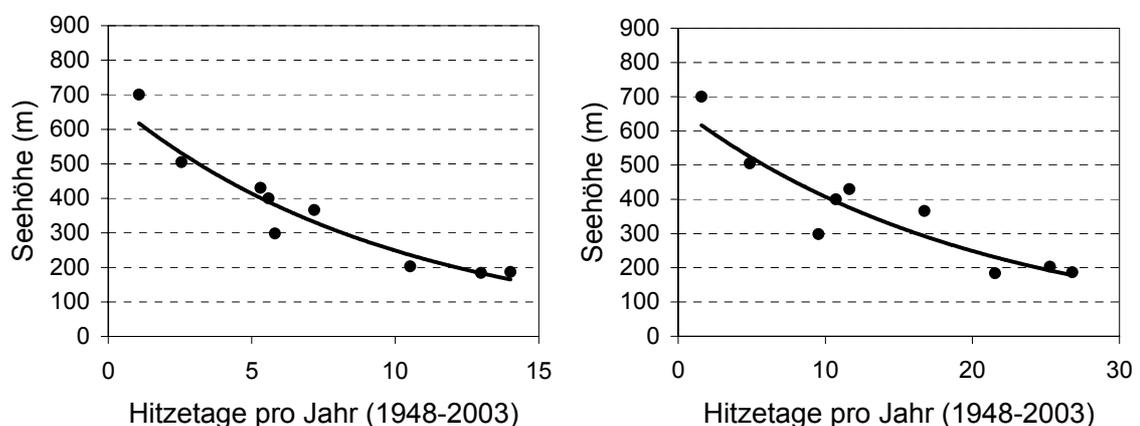


Abb.: Hitzetage nach Kyselý pro Jahr (links) und Zunahme der Hitzetage (rechts) in Abhängigkeit von der Seehöhe im Zeitraum 1948 bis 2003 im Norden, Osten und Südosten Österreichs.

Im Einzelnen erbrachte die Analyse ausgewählter Stationen des qualitätsgeprüften StartClim Datensatzes nach den Häufigkeiten von Hitze- und Trockenperioden in Österreich sehr differenzierte Ergebnisse. Lokale Einflüsse können einen Gutteil der gegebenen Höhenabhängigkeit wettmachen.

Die Veränderlichkeit der Zahl der Trockenperioden hängt vom Ort, von der Dauer der Periode und der Jahreszeit ab. Ein bundesweit einheitliches Bild liefert lediglich der Herbst, mit Abnahmen der Häufigkeiten von Trockenperioden der Mindestandauer von 10 bis 30 Tagen. Der bekannte „Altweibersommer“ tritt demnach nicht mehr mit der selben Verlässlichkeit auf, wie früher.

Für zukünftige Analysen besonders wertvoll dürfte die Erweiterung des StartClim Datensatzes um das Element Dampfdruck sein, ermöglichen doch diese Daten nun auch die Analyse von Verdunstungsgrößen oder Behaglichkeitsindikatoren. Qualitätsgeprüfte Tagesmittel des Dampfdruckes konnten für 71 StartClim Stationen bereitgestellt werden.

Der reiche, noch lange nicht ausgeschöpfte meteorologische Datenschatz Österreichs verdient es, auch weiterhin bearbeitet und so der Forschung zugänglich gemacht zu werden.

**StartClim2004.B** erstellte zu den Extremparametern Hitze und Trockenheit Zukunftsszenarien für Österreich mittels dreier verschiedener Ansätze: Es wurden ein statistischer und ein synoptischer Ansatz auf Tagesbasis anhand von ERA40 Reanalysedaten entwickelt und auf ECHAM4 GCM-Szenarien angewandt, und ein regionales Klimamodellergebnis des EU-Projektes PRUDENCE wurde für Österreich analysiert.

Bei der Temperatur zeigen alle drei Ansätze vergleichbare Ergebnisse: Innerhalb von 30 Jahren zeigen die Szenarien einen Anstieg von derzeit unter 10 Hitzetagen (Tage mit Temperaturen über 30°C) pro Jahr im Nordosten Österreichs auf rund 30. Für den Zeitraum 2070-2100 ergeben sich über 40 Hitzetage.

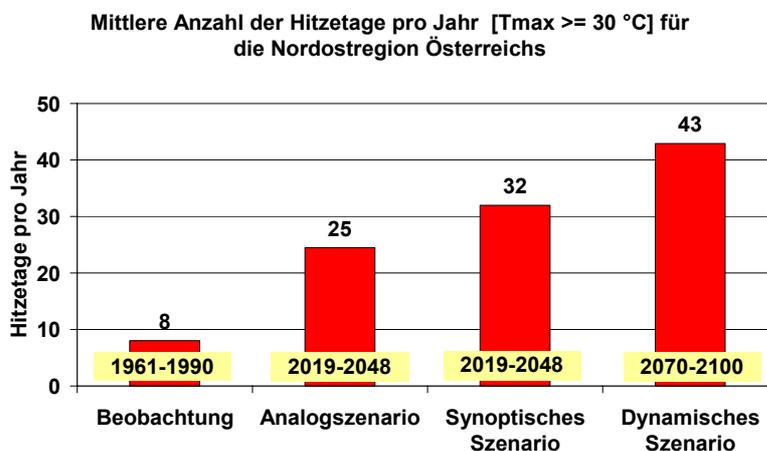


Abb.: Mittlere Anzahl an Hitzetagen im Nordosten Österreichs beobachtet und mittels verschiedener Techniken abgeleitete Szenarien.

Dass alle drei Verfahren zur Ermittlung zukünftiger Temperaturen bzw. Temperaturextrema vergleichbare Ergebnisse liefern spricht für die Robustheit der regionalen Temperaturszenarien und steigert ihre Glaubwürdigkeit. Es bedeutet aber auch, dass für die Ableitung von Temperaturextrema, wie Hitzetage, bereits der einfache hier vorgestellte synoptische Ansatz verwendet werden kann.

Für den Niederschlag sind die Szenarienergebnisse sowohl für den statistischen Ansatz, als auch für das RCM (regional circulation model) wesentlich unsicherer. Beim statistischen Ansatz zeigte sich eine starke Abhängigkeit vom verwendeten Prädiktorfeld. Das RCM wiederum reproduziert den Niederschlag im Südosten Österreichs nicht richtig. In

der Nordostregion werden zwar die Mittelwerte einigermaßen richtig wiedergegeben, jedoch ist die interannuale Variabilität zu groß. Die Niederschlagsszenarien müssen daher als äußerst unsicher eingestuft werden und eine direkte Anwendung dieser in Impaktstudien sollte nur mit vorgeschalteter Analyse und Korrektur erfolgen. Um kleinräumige Zukunftsszenarien von hinreichender Robustheit zu erzeugen, ist noch einiges an Methodenentwicklung zu leisten.

**StartClim2004.C** untersuchte die Auswirkungen von Trockenheit und Hitze auf die Landwirtschaft, zum Teil unter Nutzung der meteorologischen Daten, die im Vorjahr im Rahmen von StartClim plausibilitätsgeprüft wurden.

Das Trockenjahr 2003 wies deutlich auf die Verwundbarkeit der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion durch ungünstige Witterungsbedingungen hin. Analysen auf Bezirksebene zeigten, dass günstige Niederschlagsverteilungen und mäßige Maximaltemperaturen geringe Niederschlagssummen mancherorts kompensieren konnten. Es wurden kulturart-spezifische Zeitfenster besonderer Empfindlichkeit aufgezeigt, zu denen sich lange Trockenheit und hohe Temperaturen stärker auswirkten, als wenn sie zu anderen Zeiten auftraten. Außer Mais waren die untersuchten Pflanzenarten (Weizen, Gerste und Wiesen) im Allgemeinen gegen hohe Maximaltemperaturen noch empfindlicher als gegen Niederschlagsmangel; diese Sensitivität war besonders in Ostösterreich stark ausgeprägt. Die Ertragseinbußen durch hohe Temperaturen haben im Laufe der letzten 130 Jahre allmählich zugenommen und sind insbesondere in den letzten 15 Jahren deutlich geworden, während die Ertragseinbußen durch Niederschlagsmangel etwa gleich geblieben sind.

Die begrenzte Leistungsfähigkeit multipler linearer Regressions- und neuronaler Netzwerkmodelle, welche nur auf meteorologischen Daten beruhen, konnte auf der Ebene einzelner Felder mit Hilfe agrarmeteorologischer Modelle überwunden werden. Sie können der hohen Variabilität an Trockenstressbedingungen, die durch die sehr inhomogenen Bodeneigenschaften verursacht wird, Rechnung tragen. Agrarmeteorologische Trockenheitsindizes zeigten einen guten Zusammenhang zu den Ertragsreduktionen im Jahr 2003, wobei die jeweilige Abstimmung auf die phänologischen Phasen der Kulturpflanzen eine wichtige Rolle spielt. Der NDVI (normalisierter Vegetationsindex, der mittels Fernerkundungsmethoden gewonnen wird) zur Hauptvegetationszeit (im Juni) zeigte die von allen Modellen beste Relation zu den Ertragsreduktionen im Jahr 2003, wobei das Erklärungsmaß jedoch stark vom Zeitpunkt der Aufnahme und der Phänologischen Phase abhängig ist. Auch einige meteorologische Indizes zeigten sehr gute Ergebnisse, die Robustheit dieser Methoden sollte jedoch anhand mehrerer Jahre überprüft werden. Eine Kombination von Methoden könnte sowohl die feldbezogene Aussagekraft als auch die Zuordnung der Ursachen von Ertragseinbußen (wie die Trennung von Trocken- und Hitzestress) noch wesentlich verbessern.

**StartClim2004.F** widmete sich der Weiterführung der Ereignisdatenbank MEDEA (Meteorological Extreme event Data information system for the Eastern Alpine region) sowie der Verbesserung ihrer Nutzungsmöglichkeiten für wissenschaftliche Arbeiten. MEDEA soll der Klima- und Klimafolgenforschungsgemeinde in den nächsten Jahren sowohl als Archiv/Datensicherung für mit extremen Wetterereignissen verknüpften Daten in Österreich dienen, als auch längerfristig zentrales Informationssystem für Extremwetterbezogene Daten in Österreich werden, das Standardauswertungen im on-line Modus ermöglicht.

Noch haben die in MEDEA enthaltenen Daten eher exemplarischen Charakter, im Laufe des kommenden Jahres sollen jedoch bereits vorbereitete Vereinbarungen mit wesentlichen Dateneigentümern Forschern den Zugriff auf nennenswerte Datenmengen ermöglichen. Längerfristig wird der Einsatz von Grid Technologie zur Vernetzung von dezentralen Datenbeständen geprüft. Im Rahmen der Austrian Grid Initiative soll noch 2005

ein Prototyp dieser Vernetzung entstehen, auf dessen Basis MEDEA in Zukunft erweitert werden könnte.

An der Schnittstelle Wissenschaft/Bildung wurden im Rahmen von **StartClim2004.G** weitere Ansätze zur Kommunikation zwischen universitären und schulischen Bereichen erprobt, wobei das Thema diesmal lautete „Hängen Hitze und Leistungsfähigkeit zusammen?“ Die Konzentrationsleistung wurde von SchülerInnen einer 5. Klasse AHS (ORG Hegelgasse, Wien) mittels eines einfachen Tests aus der Psychologie (Test d2) im Mai und Juni 2004 regelmäßig gemessen. Zusätzlich wurde die subjektive thermischen Behaglichkeit von den SchülerInnen aufgezeichnet. Beides konnte mit den im Klassenzimmer und im Schulhof gemessenen Temperaturen und Feuchtwerten in Zusammenhang gebracht werden. Trotz ungünstiger Rahmenbedingungen (keine wirklich heißen Schultage, unregelmäßige Anwesenheit der SchülerInnen) erwies sich diese Methode zur Erfassung von Leistungsfähigkeit als vielversprechend: ein quantifizierbarer Zusammenhang zwischen der Raumtemperatur und der Konzentrationsleistungsfähigkeit konnte ermittelt werden.

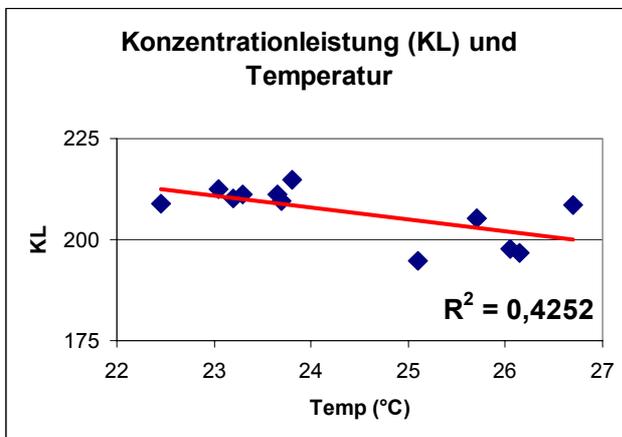


Abb.: Zusammenhang zwischen Temperatur und Konzentrationsleistungswert KL (50% der 15 – 16 Jährigen haben beim ersten Test KL-Werte zwischen 141-184)

Die unmittelbare Zusammenarbeit von Wissenschaft und Schule ist eine sehr wirksame, allerdings auch aufwändige Art der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. In Hinblick auf den in letzter Zeit allseits beklagten Mangel an Akademikern und Forschern in Österreich, ist es aber besonders wichtig, in der Jugend Verständnis für Wissenschaft und Forschung zu wecken.

# 1 Die Forschungsinitiative StartClim

## 1.1 Entstehung von StartClim

In der Klimaforschung tätige österreichische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bildeten im Jahr 2002 unter dem Namen „AustroClim“ eine Forschungsplattform, die sich in fächerübergreifender Kooperation den Herausforderungen des Klimawandels an die Wissenschaft stellen und die erforderlichen Entscheidungen in Politik, Wirtschaft und bei jeder einzelnen Person durch Bereitstellung einer wissenschaftlichen Basis unterstützen will. Der Forderung von AustroClim nach koordinierter Klimaforschung folgend, haben auf Initiative des Umweltministers sechs Finanzierungspartner<sup>1</sup> für das Jahr 2003 gemeinsam das „Startprojekt Klimaschutz - Erste Analysen extremer Wetterereignisse und ihrer Auswirkungen in Österreich“ (StartClim2003 ) in Auftrag gegeben.

StartClim hat sich inzwischen zu einem Forschungsprogramm entwickelt, das hilft, Anfänge zu setzen:

- Thematisch, indem Projekte vergeben werden, die Fragestellungen aufgreifen, denen sich in Österreich noch niemand gewidmet hat. Diese Fragestellungen können im Rahmen von StartClim-Projekten nicht erschöpfend behandelt werden, aber sie können so weit geführt werden, dass darauf aufbauend, weiterführende Anträge bei geeigneten Forschungsförderungseinrichtungen oder bei interessierten Nutzern der Ergebnisse gestellt werden bzw. Aufträge vergeben werden können.
- Personell: gerade weil neue Themen aufgegriffen werden, können auch Nachwuchswissenschaftler leichter einbezogen werden. StartClim ist bemüht, die Einbeziehung junger Forscherinnen und Forscher zu fördern.
- Organisatorisch: gemeinsam finanzierte Forschung bringt Mehrwert. StartClim hat ein Konzept entwickelt, das die gemeinsame Finanzierung durch unterschiedliche Partner unbürokratisch ermöglicht.

Für StartClim2004, das unter dem Titel „Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich“ das Startprojekt Klimaschutz aus dem Jahr 2003 fortsetzt, haben drei der sechs Finanzierungspartner zusätzliche Mittel zur Verfügung gestellt:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft  
Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur  
Österreichische Hagelversicherung.

Für die Auftraggeber hat das Umweltbundesamt Wien, wie auch schon 2003, die administrative Projektkoordination des Startprojektes Klimaschutz übernommen.

Auftragnehmer ist – stellvertretend für die AustroClim Forschungsplattform (wie bereits 2003) – Univ.-Prof. Dr. Helga Kromp-Kolb, Institut für Meteorologie der BOKU.

Einer der Partner (Österreichische Nationalbank) unterstützt ein StartClim-Projekt über den Jubiläumsfonds. Die Verbund AHP konnte als neuer Partner gewonnen werden, sie

---

<sup>1</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur

- Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit

- Österreichische Hagelversicherung

- Österreichische Nationalbank

- Umweltbundesamt

finanziert auf direktem Wege ein von StartClim vorgeschlagenes Projekt, das, wie auch jenes der Österreichischen Nationalbank, in das StartClim Programm eingebunden ist, allerdings zeitlich versetzt abgeschlossen wird.

## **1.2 StartClim2004**

### **1.2.1 Zielstellung**

In StartClim2004 wurde der Schwerpunkt „Hitze und Trockenheit“ ausgewählt. Damit wurde eine erste Aufarbeitung des Extremjahres 2003 ermöglicht. Die nach StartClim2003 verfügbaren Datenreihen wurden einerseits um eine Feuchtegröße ergänzt, andererseits wurden sie hinsichtlich Hitze und Trockenheit ausgewertet. Wie bei StartClim2003 wurden auch in StartClim2004 Zukunftsszenarien für Österreich entwickelt. Untersuchungen zu den Auswirkungen extremer Hitze und Trockenheit konzentrierten sich in einem ersten Schritt auf die Landwirtschaft. Die Datenbank MEDEA wurde weitergeführt und für wissenschaftliche Arbeiten leichter zugänglich gemacht. An der Schnittstelle Wissenschaft/Bildung wurden weitere Ansätze erprobt.

### **1.2.2 Gliederung des Berichtes**

Der vorliegende Bericht besteht aus einer Gesamtschau der Ergebnisse (gegenständlicher Bericht) in deutscher und englischer Sprache und einer (getrennt gebundenen) Dokumentation, in welcher die Endberichte der einzelnen Projekte in extenso enthalten sind.

Die hier vorliegende Zusammenfassung bietet auch einen Rückblick auf die Entstehung von StartClim, seine generelle Zielsetzung und die Ergebnisse des ersten Projektjahres. Damit wird die durchlaufende Thematik der Forschungsfragen, aber auch ihre Weiterentwicklung sichtbar.

Im Anhang des Berichtes findet sich eine Übersicht über die bereits im Rahmen von StartClim2003 durchgeführten Einzelprojekte, sowie die beteiligten Institutionen und Wissenschaftler.

### **1.2.3 Arbeitsweise von StartClim2004**

Die Organisation der Zusammenarbeit im Rahmen von StartClim2004 erfolgte in ähnlicher Weise wie bei StartClim2003. Parallel bearbeitet wurden fünf Teilprojekte, für die 26 Personen von acht verschiedenen Institutionen insgesamt rund 50 Monate Zeit für wissenschaftliche Arbeit einschließlich Berichterstellung aufgewendet haben. Von den 26 beteiligten Wissenschaftlern sind zehn weiblich und elf unter 35 Jahre alt.

Zur Förderung des wissenschaftlichen Austauschs zwischen den einzelnen Teilprojekten fanden zwei Workshops mit Vertretern des wissenschaftlichen Beirats statt, zu denen alle beteiligten Wissenschaftler eingeladen waren. Im Zuge der Projektarbeit wurden viele Kontakte, die bereits in StartClim2003 entstanden sind, gepflegt und erweitert.

Als bereits bewährtes Mittel zum Informations- und Datenaustausch innerhalb der StartClim-Community wurden der FTP-Bereich/Server und die Homepage für StartClim (<http://www.austroclim.at/startclim/>) am Institut für Meteorologie der BOKU genutzt. Die im Rahmen von StartClim2003 erstellte Literaturdatenbank wurde um die in StartClim2004 verwendeten Literaturzitate erweitert und wird gemeinsam mit den Projektberichten auf der StartClim-Homepage bereitgestellt.

### 1.3 StartClim2003 – Retrospektive

StartClim2003 widmete sich drei breit gefächerten Aufgabenstellungen, von welchen hier vorzugsweise die „Analyse extremer Wetterereignisse der Vergangenheit, ihrer Auswirkungen und wirtschaftlichen Dimensionen, sowie die Erarbeitung von Elementen zukünftiger Szenarien für Österreich“ angesprochen wird, da ihre Ergebnisse eine wichtige Basis für die Arbeiten von StartClim2004 darstellen.

Voraussetzung für die Bearbeitung dieser Fragestellung ist die Verfügbarkeit hinreichend langer Reihen meteorologischer Daten und weit zurückreichender Chroniken wetterbedingter Schadereignisse, da solche Ereignisse definitionsgemäß nur selten auftreten. Im Rahmen von StartClim2003 konnte erstmals ein qualitätsverbessertes und plausibilitätsgeprüfter Datensatz der Klimaelemente Lufttemperatur (Mittel und Extreme), Niederschlagssumme und Schneehöhe auf Tageswertbasis für 71 österreichische Stationen für die Periode 1948 bis 2002 bereitgestellt werden. Für die Zeit vor 1948 konnten für Extremereignisse relevante Angaben auf Monatsbasis (z.B. monatliche Maximal- und Minimaltemperatur, Anzahl von Eis-, Frost-, Hitze und Tropentage, maximaler Niederschlag, etc.) für ca. 20 Stationen auf Plausibilität geprüft und ebenfalls verfügbar gemacht werden.

Um Aussagen über die mögliche zukünftige Entwicklung der Häufigkeit des Auftretens von Extremereignissen machen zu können, wurden zwei Verfahren entwickelt und getestet, die es ermöglichen, aus den mit globalen Klimamodellen (GCM) berechneten Klimaszenarien die Wahrscheinlichkeit von Extremereignissen in verschiedenen Regionen Österreichs zu ermitteln. Für das gewählte globale Klimaszenarium errechnet sich etwa eine Verdoppelung der Zahl der Tropentagen (Höchsttemperaturen über 30° C) in Wien innerhalb der nächsten 25 bis 50 Jahre; auf der Schmittenhöhe (1964 m) ergibt sich infolge der Erwärmung ein Rückgang der Eistage (Höchsttemperatur unter 0°C) um etwa ein Drittel.

Um mittel- und langfristigen Daten über meteorologische Extremereignisse in Österreich aus verschiedenen Wissensbereichen zusammenzuführen, wurde die Datenbank MEDEA (Meteorological extreme Event Data information system for the Eastern Alpine region) entwickelt und mit ersten Testdaten bestückt. Nur durch die gleichzeitige Verfügbarkeit von meteorologischen Daten bis hin zu sozioökonomischen Daten kann ein Gesamtbild von Extremereignissen gewonnen werden, und die gesamte Wirkungskette vom Wetterereignis bis zu wirtschaftlichen Folgeschäden durchgängig mit Informationen unterlegt werden. Durch explizite Einbeziehung der Daten-Unsicherheiten wurde ein notwendiger Schritt in Richtung verbesserter Unsicherheits- und Risikoabschätzungen bei der Bewertung von Extremereignissen geleistet.

Für Folgearbeiten in StartClim2004 relevant war auch die Untersuchung sieben landwirtschaftlicher Kulturpflanzenarten in drei Regionen Österreichs bezüglich ihrer Ertragssensitivität gegenüber extremen Witterungsereignissen. Die Datenbasis bestand aus den agrarstatistischen Erhebungen der Flächenerträge sowie den Monatsmitteln der meteorologischen Parameter im Zeitraum 1869 bis 2002. Aus den ermittelten Zusammenhängen wurde u.a. geschlossen, dass trockene Frühjahrswitterung für Sommergerste besonders nachteilig ist und trockene, heiße Sommer für Zuckerrübe und Mais, in geringerem Maße auch für Kartoffel.

Im Rahmen von StartClim2003 führten an der Schnittstelle Wissenschaft und Bildung Schüler und Schülerinnen rund 100 Fragebogeninterviews mit Verwandten und Bekannten zu vergangenen Extremereignissen durch und stellten diese routinemäßig erhobenen Daten meteorologischer Einrichtungen gegenüber. Dieser Prozess ließ die Schülerinnen das Thema Datenerfassung und Qualitätskontrolle selbst erleben, gleichzeitig setzten sie sich inhaltlich mit Klima, Klimawandel und Extremereignissen auseinander. Die erhobenen Daten wurden in die Ereignisdatenbank MEDEA aufgenommen und stehen damit der Forschergemeinschaft zur Verfügung.

Die StartClim2003 Projekte haben eine Vielfalt neuer Daten und Erkenntnisse geliefert, die auch von praktischem Wert sind. Sie haben aber vor allem in mehreren Bereichen Vorarbeit geleistet, die bei der Beurteilung der Datenlage, -qualität oder der verfügbaren Methoden in Hinblick auf deren Beitrag zur Beantwortung von Fragen in Zusammenhang mit dem Auftreten von extremen Wetterereignissen im Klimawandel hilfreich sein werden.

## 2 Teilprojektergebnisse

### 2.1 StartClim2004A: Analyse von Hitze und Dürreperioden in Österreich; Auswertung des täglichen StartClim Datensatzes auf das Element Dampfdruck

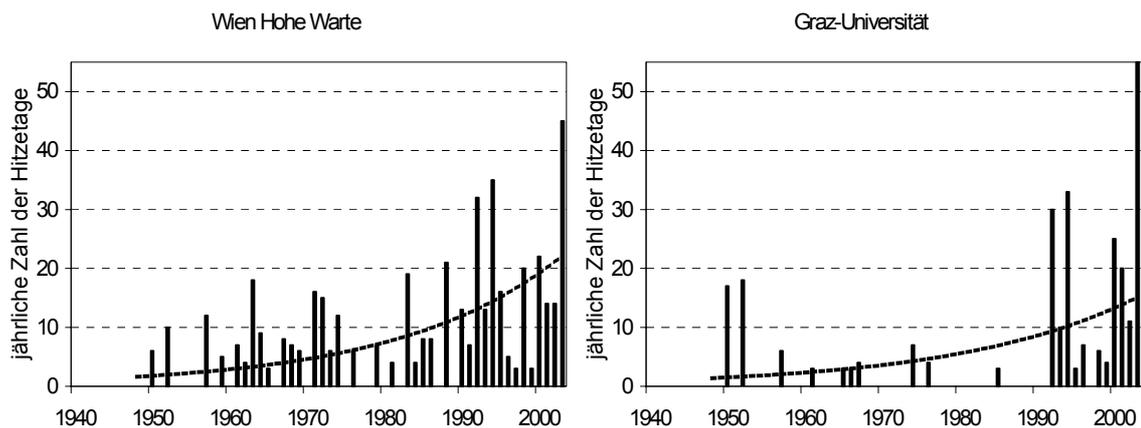
#### 2.1.1 Analyse von Hitzeperioden

Die Hitzeperioden in Österreich im Zeitraum 1948 bis 2004 wurden nach der modifizierten Definition von Kysely untersucht:

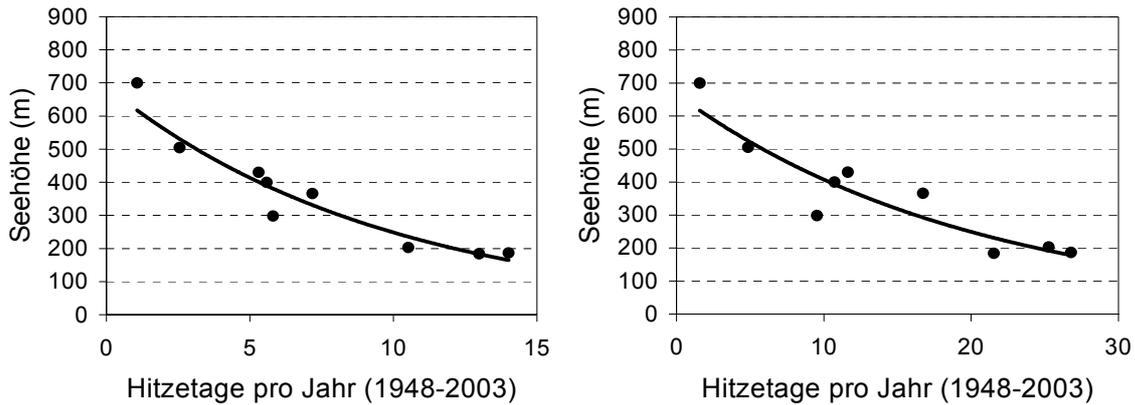
1. Mindestens 3 aufeinander folgende Tage müssen jeweils ein Temperaturmaximum von zumindest 30°C aufweisen,
2. das Maximum der einzelnen darauf folgenden Tage liegt nicht unter 25°C und das mittlere Temperaturmaximum während der gesamten Periode unterschreitet nicht 30°C.

Von den 71 StartClim Stationen mit plausibilitätsgeprüften täglichen Maximalwerten der Lufttemperatur erwiesen sich nur 12 als für diese Untersuchung geeignet. Den anderen fehlte es entweder an Vollständigkeit der Datensätze oder die Seehöhe schloss das Auftreten von Hitzeperioden nach obiger Definition aus.

Generell lässt sich feststellen, dass sich die jährliche Zahl der Hitzetage nach Kysely seit Mitte des vorigen Jahrhunderts beträchtlich erhöht hat, wie Abbildung 1 für die Stationen Wien Hohe Warte und Graz-Universität zeigt. Die größte Zunahme in den letzten 50 Jahren erfolgte in den niedrigeren Seehöhenbereichen (ca. 25 in 200 m, 6 in 500 m und 1 bis 2 in 700 m Höhe) (Abb. 2). Im Gesamtdatenkollektiv ist 2003 das Jahr mit den meisten Tagen nach dem Kysely Kriterium. An der Mehrzahl der Stationen wurde auch die längste Hitzeperiode im Jahr 2003 verzeichnet. Naturgemäß fallen die längsten Hitzeperioden ausnahmslos in den Sommer, aber auch im Frühjahr und Herbst sind Hitzeperioden nicht auszuschließen.



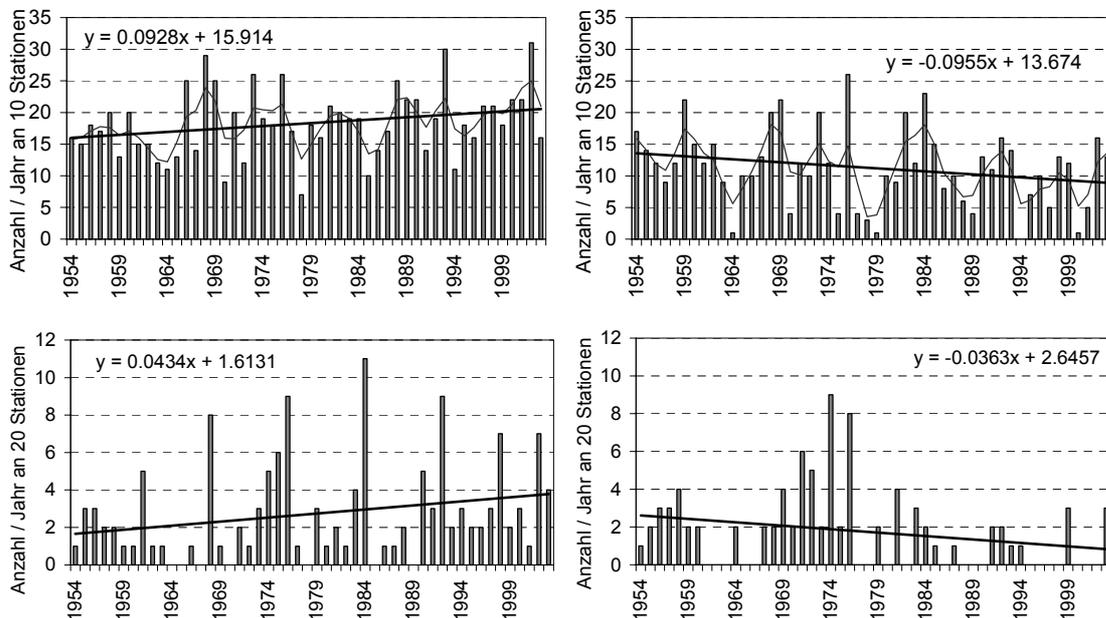
**Abb. 1:** Zeitreihen der Zahl der Kysely Tage pro Jahr in Wien Hohe Warte und Graz-Universität.



**Abb. 2:** Gesamtanzahl der Hitzetage nach Kysely (rechts) im Zeitraum 1948 bis 2003 in Abhängigkeit von der Seehöhe und deren Zunahme (links) im Zeitraum 1948 bis 2003 in Abhängigkeit von der Seehöhe im Norden, Osten und Südosten Österreichs.

### 2.1.2 Analyse von Trockenperioden

Sowohl Dürre als auch Trockenheit sind nicht unabhängig von ihrer Anwendung (z.B. Landwirtschaft) definiert. Dürre bezeichnet Perioden außergewöhnlicher Trockenheit, hervorgerufen durch großen Niederschlagsmangel bei gleichzeitig hohen Temperaturen. Unter einer Trockenperiode versteht man einen Zeitraum mit ausgeprägt trockener Witterung ohne einheitliche Definition der Kriterien über Lufttemperatur und Niederschlagswerte. Die Kriterien beziehen sich vielmehr auf den Wasserbedarf einzelner Bereiche (Land-, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Binnenschifffahrt etc.).



**Abb. 3:** Zeitreihen der Trockenperioden von bestimmter Mindestdauer (oben 10 Tage, unten 20 Tage) in Österreich: links Summe aus 10 Stationen mit steigendem Trend, rechts Summe aus 10 Stationen mit fallendem Trend, Einzelwerte und linearer Trend im Zeitraum 1954 bis 2003 ohne Berücksichtigung der Jahreszeit.

In dieser Arbeit wurden Trockenperiode als Zeiträume definiert, in denen pro Tag weniger als 1 mm Niederschlag fiel. An 30 Stationen wurden die Perioden ununterbrochener Dauer solcher Tage ausgezählt und in Häufigkeiten von 5 zu 5 Tagen klassiert und den

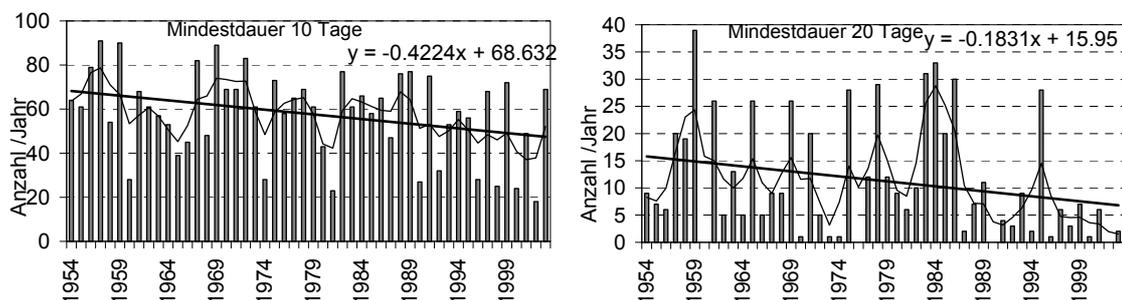
einzelnen Jahreszeiten zugeordnet. Perioden die in zwei Jahreszeiten fielen, wurden der Jahreszeit zugeordnet, in welcher die Mehrzahl der Trockentage auftrat.

Insgesamt ist festzustellen, dass etwa ein Drittel der Stationen steigenden, und ein Drittel fallenden Trend hinsichtlich der Häufigkeit von Trockenperioden aufweisen. Die übrigen Stationen lassen keinen Trend erkennen. Im Einzelnen sind die Verhältnisse jedoch komplex. Die Veränderlichkeit der Häufigkeit von Trockenperioden hängt vom Ort, der Dauer der Periode sowie der Jahreszeit ab. Ein bundesweit einheitliches Bild liefert lediglich der Herbst.

Im Frühling ist innerhalb der letzten 50 Jahre keine eindeutige Änderung bzw. Trend nachzuweisen. Die räumliche Verteilung der Stationen mit Zu- bzw. Abnahmen lässt auch keine regionalen Muster erkennen, es finden sich lediglich auffallende Häufungen von Trockenperioden in Einzeljahren.

Im Sommer weisen etwa zwei Drittel der Stationen die Tendenz zur Zunahme von Trockenperioden einer Mindestdauer von 10 Tagen auf. Bei den Trockenperioden längerer Andauer (mindestens 20 Tage) zeigt sich in der Osthälfte Österreich etwa zwischen Lienz und Hohenau an der March ein leichter Anstieg der Häufigkeit. Spezielle Jahre mit Häufungen von Trockenereignissen sind die Jahre 2003 (52 Ereignisse von mindestens 10 Tagen) bzw. 1983 (6 Ereignisse von mindestens 20 Tagen). Im Jahre 1959 wurden an drei Stationen Trockenperioden von mindestens 30 Tagen gefunden.

Im Gegensatz zu den übrigen Jahreszeiten zeigen die Trockenperioden im Herbst eine bundesweite Abnahme für die Dauerstufen von mindestens 10 und 20 Tagen. Die für die Herbstmonate so typischen Schönwetterperioden (Altweibersommer, Bergwetter) sind gegenwärtig nicht mehr so häufig anzutreffen, wie in den 1950 und 1980er Jahren.



**Abb. 4:** Zeitreihen der Trockenperioden bestimmter Mindestandauern im Herbst in Österreich (Summe von 30 Stationen). Einzelwerte, 5-jährige Glättung und linearer Trend im Zeitraum 1954 bis 2003.

Der Winter ist die Jahreszeit, in der Trockenperioden am häufigsten zu erwarten sind, 1 mal pro Jahr und Station von 10 bis 14 Tagen Dauer, alle 2 Jahre bei einer Dauer von 15 bis 20 Tagen. Die bislang längsten Trockenzeiten (über 80 Tage im Süden Österreichs) sind den Wintermonaten zuzuordnen. Vor allem um 1990 kam es zu einer Häufung trockener Wintertage, und es ergibt sich für zwei Drittel aller Stationen ein insgesamt positiver Trend für die Mindestandauerstufen 10, 20 und 30 Tage. Regionale Muster sind jedoch nicht erkennbar. Aufgrund der großen Variabilität von Jahr zu Jahr sind die Trends statistisch nicht signifikant.

Zusätzlich zeigte sich aus dem Stationskollektiv recht deutlich, dass 50 jährige Datensätze oft zu kurz sind um Extreme und Trends zu finden.

### **2.1.3 Ausweitung des StartClim Datensatzes um das Element Dampfdruck**

Der im Rahmen von StartClim 2003 erstellte Datensatz plausibilitätsgeprüfter Datenreihen für Temperatur und Niederschlag wurde um das Element „Dampfdruck“ erweitert, um Ereignisse wie Trockenheit, Schwüle, etc. besser untersuchen zu können.

Es mussten verschiedene Methoden angewendet und kombiniert werden, um die Fehler in den Datensätzen zu finden und deren Ausmaß zu bestimmen. Die anschließende Korrektur der detektierten Fehler bei Dampfdruck-Terminwerten stützte sich auf mehrere, sich z.T. ergänzende und aufeinander aufbauende Methoden, wie etwa Vergleich der digitalen Daten mit den Originalaufzeichnungen, Neuberechnungen aufgrund von Rechenfehlern in den vorhandenen Daten, Vergleiche gemessener und entsprechender berechneter relativer Feuchtwerte, Streudiagramme von Lufttemperatur- und Dampfdruck, Vergleich der Einzelwerte mit den stationsspezifischen einhüllenden Extremalkurven etc..

In einzelnen Fällen allerdings mussten bei sehr schlechter Datenqualität und nicht ausreichenden Zusammenhängen von Lufttemperatur und Dampfdruck größere Blocks aufgrund von Unkorrigierbarkeit aus dem Datensatz entfernt werden.

### **2.1.4 Forschungsbedarf**

Das österreichische Klimadatenmaterial ist auch nach den bisherigen StartClim Arbeiten keineswegs ausgeschöpft. Es liegen einerseits die Aufzeichnungen zu noch unbearbeiteten Elementen vor, andererseits müssen auch die bearbeiteten Reihen qualitativ noch verbessert werden. Daraus ergibt sich weiterer Forschungsbedarf:

- 1.) Entwicklung von Methoden zur Inhomogenitätsbereinigung von Tagesdatensätzen und deren Anwendung auf möglichst lange Datenreihen.
- 2.) „Data Recovery“ – Erhöhung der Genauigkeit der täglichen Temperaturextremwerte auf 1/10 Genauigkeit für alle StartClim Stationen.
- 3.) Räumliche Verdichtung des StartClim Datensatzes (speziell für Elemente mit geringer räumlicher Repräsentanz, wie etwa Niederschlag und Schnee).
- 4.) Ausweitung des Datensatzes täglicher langer Reihen (zumindest 100 Jahre) für die Elemente Niederschlag, Lufttemperatur und Schnee.
- 5.) Ausweitung des Datensatzes auf Elemente, die bisher innerhalb von StartClim keine Berücksichtigung fanden: Terminwerte bestehender StartClim Elemente und Einführung neuer Elemente wie Sonnenschein/ Bewölkung, Luftdruck und Wind.

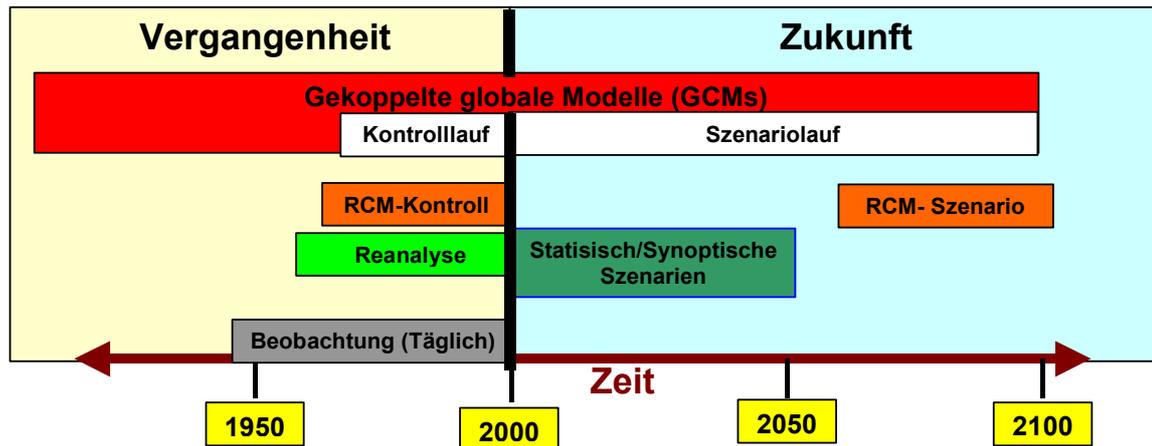
## **2.2 StartClim2004B: Untersuchung regionaler Klimaänderungsszenarien hinsichtlich Hitze- und Trockenperioden in Österreich**

### **2.2.1 Einleitung**

Das Jahr 2003 hat gezeigt, dass selbst in Mitteleuropa sommerliche Hitzewellen gravierende Auswirkungen auf das öffentliche Leben haben können. Ziel dieses Projektes war es, mittels dreier verschiedener Ansätze abzuschätzen, welche Informationen derzeit aus Globalen Zirkulationsmodellen (GCM) bezüglich sommerlicher Trockenperioden und Hitzewellen für Österreich im 21. Jahrhundert abgeleitet werden können.

Die Verwendung von drei Ansätzen dient dem Methodenvergleich und zusätzlich erhält man dadurch Informationen über die Robustheit der regionalen Klimaszenarien. Als Methoden wurden verwendet:

- Statistisches Downscaling-Verfahren auf Tagesbasis (Analogverfahren) ausgewertet für Temperatur und Niederschlag bezüglich Hitzewellen und Trockenperioden.
- Auswertung eines regionale Klimaänderungsszenarios des EU-Projektes „PRUDENCE“ in zwei Regionen Österreichs bezüglich Hitzewellen und Trockenperioden
- Synoptisches Downscaling: Untersuchung und Vergleich der direkten GCM – Ergebnisse mit Reanalysefeldern und Ableitung von statistischen Modellen hinsichtlich Hitzeperioden.



**Abb. 5:** Schematische Darstellung der verwendeten Datensätze und deren zeitliche Verfügbarkeit. Die Prudence RCM-Szenarios sind nur für den Zeitraum 2070-2100 verfügbar. Bei den beiden anderen Verfahren wurde der Zeitraum 2000 bis 2050 gewählt um Aussagen für die nächsten Jahrzehnte machen zu können.

### 2.2.2 Methodik

Für die statistischen und synoptischen Szenarien wurde das GCM ECHAM4/OPYC3, betrieben mit dem IS92 A Emissionsszenario (ohne Aerosole) für den Zeitraum 2000 bis 2048, verwendet. Das PRUDENCE Szenario beruht auf dem GCM HadAM3H betrieben mit dem SRES A2 Szenario. In dieses globale Modell wurde das regionale Klimamodell (RCM) CHRm der ETH-Zürich für den Zeitraum 2070 bis 2100 genestet. Der Vergleich der Szenarien untereinander und mit den Beobachtungen erfolgte nicht an einzelnen Stationen, sondern die Stationsdaten wurden zu Regionen zusammengefasst um dem flächigen Charakter der RCM-Szenarien gerecht zu werden. Alle Verfahren untersuchten die Nordostregion Österreichs, RCM- und Analogansatz zusätzlich den Südosten.

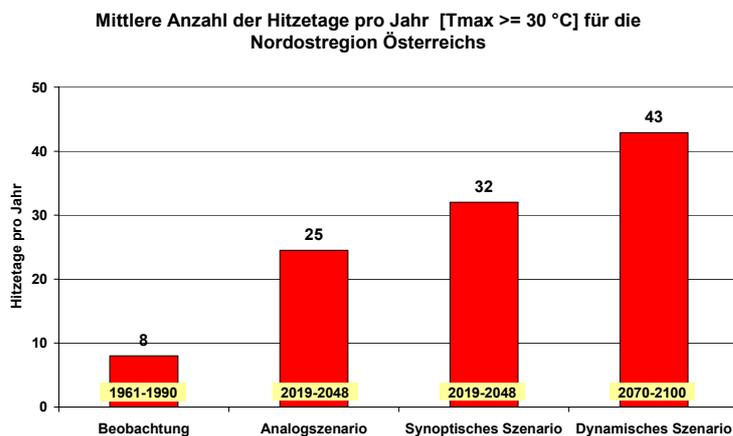
Beim Analogansatz werden auf Tagesbasis GCM Felder eines meteorologischen Parameters mit Reanalysefeldern (ERA40) verglichen. Beim ähnlichsten Feld wird unterstellt, dass das Wetter identisch ist. Dadurch kann jedem Szenariotag ein Beobachtungstag zugeordnet werden. Dieses Verfahren funktioniert sehr gut für die Temperatur. Beim Niederschlag treten jedoch einige Probleme auf, da der statistische Zusammenhang „großräumiges meteorologisches Feld“ zu „lokalem Niederschlag“ auf Tagesbasis in Österreich sehr gering ist. Dies gilt insbesondere für das Sommerhalbjahr, da hier kleinräumige konvektive Prozesse (Gewitter) eine wesentliche Rolle spielen.

Regionale Klimamodelle funktionieren gleich wie GCMs. Durch die Betrachtung einer kleineren Region (z.B. Europa), unter Verwendung der GCM-Ergebnisse als Randwerte, können sie jedoch mit einer höheren räumlichen Auflösung betrieben werden, was besonders im Alpenraum eine wichtige Verbesserung darstellt.

Um Hitzetage für Regionen Österreichs direkt aus großräumigen meteorologischen Feldern (horizontale Auflösung:  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ) ableiten zu können, wurde mit Hilfe eines multiplen Regressionsmodells ein funktionaler Zusammenhang zwischen den mittleren beobachteten Maximaltemperaturen im Sommerhalbjahr in der Region und großräumigen meteorologischen Feldern aus Reanalysen (ERA40) hergestellt (synoptisches Downscaling). Als zweiter Schritt wurde untersucht, ob die GCM-Gitterpunktsdaten sowohl einen ähnlichen Wertebereich (kumulative Häufigkeit) als auch einen ähnlichen Jahresgang wie ERA40 aufweisen. Sobald dies sichergestellt war, wurde die Änderung von GCM-Kontroll- zu Szenariolauf für jedes Perzentil berechnet und auf die ERA-40 Daten aufgesetzt und danach das statistische Modell angewandt.

### 2.2.3 Ergebnisse

Für die Hitzetage (Tagesmaximum über  $30^\circ\text{C}$ ) liefern alle drei Ansätze in der Nordostregion Österreichs vergleichbare Ergebnisse. In Abbildung 6 sind die Ergebnisse zusammengefasst. Für den Zeitraum 2019-2048 ergibt sich ein Anstieg von derzeit unter 10 solcher Tage auf rund 30. Für den Zeitraum 2070- 2100 ergeben sich über 40 solcher Hitzetage. Damit hätte dann fast jeder zweite Tag im Sommer ein Temperaturmaximum über  $30^\circ\text{C}$ .



**Abb. 6:** Mittlere Anzahl an Hitzetagen im Nordosten Österreichs beobachtet und mittels verschiedener Techniken abgeleitete Szenarien.

In der Südostregion liefert die RCM-Methode viel höhere Werte, als aufgrund der anderen Methoden zu erwarten wäre. Während der Kontrolllauf des RCM in der Nordostregion für die Temperatur durchaus vergleichbare Werte wie die Beobachtungen liefert, bei etwas zu großer interannuale Variabilität, sind in der Südostregion die Tagesmaxima im Sommer um rund  $2,5^\circ\text{C}$  zu warm. Hauptursache dafür dürfte die deutliche Unterschätzung des Niederschlages in dieser Region und Jahreszeit sein. Das RCM produziert nur rund die Hälfte des tatsächlichen Niederschlages und die Anzahl der niederschlagsfreien Tage wird um 15 % überschätzt.

Für den Niederschlag sind die Szenarienergebnisse wesentlich unsicherer. Dies gilt sowohl für den Analogansatz, als auch für das RCM. Beim statistischen Ansatz zeigte sich eine starke Abhängigkeit vom verwendeten Prädiktorfeldes. So lieferte das Bodendruckfeld eine Zunahme des Niederschlages in der Periode 2019-2048 (in der Abbildung 7 dargestellt), die Mittelschichttemperatur 850-700 hPa hingegen eine Abnahme des Niederschlages, obwohl beide Prädiktorfelder bei der Validierung mit ERA40-Feldern ähnliche Ergebnisse lieferten. Das RCM wiederum hat, wie oben erwähnt, Schwierigkeiten den Niederschlag im Südosten richtig zu reproduzieren. In der Nordostregion werden zwar die Mittelwerte einigermaßen richtig wiedergegeben, jedoch ist auch

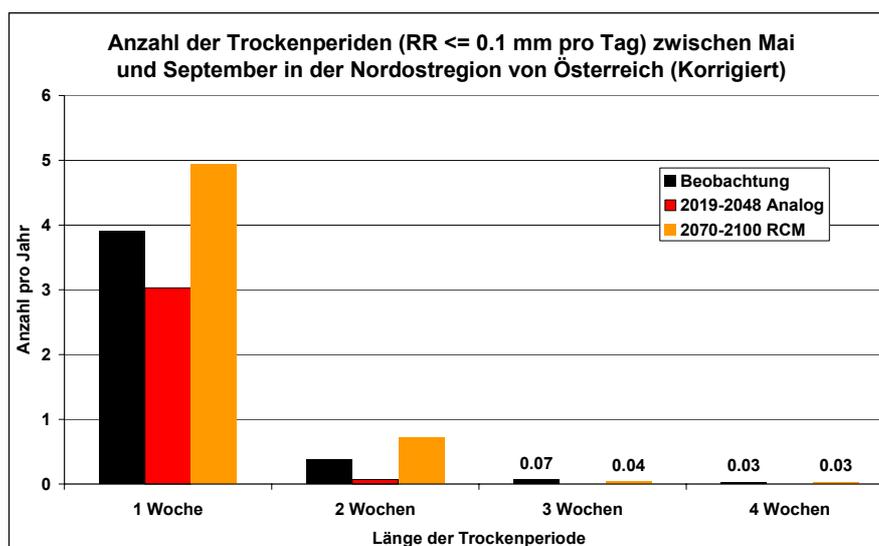
beim Niederschlag die interannuale Variabilität zu groß. Weiters zeigen sich Unterschiede in der Persistenz von Trockenperioden.

Für die Auswertung wurden daher nur die Änderungen von Kontrolllauf zu Szenarienlauf verwendet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7 zusammengefasst. Da das statistische Verfahren eine Zunahme des Niederschlages von rund 20 % liefert, ergibt sich auch eine Abnahme der Häufigkeit von Trockenperioden. Das RCM-Szenario hingegen liefert eine 20 %ige Reduktion des Niederschlages bei gleichzeitiger Abnahme der Niederschlagstage und dementsprechend eine Zunahme der Trockenperioden. Generell kann gesagt werden, dass alle drei Verfahren für die Temperatur bzw. Temperaturextreme vergleichbare Ergebnisse liefern. Dies spricht für die Robustheit der regionalen Temperaturszenarien und steigert ihre Glaubwürdigkeit. Dies bedeutet aber auch, dass für die Ableitung von Temperaturextrema wie Hitzetage bereits der einfache hier vorgestellte synoptische Ansatz verwendet werden kann. Mit diesen Ansatz könnten somit kostengünstig und schnell Untersuchungen und Vergleiche verschiedener GCMs durchgeführt werden. Die Niederschlagsszenarien hingegen müssen als äußerst unsicher eingestuft werden und eine direkte Anwendung dieser in Impaktstudien sollte nur mit vorgeschalteter Analyse und Korrektur erfolgen.

#### 2.2.4 Forschungsbedarf

Sehr viel Forschungsbedarf besteht derzeit bei der Regionalisierung von Niederschlags-szenarien. Dies gilt sowohl für statistische als auch dynamische Verfahren. Letztendlich ist aber eine Verbesserung der Globalen Klimamodelle unumgänglich. Da die Tagesmaximumtemperatur nicht unabhängig von der Bewölkung bzw. dem Niederschlag ist, sind Szenarienuntersuchungen von Temperaturextremen auf regionaler Ebene nicht unabhängig von der Güte des Niederschlagsszenarios. Dies konnte am Beispiel des RCM-Szenarios für die Südregion gezeigt werden. Bei der Verwendung von statistischen Verfahren sollten daher kombinierte Ansätze verstärkt untersucht werden. Eine Möglichkeit wäre die Kombination Tagesmitteltemperatur und Tagesgang der Temperatur gemeinsam zu regionalisieren und daraus die Tagesmaxima und Minima zu bestimmen.

Der Analogansatz hat das spezielle Problem keine neuen Extreme produzieren zu können. Hier müssen noch statistische Methoden untersucht werden, wie dies am Besten erfolgen kann.



**Abb. 7:** Anzahl der Trockenperioden zwischen Mai und September im Nordosten Österreichs beobachtet und mittels verschiedener Techniken abgeleitete Szenarien. Wegen der geringen Robustheit der Methoden sollten die Ergebnisse nur qualitativ gewertet werden.....

### **2.3 StartClim2004C: Analyse der Auswirkungen der Trockenheit 2003 in der Landwirtschaft Österreichs – Vergleich verschiedener Methoden**

Die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion in der Trockenperiode von 2003 – diese Thematik wird im vorliegenden Teilprojekt mittels agrarstatistischer und (agrar-)meteorologischer Modelle, sowie Fernerkundungsdaten behandelt. Ziel dieser Zusammenführung von Methoden ist es, sie auf ihre unterschiedliche Eignung zu testen für

- die Erklärung der 2003 beobachteten Ertragsreduktionen und
- zukünftige Prognose- und Monitoring-Aufgaben hinsichtlich der Auswirkungen ungünstiger Witterungsbedingungen.

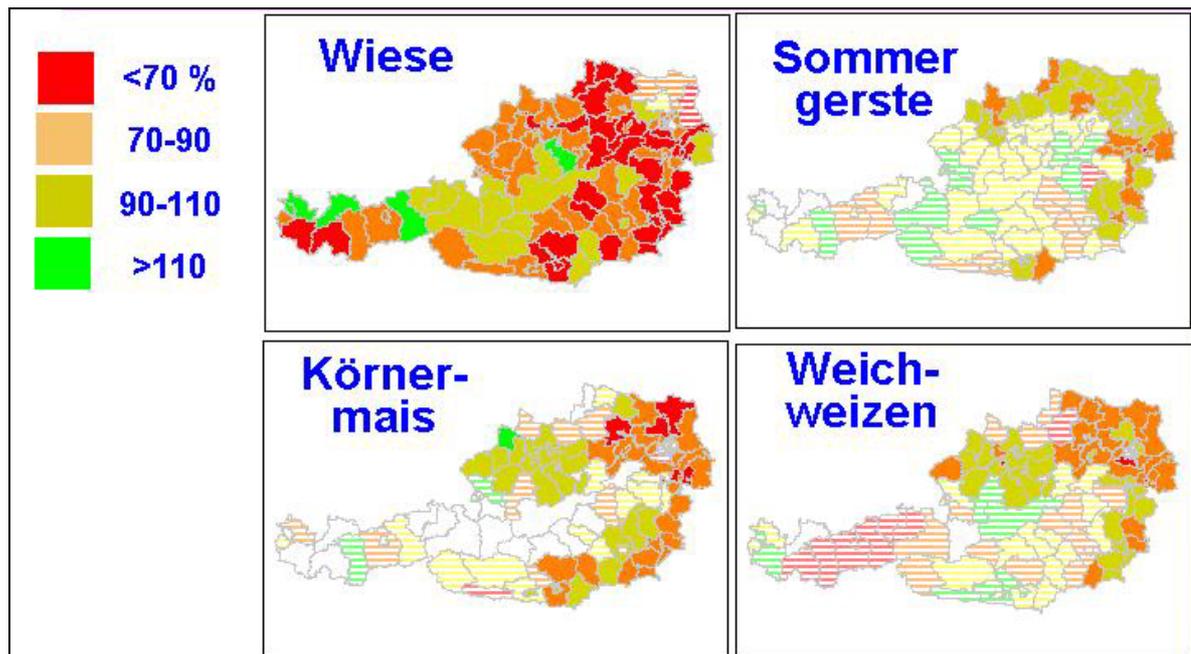
Die Untersuchungen wurden mit Hilfe unterschiedlicher Methoden auf zwei unterschiedlichen räumlichen Skalen – auf Bezirksebene, sowie auf Feldebene – durchgeführt.

Auf Bezirksebene wurden meteorologische Parameter und deren Einfluss auf die Erträge untersucht. Dieser Ansatz hat eine kleinräumigere und feinere zeitliche Auflösung, als es bei StartClim 2003 auf Basis der in Österreich verfügbaren Datenlage möglich gewesen war. Herangezogen wurden die amtlichen Ertragsdaten der Kulturen Sommergerste, Winter-(Weich-)weizen, Körnermais und Grünland (nur Wiesen) für den Zeitraum 1997-2003; bezüglich meteorologischer Daten wurde pro Bezirk eine repräsentative Klimastation ausgewählt. Die Niederschlags- und Temperaturdaten für den jeweiligen Vegetationszeitraum wurden in halbmonatlicher Auflösung zur Berechnung und Ableitung von Kennwerten für niederschlagsfreie Perioden herangezogen, welche mit den entsprechenden Ertragsdaten des siebenjährigen Untersuchungszeitraums in Beziehung gesetzt wurden. Auf Basis dieser Korrelationen wurden jene meteorologischen Parameter und Zeitfenster selektiert, welche die deutlichsten Zusammenhänge zur Ertragsbildung erkennen ließen.

Die Auswertungen ließen die Wichtigkeit der Differenzierung der geographischen Regionen und Kulturarten erkennen. Da im Osten Österreichs Wassermangel und Hitzeperioden wesentlich eher zu limitierenden Faktoren werden als in westlicheren Produktionsgebieten, erwies sich hier bei allen Kulturarten das Fehlen stark vom Durchschnitt abweichender Niederschlags- und Temperaturbedingungen als wesentlich wichtiger als für den Rest Österreichs. Daraus folgt, dass Modelle, welche die Erträge als Funktion der meteorologischen Bedingungen für Ostösterreich erklärten, nicht gut auf andere Regionen Österreichs übertragbar waren.

In ähnlicher Weise ist es erforderlich, artenspezifische Modelle für Stressauswirkungen zu berücksichtigen. Getreidearten, welche durch ihre kürzere Vegetationsdauer eher von Frühjahrs- und von Frühsommerniederschlägen abhängig sind, litten unter den Trockenbedingungen 2003 weniger als Mais oder Wiesen, für welche Juli- und Augustniederschläge bestimmender waren. Grünland war von den vier untersuchten Kulturarten am stärksten von der sommerlichen Trockenheit betroffen (Abb.8).

Bei allen Kulturarten gab es einzelne Regionen und Bezirke, in denen 2003 entgegen dem allgemeinen Trend keine Ertragsreduktionen im Vergleich zum Vergleichszeitraum 1997-2002 aufgetreten waren. Genauere Analysen der Ursachen ergaben, dass in diesen Regionen Unterbrechungen der niederschlagsfreien Perioden und reduzierte Maximaltemperaturen aufgetreten waren. Dies wies auf die Wirksamkeit dieser Faktoren zur Vermeidung extremer Stressauswirkungen bei unterdurchschnittlichen Niederschlagssummen hin.



**Abb. 8:** Erträge von Grünland (Wiesen), Sommergerste, Körnermais und Weichweizen in den politischen Bezirken Österreichs im Jahr 2003 in Prozent der Erträge 1997 bis 2002. Grün: Erträge 2003 über dem Durchschnitt 1997-2002, gelb: orange, rot: Erträge 2003 durchschnittlich, unterdurchschnittlich, deutlich unterdurchschnittlich 1997-2002. Schraffierungen weisen auf eine Wiesen- bzw. Getreidefläche < 1% der Bezirksfläche hin.

Der Vergleich der Wichtigkeit der verschiedenen meteorologischen Parameter zeigte auf, dass hohe Temperaturen für die pflanzliche Produktion insbesondere bei Gerste, Weizen und Grünlandvegetation wichtigere Limitierungen darstellten als Niederschlagsmangel. Wiederum waren es die Produktionsgebiete im Osten, in denen diese Abhängigkeiten am deutlichsten wurden. Die Einbeziehung langfristiger Datenreihen (130 Jahre) ließ erkennen, dass die Empfindlichkeit gegen die vorherrschenden Maximaltemperaturen im Lauf der letzten 30 Jahre deutlich angestiegen ist.

Im Rahmen der Auswertungen konnten für alle untersuchten Kulturarten auf der Basis von Regressionsmodellen die voraussichtlichen Ertragsminderungen bei bestimmten Niederschlagsreduktionen und Temperaturerhöhungen zu bestimmten Zeiten des Auftretens abgeleitet werden. Eine Erhöhung der durchschnittlichen Maximaltemperatur im Juni um 1 °C bedeutete für Sommergerste bzw. Weichweizen eine Ertragsreduktion um 0.10 bzw. 0.15 t.ha<sup>-1</sup>, während derselbe Temperaturanstieg im August den Maisertrag bzw. die Grünlandproduktivität um 0.2 bzw. 0.45 t.ha<sup>-1</sup> verminderte. Standardfehlerschätzungen waren im Bereich von 10 bis 20 % (für Gerste, Weizen und Wiesen) bis 40 % (für Mais). Kleineräumigere Modelle (einzelne Bundesländern) schnitten besser ab als Modelle für größere Regionen (Zusammenfassung mehrerer Bundesländer). Sowohl mit multiplen Regressionen als auch mit neuronalen Netzwerkmodellen konnten nur in Ausnahmefällen mehr als 50 % der Datenvariabilität erklärt werden, wenn ausschließlich meteorologische Parameter verwendet wurden. Diese Limitierungen wiesen auf die Bedeutung zusätzlicher Inputs hin, wie sie in agrarmeteorologischen Modellen verwendet werden.

Agrarmeteorologische Modelle und Indizes, meteorologische Indizes und Fernerkundungsindizes wurden auf der kleinsten räumlichen Skala, der Feldebene, untersucht. Nur auf dieser Ebene liegen die erforderlichen zusätzlichen Eingangsdaten (Bodeninformationen, Produktionsmethoden) vor. Es wurden insbesondere die Ertragsreduktionen des Jahres 2003 im Vergleich zum feuchten Jahr 2004 für einzelne Schläge untersucht.

Trockenheitsindizes geben ein relatives Maß für Trockenheit an, vorerst ohne einen bestimmten Auswirkungs-Bezug. Bei den im Rahmen von StartClim durchgeführten Untersuchungen lieferten sie unterschiedlich gute Ergebnisse. Die rein meteorologischen Indizes wurden hinsichtlich Erklärungsvermögen der aufgetretenen Ertragsvarianzen auf Feldebene vor allem bei Betrachtung einer 3-monatigen Bezugsperiode von einzelnen agrarmeteorologischen Modellen und Indizes deutlich übertroffen. Auch die Fernerkundungsmethode konnte einen höheren Anteil der Varianz erklären. Die besten Modelle erklärten zwischen 60 % und 83 % der Ertragsvariabilität im Jahr 2003.

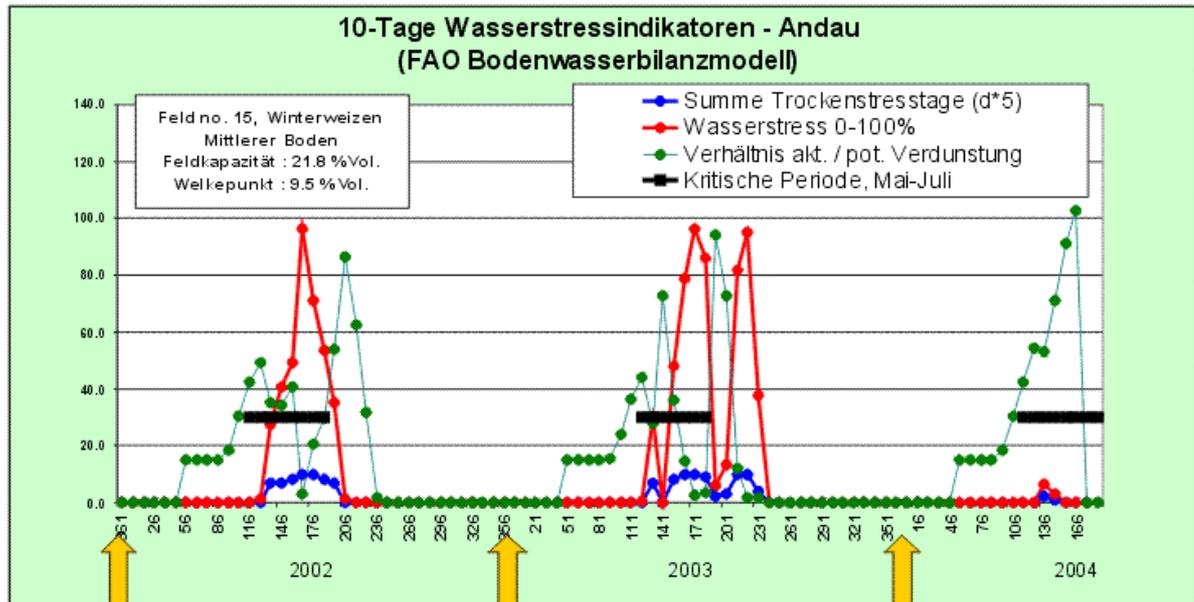
Bei den agrarmeteorologischen Modellen und Indizes spielt nicht nur die räumliche sondern auch die zeitliche Auflösung eine wichtige Rolle (Abb.9); die Modelle schneiden besser ab, wenn sie auf die entscheidenden phänologischen Phasen der Kulturpflanzen abgestimmt sind.

Die Untersuchungen auf Feldebasis bestätigen das Ergebnis der Analysen auf Bezirksebene, dass Sommergetreide im Jahr 2003 weniger vom Trockenstress betroffen war als zum Beispiel Mais, da der Trockenstress erst im Juni signifikant anstieg. Es zeigte sich bei den Einzelfeldanalysen jedoch auch die enorme Variabilität der Trockenstressbedingungen, die durch die Bodenwasserspeicherkapazität und damit die Bodenart auch innerhalb der einzelnen Betriebe verursacht wird.

Einige meteorologische niederschlagsbezogenen Indizes zeigten ein erstaunlich gutes Ergebnis bei Bezug auf die 6-monatige Zeitperiode April-September; es wird jedoch vermutet, dass dies ein für das Jahr 2003 spezifisches Ergebnis ist. Eine Erweiterung der Analyse auf mehrere, klimatisch unterschiedliche Jahre wäre erforderlich um die tatsächliche Robustheit der Methoden zu überprüfen. Erweisen sich sowohl meteorologische Trockenheitsindizes als robust, in denen nur Niederschlag eingeht, als auch solche, in denen zusätzlich Temperatur berücksichtigt wird, könnten Kombinationen dieser Indizes genutzt werden, um den Anteil der Ertragseinbußen durch Trockenstress von Hitzestresseinbußen zu trennen.

Agrarmeteorologische Indizes und Modelle, welche den Wasserhaushalt des Pflanzenbestandes berücksichtigen, zeigen Wasserstresssituationen direkt an und lassen so Trockenheitswirkung von Hitzewirkung eindeutig trennen. Fernerkundungsmethoden, wie der in der Studie verwendete NDVI, zeigen Momentaufnahmen des Zustandes eines Pflanzenbestandes und können daher ein guter Indikator für räumlich exakt zuordenbaren Trockenschäden sein, wenn der Zeitpunkt der Aufnahme richtig gewählt ist. Eine Kombination mit Fernerkundungsmethoden könnte daher ebenfalls ein innovativer Schritt zur Verbesserung der Nutzung von Trockenheitsindizes (Verringerung der Unsicherheiten in den Ergebnissen und bessere Auflösung der räumliche Variabilität) zur Erklärung von Ertragsreduktionen durch Trockenheit sein.

Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden auf Bezirks- und Feldebene veranschaulichen, dass auf allen Skalen sinnvolle Analysen zum Zusammenhang zwischen Trockenstress und Ertrag durchgeführt werden können, dass jedoch erwartungsgemäß das Erklärungspotential der agrarmeteorologischen Modelle den anderen Methoden überlegen ist. Wegen des hohen Ausmaßes an erforderlichem Input ist es jedoch doch nicht möglich, diese Methoden flächendeckend anzuwenden. Da die Verbesserung der hochaufgelösten räumlichen Datenbasis und die Techniken der Bearbeitung jedoch schnell voranschreiten, liegt in der Verbindung der Methoden großes Potential. Insbesondere erscheint es sinnvoll, auch Fernerkundungsdaten einzubeziehen, deren Potential gerade in der Kombination mit Modellen und Indizes ausgeschöpft werden kann. Zunehmend werden auch schlagspezifische Auswertungen und Daten durch den vermehrten Einsatz der GIS-Technologie in der Praxis (wie Trockenschadensabschätzungen auf Feldebasis usw.) möglich und Genauigkeit und Repräsentanz bei vielen Anwendungen (z.B. ÖPUL-Maßnahmen) immer wichtiger.



**Abb. 9:** Abgeleitete Trockenstressparameter aus dem agrarmeteorologischen FAO Modell für das Marchfeld und Winterweizen auf einem Boden mit mittlerer Bodenwasserspeicherkapazität. Alle Größen zeigen höhere Werte an, wenn Trockenstress auftritt. Wie zu erkennen ist, weisen deren Ergebnisse gewisse Schwankungsbreiten auf.

## 2.4 StartClim2004F: Weiterführung und Ausbau der Ergebnisdatenbank MEDEA

Die im Rahmen von StartClim entwickelte Ereignisdatenbank für meteorologische Extremereignisse soll der mittel- und langfristigen Sicherung interdisziplinärer Datensätze in Zusammenhang mit meteorologischen Extremereignissen verschiedener Art in Österreich dienen. Sie soll darüber hinaus der österreichischen Klimaforschungsgemeinde diese Daten zugänglich machen und gezielte Auswertungen unterstützen.

Ein entscheidender Schlüssel zum Erfolg ist eine Beteiligung aller wesentlichen Daten-Provider im Bereich meteorologischer Extremereignisse. Daran wurde im abgelaufenen Jahr intensiv gearbeitet und es ist zu hoffen, dass entsprechende Übereinkommen im Laufe des Jahres 2005 abgeschlossen werden können. Dafür ist notwendig sicher zu stellen, dass alle über MEDEA zugänglichen Daten mit einem Label des Dateneigners versehen werden. Für bestimmte Fälle wird auch ein Billing-System in MEDEA integriert werden müssen, welches etwa Manipulationsgebühren der Dateneigner oder einen Kostentransfer zum jeweiligen Daten-Provider für privatwirtschaftliche Verwendungen von Daten ermöglicht.

Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurden folgende Arten von Daten erfolgreich in MEDEA eingebracht:

- ▶ Hochwasserdaten des BFW
- ▶ Meteorologische Daten der ZAMG
- ▶ Umfrageergebnisse zu Extremereignissen der BOKU
- ▶ Daten zu Tornados des Vereines TORDACH
- ▶ Agrarökonomische Daten des Forschungszentrums Seibersdorf (ARCS)
- ▶ Verifizierte Daten historischer Wildbach-Ereignisse in Tirol (BOKU)

Große Bedeutung kommt der Tatsache zu, dass die gesammelten Daten nicht alle von gleicher Qualität, Genauigkeit und Verlässlichkeit sind. Angaben dazu sind ein wesentlicher Bestandteil der Datenbank. Das Uncertainty Concept von Moss und Schneider wird als Basis für eine Kategorisierung der Daten herangezogen (Abb. 10).

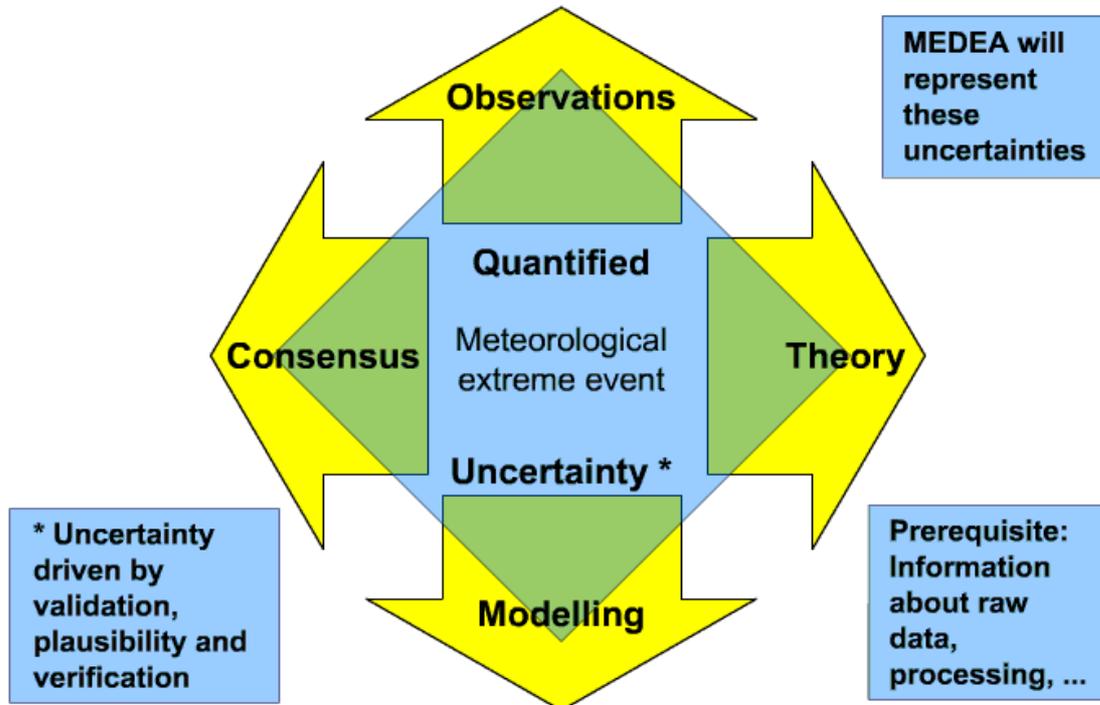


Abb. 10: Uncertainty Concept Moss/Schneider (ZITAT)

IT-technisch gesehen nutzt MEDEA die MORIS Technologie und übernimmt damit seine Core Ontologie zur Klassifizierung der Daten (Abb. 11). Diese Core Ontologie ist ein integraler Bestandteil des MORIS Informationssystems, das sich mehrfach bei der Strukturierung von Daten zu ökologischen Themen bewährt hat.

Folgende Schritte sind für die nähere Zukunft geplant:

- ▶ Integration der neu hinzukommenden Projektdaten aus StartClim 2004
- ▶ Exemplarische Internet-Anbindung
- ▶ User-requirements-Workshop im März 2005 zu den Wünschen der User für den MEDEA Web-Client
- ▶ User-Workshop 2005/06 (Termin wird rechtzeitig bekannt gegeben): hands-on-Schulungen auf MEDEA für StartClim-community
- ▶ 2. März 2005: Einreichung von „MEDOUSA“ in FP6 für den Bereich „**Ontologien von Extremereignissen**“ gemeinsam mit BOKU, ZAMG, BFW, CH, F, D, IT, Fi, NL,...

Mit den beiden Workshops und der Internet-Anbindung soll ein wichtiger Schritt vorwärts erreicht werden, der für den Weiterbestand von MEDEA essentiell ist: Erst wenn Benutzer problemlosen Zugang zu Daten haben, sind sie bereit, ihrerseits Daten für MEDEA zur Verfügung zu stellen.

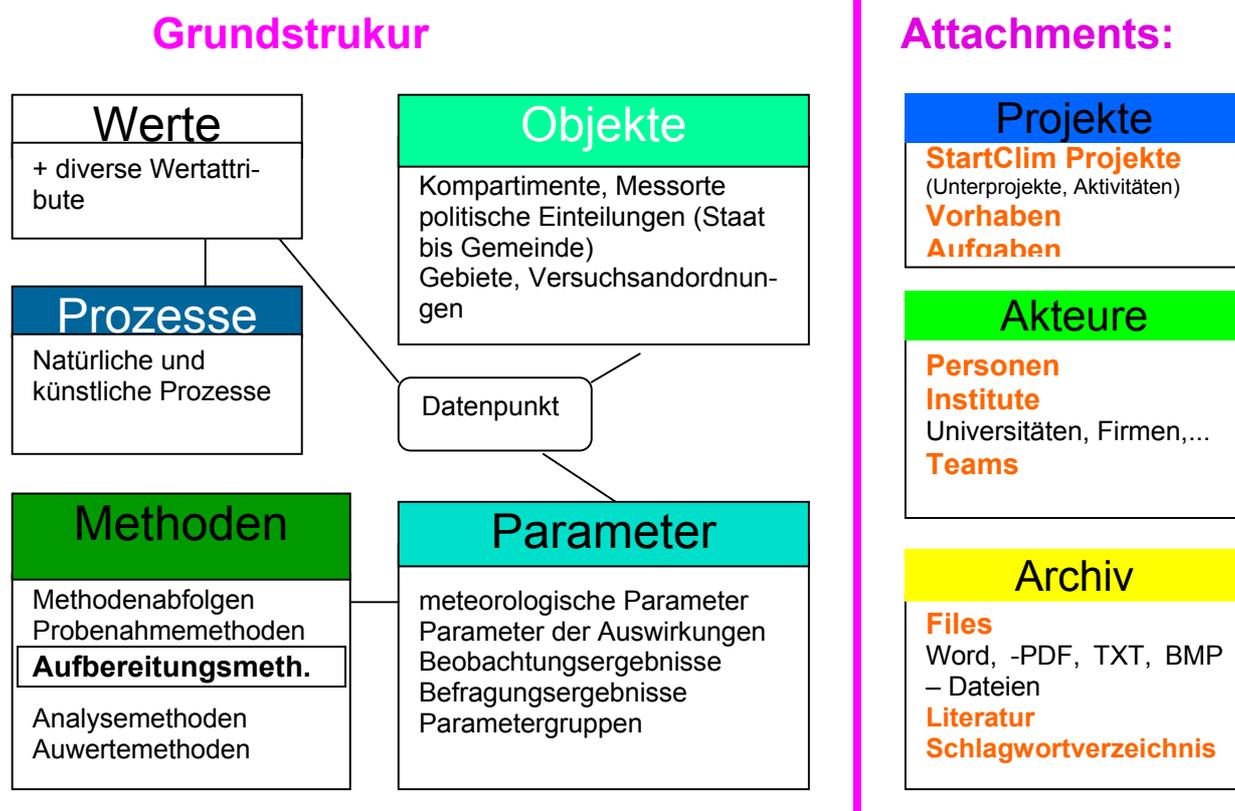


Abb. 11: MEDEA Core Ontologie

Es wird darüber hinaus der Einsatz von Grid Technologie für die Vernetzung von dezentralen Datenbeständen geprüft. Diese Technologie ermöglicht es unterschiedliche dezentral gespeicherte Datenquellen so zu vernetzen, dass es für den Endanwender wie eine große Datenbasis aussieht. Gleichzeitig behält jedoch jeder Datenanbieter die Hoheit über seine Daten, und kann sie weiterhin warten und erweitern.

Wenn verschiedene inhomogene Datenquellen zusammen vernetzt werden, kann es schnell sehr unübersichtlich werden. Es ist oft nicht von vornherein klar, wo welche Daten in welcher Qualität aufliegen, da verschiedene Institutionen oftmals die gleiche Art von Daten mittels jeweils verschiedener Methodiken erheben, was zu gravierenden Unterschieden in den Ergebnissen führen kann. Ontologien können hierbei Abhilfe schaffen, wenn sie es ermöglichen, nicht nur die Art der Daten (z.B. Niederschlagsmenge) zu bestimmen sondern auch z.B. die verwendete Methodik oder die erfassende Person anzugeben. Mit diesem Zusatzwissen ist es dann viel leichter sich ein Urteil über die vorhandenen Daten zu schaffen. So wird es erst möglich, sich in so einem breiten Datenbestand zu orientieren und sie Auswerteprogrammen zuzuführen.

Im Rahmen der Austrian Grid Initiative soll noch 2005 ein Prototyp dieser Vernetzung entstehen, auf dessen Basis MEDEA in Zukunft erweitert werden kann. Um MEDEA auf diese neue Technologie umzusetzen muss jedoch erst eine entsprechende Finanzierung sichergestellt werden.

## 2.5 StartClim2004G: Hängen Hitze und Leistungsfähigkeit zusammen? Ein Projekt an der Schnittstelle Wissenschaft-Bildung:

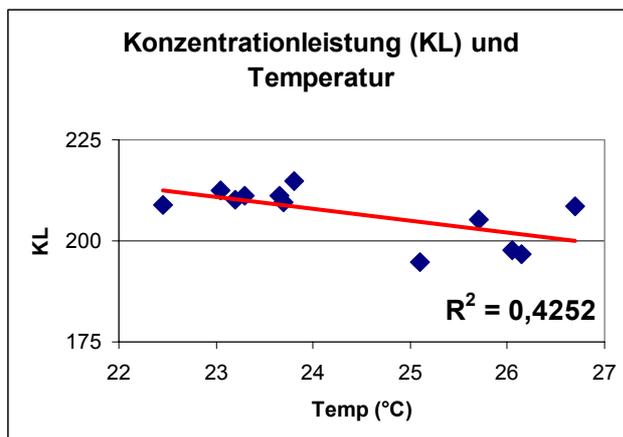
Die erfolgreiche Zusammenarbeit mit Schulen wurde im Rahmen von StartClim2004.G unter dem Titel „Hängen Hitze und Leistungsfähigkeit zusammen?“ weitergeführt. Bei SchülerInnen und LehrerInnen stoßen sowohl das praktische und unmittelbare Kennenlernen der Wissenschaft und ihrer Methoden als auch die Auseinandersetzung mit dem

Klimawandel und seinen Auswirkungen auf großes Interesse. Der Lerneffekt geht nach Aussagen der beteiligten LehrerInnen über den des klassischen Unterrichts weit hinaus.

Die besondere Herausforderung an diesem Projekt war, dass sowohl auf der bildungswissenschaftlichen Ebene als auch auf der fachwissenschaftlichen Ebene neue Ansätze (erfolgreich) erprobt wurden. Dabei ging es auf der einen Seite um die möglichst objektive Erfassung und Quantifizierung eines Zusammenhang zwischen Hitze und Leistungsfähigkeit, und auf der anderen Seite sollte die Zusammenarbeit zwischen Schule und Wissenschaft analysiert und evaluiert werden.

Zur Messung der Leistungsfähigkeit wurde ein einfach durchzuführender Test (Test d2) aus der Psychologie verwendet. Als Maß diente die Konzentrationsleistung, die eine notwendige Voraussetzung zur Erbringung von Leistung ist. Hitze, für die es keine einheitliche Definition gibt, wurde einerseits über die subjektive Bewertung der thermischen Behaglichkeit (jene klimatischen Umweltbedingungen, unter denen sich ein Mensch behaglich fühlt, d.h. weder kühlere noch wärmere Verhältnisse wünscht) durch die SchülerInnen einer 5. AHS-Klasse (ORG Hegelgasse, Wien) erfasst und andererseits durch objektive Messungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Klassenraum, im Lehrerzimmer und im Schulhof.

Im Zeitraum Mai und Juni 2004 traten an Schultagen keine extremen Temperaturen auf und daher auch keine besonders unbehaglichen Tage. Obwohl die sehr uneinheitliche Anwesenheit der Schülerinnen (nur 5 von 22 SchülerInnen waren „immer da“) die Datenqualität verschlechterte, konnten dennoch gute Ergebnisse erzielt werden. Die Auswertung der Daten wurde auf einfache Methoden beschränkt, die in der Schule verfügbar und bekannt sind (MS Office, das Schüler im EDV-Unterricht verwenden). Die Methode zur Erfassung von Leistungsfähigkeit ist sowohl von der Abwicklung als auch von den Ergebnissen her vielversprechend: ein quantifizierbarer Zusammenhang zwischen der Raumtemperatur und der Konzentrationsleistungsfähigkeit konnte damit beobachtet werden (Abb. 12).



**Abb. 12:** Zusammenhang zwischen Temperatur und Konzentrationsleistungswert KL (50% der 15 – 16 Jährigen haben beim ersten Test KL-Werte zwischen 141-184)

Zur Verbesserung des Verständnisses der Einflüsse auf die Konzentrationsleistung könnte in zukünftigen Untersuchungen z.B. die zusätzliche Erfassung weiterer Parameter, insbesondere der Luftqualität im Raum beitragen.

Ein wichtiges Ergebnisse der Analyse der Prozesse der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Schule, in die sowohl SchülerInnen als auch LehrerInnen eingebunden waren, war, dass besonderes Augenmerk auf den Wissenstransfer gelegt werden muss. Das Wissen, das bei den WissenschaftlerInnen vorhanden ist, muss auf geeignete

te Weise zu den LehrerInnen transportiert werden. Diese haben höhere Kompetenz zur Wissensvermittlung an Kinder und Jugendliche. Dazu wird einerseits Material in Form von Texten oder Unterrichtsmaterialien benötigt, andererseits muss der Erklärung der verwendeten wissenschaftlichen Methoden und des Projektinhalts genügend Raum gegeben werden. Dieser ist in der derzeitigen Schul- und Unterrichtsstruktur nicht vorgesehen, daher kann dieser Wissenstransfer nur durch besonderes Engagement der Lehrerinnen, z.T. auch in deren Freizeit, erfolgen. Trotz des hohen zeitlichen und finanziellen Aufwandes ist der direkte und unmittelbare Kontakt zwischen WissenschaftlerInnen und SchülerInnen sehr wichtig für beide Seiten und trägt wesentlich zum Erfolg der Zusammenarbeit bei. SchülerInnen haben nicht nur fachlich etwas Neues gelernt, sondern auch durch den Prozess des Zusammenarbeitens an einem großen Projekt (Abb. 13) neue Kompetenzen erworben. Manches, das sie aus dem Projekt gewonnen haben, wird den SchülerInnen möglicherweise erst später bewusst werden.

Die unmittelbare Zusammenarbeit von Fachwissenschaft und Schule ist eine sehr wirksame, allerdings aufwändige Art der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. In Hinblick auf den in letzter Zeit allseits beklagten Mangel an Akademikern und Forschern in Österreich, ist es besonders wichtig, in der Jugend Verständnis für Wissenschaft und Forschung zu wecken.



**Abb. 13:** Plakaterstellung für die Ausstellung zum Tag der Wiener AHS beim Projektnachmittag an der BOKU im Oktober 2004

## Literaturverzeichnis

### StartClim2004.A

- Amt der Vorarlberger Landesregierung (2001): Klima von Vorarlberg -eine anwendungsorientierte Klimatographie. Bregenz.
- Auer, I. (1992): Precipitation Measurements in a high Alpine Region – Intercomparisons of different measuring systems. TECO 92, WMO/TD No 462, 251-256, Vienna.
- Auer, I. et al. (1989): Klima von Wien = Beiträge zur Stadtforschung, Stadtentwicklung und Stadtgestaltung, Band 20 : Eine anwendungsorientierte Klimatographie ; Forschungsprojekt (Projekt WC8) im Rahmen der Bund-Bundesländer-Kooperation auf dem Gebiet der Rohstoff- und Energieforschung / Magistrat der Stadt Wien ; Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.
- Auer, I. und Böhm, R. (1996): Ein Beitrag zur Frage über die Zunahme extremer Niederschlagsereignisse und Ausweitung von Trockenperioden in einer wärmeren Atmosphäre anhand der Wiener Meßreihe. Wetter und Leben 48, Heft 1-2, 13-24.
- Auer, I., Böhm, R. und Schöner, W. (2001): Austrian Long-term Climate 1767-2000. Multiple instrumental Climate time series from Central Europe. Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 25, Publ.Nr. 397. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- Auer (2001): ÖKLIM
- Benestad, E. Rasmus (2003): Past and future trends in the occurrence of wet and dry periods. met.no Report. Report No. 02/03 Klima. Norwegian Meteorological Institute.
- Brunetti M., Maugeri M., Nanni T., Navarra A. (2002). Droughts and extreme events in regional daily Italian precipitation series. IJC, 22, 543-558.
- Böhm, R. (1979): Erste Erfahrungen mit der Datenkorrektur und EDV – Aufbereitung von 75 Ombrometerstationen in Wien und Umgebung auf Tagessummenbasis. Anhang 5 zum Jahrbuch 1978 der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, D36-D56, Wien
- Colacino M., Conte M. (1995): Heat waves in the Central Mediterranean. A synoptic climatology. II Nuovo Cimento C, 18, 295-304.
- Easterling, D. R. et al. (2000): Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review. Bull. Am. Meteorol. Soc. 81, 417-425
- Eitzinger, J. and Weindl, M. (ed. 2004): Drought and drought monitoring in agriculture. International Workshop, June 7 2004, Deutsch-Wagram, Austria. (mit CD)
- Frich, P. et al. (2002): Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. Clim. Res. 19, 193-212
- Groisman, P. and Legates D.R. (1997): The accuracy of United States precipitation data. Bull. Amer. Meteorol. Soc., 75, 215-217.
- Kyselý, J., Kalvová, J. and Kveton, V. (2000): Heat Waves in the South Moravian Region during the Period 1961 – 1995. In: Studia geoph. Et geod. 44 (2000), 57-72. StudiaGeo s.r.o., Prague.
- Pfister, C. und Rutishauser, M. (2000): Dürresommer im Schweizer Mittelland seit 1525. In: Unterlagen zum OcCC/ProClim- Workshop vom 4. April 2000 in Bern.
- Schär C., Vidale P.L., Lüthi D., Frei C., Häberli C., Liniger M.A. & Appenzeller C., 2004: The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. Letters to Nature, publ. online 11 January 2004.
- Schöner W., Auer I., Böhm R. und Thaler S. (2003): Qualitätskontrolle und statistische Eigenschaften ausgewählter Klimaparameter auf Tageswertebasis im Hinblick auf Extremwertanalysen. Endbericht von StartClim.1 in StartClim, Startprojekt Klimaschutz. Erste Analysen extremer Wetterereignisse und ihrer Auswirkungen in Österreich, Teilprojekte 1-6, 1-35.

- Schorer, M. (1992): Extreme Trockensommer in der Schweiz und ihre Folgen für Natur und Wirtschaft. Geographica Bernensia, Bd. G 40. Geographisches Institut der Universität Bern 1992.
- Servuk, B. (ed. 1989): Precipitation Measurement. WMO/IAHS/ETH Workshop on Precipitation Measurement St. Moritz, 3-7 December 1989.
- Szalai, S., Espirito Santo, F. and Cabrinha Pires, V. (2002): Drought Investigations. = Final Report of Project no.4 in the framework of the climatological projects in the application area of ECSN.. Meteowiss, Zurich.
- Westermann (1968, 1970): W, Lexikon der Geographie. Braunschweig.
- WMO (1975): Drought and Agriculture. = Technical Note No. 138. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### **StartClim2004.B**

- Christensen, J.H., T.R. Carter, and F. Giorgi, 2002: PRUDENCE Employs New Methods to Assess European Climate Change, EOS, AGU, 83, 147.
- van den Dool, H., 1994: Searching for analogs, how long must we wait? Tellus, 46A, 314–324.
- Hewitson, B., and R. Crane, 1996: Climate downscaling: techniques and application. Clim. Res., 7, 85–95.
- IPCC, 2001: Climate Change 2001 - The Scientific Basis. Cambridge University Press, 881 pp.
- Kyselý, J., Kalvová, J. and Kveton, V. (2000): Heat Waves in the South Moravian Region during the Period 1961 - 1995. In: Studia geoph. Et geod. 44 (2000), 57-72. StudiaGeo s.r.o., Prague.
- Matulla, C., P. Haas, S. Wagner, E. Zorita, H. Formayer und H. Kromp-Kolb 2004: Anwendung der Analogmethode in komplexem Terrain: Klimaänderungsszenarien auf Tagesbasis für Österreich. GKSS report 2004/11, GKSS research center, Max-Planck-Strasse 1, D-21502 Geesthacht, Germany.
- Prudence, 2005: <http://prudence.dmi.dk/>
- Roeckner, E., J. Oberhuber, A. Bacher, M. Christoph, and I. Kirchner, 1996: ENSO variability and atmospheric response in a global coupled atmosphere-ocean GCM. Climate Dyn., 12, 737–745.
- von Storch, H., and F. Zwiers, 1999: Statistical Analysis in Climate Research. Cambridge University Press, 528 pp.
- Schöner, W., I. Auer, R. Böhm, and S. Thaler, 2003: Quality control and statistical characteristics of selected climate parameters on the basis of daily values in the face of Extreme Value Analysis (German). In: StartClim – Start Project: First analysis of extreme weather events and their impacts on Austria, H. Kromp-Kolb and I. Schwarzl (Eds.), Chapter 1, pp. pp 54. Institute of Meteorology and Physics, BOKU - University of Natural Resources and Applied Life sciences, Türkenschanzstraße 18, A-1180 Vienna, Austria. <http://www.austroclim.at/startclim/>.
- Uppala, S., 2003: ECMWF ReAnalysis 1957–2001, ERA-40. Proceedings of the Workshop on Reanalysis 5–9 Nov. 2001, ECMWF. 1–10.
- Vidale, P.L., D. Lüthi, C. Frei, S. Seneviratne, and C. Schär: Physical processes affecting the seasonal and inter-annual variations of the European water cycle, Q. J. Roy. Meteorol. Soc., (submitted), 2002.
- Zorita, E., and H. von Storch, 1999: The analog method - a simple statistical downscaling technique: comparison with more complicated methods. J. Climate, 12, 2474–2489.

## StartClim2004.C

- Alexandrov, V., J. Eitzinger and H. Formayer, 2000. Vulnerability and Adaptation Assessments of Agricultural Crops under Climate Change in North-East Austria. Proceedings of the 3rd European Conference on Applied Climatology "Tools for the environment and man of the year 2000" Pisa, Italy, 6 pp. (CD version).
- Alexandrov, V. and J. Eitzinger, 2003. Drought impacts in southeastern and central Europe during the late 20th century. Proceedings of the ECAM 2003, Rome, Italy, 16-19 September, 2003, 25 pp. (CD version).
- Allen, G.A., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy, 78-86.
- Eitzinger, J., V. Alexandrov, E. Klaghofer und M. Oberforster, 2001. Die Auswirkungen einer Klimaänderung auf den Wasserhaushalt von Kulturpflanzen bei unterschiedlichem Bodenspeichervermögen. Proceedings, Deutsch - Österreichisch - Schweizerische Meteorologen - Tagung, 18. bis 21. September 2001, Wien, Österreich.
- Eitzinger, J., Štastná, M., Žalud, Z., Dubrovský, M., 2003. A simulation study of the effect of soil water balance and water stress on winter wheat production under different climate change scenarios. *Agricultural Water Management*, 61, 3, 163-234.
- Eitzinger, J., Trnka, M., Hösch, J., Žalud, Z., Dubrovský, M., 2004. Comparison of CERES, WOFOST and SWAP models in simulating soil water content during growing season under different soil conditions. *Ecological Modelling* 171 (3), 223-246.
- Foley, J.C., 1957. Droughts in Australia: Review of Records from Earliest Years of Settlement to 1955. Australian Bureau of Meteorology, Bull. 43, 281pp.
- Gibbs, W.J., Maher, J.V., 1967. Rainfall Deciles as Drought Indicators. Australian Bureau of Meteorology, Bull. 48, 37 pp.
- Guttman, N.B., 1998. Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index. *Journal of the American Water Resources Association*, 34(1), 113-121.
- Harlfinger, O. und G. Knees, 1999. Klimahandbuch der Oesterreichischen bodenschaetzung. Mitteilung der Oesterreichischen Bodenkundlichen Gessellschaft. Heft 58, 196.
- Hoogenboom, G., Jones, J.W., Wilkens, P.W., Batchelor, W.D., Bowen, W.T., Hunt, L. A., Pickering, N.B., Singh, U., Godwin, D.C., Bear, B., Boote, K. J., Ritchie, J.T. and White, J.W., 1994, Crop models, DSSAT Version 3.0. International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer. University of Hawaii, Honolulu, 692 pp.
- Karl, T.R., 1986. The sensitivity of the Palmer Drought Severity Index and Palmers Z-index to their calibration coefficients including potential evapotranspiration. *J. Climate Appl. Meteor.* 25, 77-86.
- Kogan, F.N., 1995. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 76, 655-668.
- McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, pp. 179-184.
- McKee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist, 1995. Drought monitoring with multiple time scales. Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan 15-20, 1995, Dallas TX, pp. 233-236.
- Meyer, S.J., 1993a. A crop specific Drought index for corn I. Model development and validation. *Agronomy Journal* 85, vol 2, 388-395.
- Meyer, S.J., 1993b. A crop specific Drought index for corn II. Application in drought monitoring and assessment. *Agronomy Journal* 85, vol 2, 396-399.
- Palmer, W.C., 1965. Meteorological Drought. US Weather Bureau Research Paper No.45, Washington DC, 58 pp.
- Palmer, W.C., 1968. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new Crop Moisture Index. *Weatherwise* 21, 156-161.

- Peters, A. J., Walter-Shea, E. A., Ji, L., Vina, A., Hayes, M., Svoboda, M. D., 2002. Drought monitoring with NDVI-based standardized vegetation index. *Photogramm. Eng. Rem. S.*, 68 (1), 71-75.
- Schelling K., Born K., Weissteiner C., Kühbauch W. 2003: Relationships between yield and quality parameters of malting barley (*Hordeum vulgare* L.) and phenological and meteorological data. *Journal of Agronomy and Crop Science* 189, 113-122.
- Tsuji, G., Hoogenboom, G., Thornton, P., 1998. *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Acad. Publ., 399 pp.
- Wilkes, D.S., 1995. *Statistical methods in the atmospheric sciences: An introduction*. Academic Press, 467 pp.

### **StartClim2004.F**

- ALTER-Net**, <http://www.alter-net.info/>
- Eco GRID**, <http://seek.ecoinformatics.org/Wiki.jsp?page=EcoGrid>
- Austrian Grid**, <http://www.gup.uni-linz.ac.at/austriangrid/>

### **StartClim2004.G**

- Bartenwerfer, H. (1983). Allgemeine Leistungsdiagnostik. In K.-J. Groffmann L. Michel (Hrsg.) , *Intelligenz und Leistungsdiagnostik. Enzyklopädie der Psychologie, B, Serie II Band 2*. Göttingen: Hogrefe
- Brickenkamp, R. (2002): *Test d2 Aufmerksamkeits-Belastungs-Test*. Göttingen: Hogrefe
- Europäische Kommission, 2002: *EU-Aktionsplan Wissenschaft und Gesellschaft*
- Fanger, P.O. (1970): *Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering*. McGraw-Hill Book Company, USA
- Fortak, H. (1971): *Meteorologie*, Deutsche Buch-Gemeinschaft
- Hyde, R. (2000): *Climate Responsive Design*, E & FN SPON
- Koschnick, W.J. (2005). *FOCUS-Lexikon Werbeplanung Mediaplanung Marktforschung Kommunikationsforschung Mediaforschung*.  
[http://medialine.focus.de/PM1D/PM1DB/PM1DBF/pm1dbf\\_d.htm?snr=3317](http://medialine.focus.de/PM1D/PM1DB/PM1DBF/pm1dbf_d.htm?snr=3317) (7.1.2005)
- Santamouris M. and Asimakopoulos D. (1996): *Passive Cooling of Buildings*, James & James (Science Publiches) Ltd
- Schwarzl I., Haas W. (2003): *Kommunikation an der Schnittstelle Wissenschaft-Bildung. Endbericht von StartClim.11 in StartClim, Startprojekt Klimaschutz. Erste Analysen extremer Wetterereignisse und ihrer Auswirkungen in Österreich, Teilprojekte 7-14,C; Seiten 11-1 bis 11-43*

## Abbildungsverzeichnis

### Abbildungen

- Abb. 1: Zeitreihen der Zahl der Kyselý Tage pro Jahr in Wien Hohe Warte und Graz-Universität.----- 17**
- Abb. 2: Gesamtanzahl der Hitzetage nach Kyselý (rechts) im Zeitraum 1948 bis 2003 in Abhängigkeit von der Seehöhe und deren Zunahme (links) im Zeitraum 1948 bis 2003 in Abhängigkeit von der Seehöhe im Norden, Osten und Südosten Österreichs. ----- 18**
- Abb. 3: Zeitreihen der Trockenperioden von bestimmter Mindestandauer (oben 10 Tage, unten 20 Tage) in Österreich: links Summe aus 10 Stationen mit steigendem Trend, rechts Summe aus 10 Stationen mit fallendem Trend, Einzelwerte und linearer Trend im Zeitraum 1954 bis 2003 ohne Berücksichtigung der Jahreszeit.----- 18**
- Abb. 4: Zeitreihen der Trockenperioden bestimmter Mindestandauern im Herbst in Österreich (Summe von 30 Stationen). Einzelwerte, 5-jährige Glättung und linearer Trend im Zeitraum 1954 bis 2003. ----- 19**
- Abb. 5: Schematische Darstellung der verwendeten Datensätze und deren zeitliche Verfügbarkeit. Die Prudence RCM-Szenarios sind nur für den Zeitraum 2070-2100 verfügbar. Bei den beiden anderen Verfahren wurde der Zeitraum 2000 bis 2050 gewählt um Aussagen für die nächsten Jahrzehnte machen zu können. ----- 21**
- Abb. 6: Mittlere Anzahl an Hitzetagen im Nordosten Österreichs beobachtet und mittels verschiedener Techniken abgeleitete Szenarien. ----- 22**
- Abb. 7: Anzahl der Trockenperioden zwischen Mai und September im Nordosten Österreichs beobachtet und mittels verschiedener Techniken abgeleitete Szenarien. Wegen der geringen Robustheit der Methoden sollten die Ergebnisse nur qualitativ gewertet werden..... ----- 23**
- Abb. 8: Erträge von Grünland (Wiesen), Sommergerste, Körnermais und Weichweizen in den politischen Bezirken Österreichs im Jahr 2003 in Prozent der Erträge 1997 bis 2002. Grün: Erträge 2003 über dem Durchschnitt 1997-2002, gelb: orange, rot: Erträge 2003 durchschnittlich, unterdurchschnittlich, deutlich unterdurchschnittlich 1997-2002. Schraffierungen weisen auf eine Wiesen- bzw. Getreidefläche < 1% der Bezirksfläche hin. ----- 25**
- Abb. 9: Abgeleitete Trockenstressparameter aus dem agrarmeteorologischen FAO Modell für das Marchfeld und Winterweizen auf einem Boden mit mittlerer Bodenwasserspeicherkapazität. Alle Größen zeigen höhere Werte an, wenn Trockenstress auftritt. Wie zu erkennen ist, weisen deren Ergebnisse gewisse Schwankungsbreiten auf. ----- 27**

<b>Abb. 10: Uncertainty Concept Moss/Schneider (ZITAT)</b> -----	<b>28</b>
<b>Abb. 11: MEDEA Core Ontologie</b> -----	<b>29</b>
<b>Abb. 12: Zusammenhang zwischen Temperatur und Konzentrationsleitungswert KL (50% der 15 – 16 Jährigen haben beim ersten Test KL-Werte zwischen 141- 184)</b> -----	<b>30</b>
<b>Abb. 13: Plakaterstellung für die Ausstellung zum Tag der Wiener AHS beim Projektnachmittag an der BOKU im Oktober 2004</b> -----	<b>31</b>

## Anhang

### Projekte aus StartClim2003

Die folgende Projekte wurden in StartClim2003 bearbeitet. Die Berichte sind sowohl auf der StartClim2004-CD-ROM als auch auf der StartClim-Hompage ([www.austoclim.at/startclim/](http://www.austoclim.at/startclim/)) verfügbar

- StartClim.1: Qualitätskontrolle und statistische Eigenschaften ausgewählter Klimaparameter auf Tageswertbasis im Hinblick auf Extremwertanalysen**  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Wolfgang Schöner, Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Sabina Thaler
- StartClim.2: Zeitliche Repräsentativitätsanalyse 50jähriger Klimadatensätze im Hinblick auf die Beschreibung der Variabilität von Extremwerten**  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Eva Korus, Wolfgang Schöner
- StartClim.3a: Extremereignisse: Ereignisbezogene Dokumentation- Prozesse Bergstürze, Hochwasser, Muren, Rutschungen und Lawinen**  
Institut für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen  
Universität für Bodenkultur  
Dieter Rickenmann, Egon Ganahl
- StartClim.3b: Dokumentation von Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf die landwirtschaftliche Produktion**  
ARC Seibersdorf research  
Gerhard Soja, Anna-Maria Soja
- StartClim.3c: Ereignisdatenbank für meteorologische Extremereignisse MEDEA (Meteorological extreme Event Data information system for the Eastern Alpine region)**  
Umweltbundesamt, Martin König, Herbert Schentz, Johann Weigl  
IIASA, Matthias Jonas, Tatiana Ermolieva
- StartClim.4: Diagnose von Extremereignissen aus großräumigen meteorologischen Feldern**  
Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur  
Andreas Frank, Petra Seibert
- StartClim.5: Statistische Downscalingverfahren zur Ableitung von Extremereignissen in Österreich**  
Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur  
Herbert Formayer, Christoph Matulla, Patrick Haas  
GKSS Forschungszentrum Geesthacht, Nikolaus Groll
- StartClim.6: Adaptionsstrategien der von extremen Wetterereignissen betroffenen Wirtschaftssektoren: Ökonomische Bewertung und die Rolle der Politik**  
Austrian Humans Dimensions Programme (HDP-A)  
Institut für Volkswirtschaftslehre Karl-Franzens-Universität Graz  
Karl Steininger, Christian Steinreiber, Constanze Binder, Erik Schaffer  
Eva Tusini, Evelyne Wiesinger
- StartClim.7: Hochwasser-bedingte Veränderungen des gesellschaftlichen Stoffwechsels: Fallstudie einer betroffenen Gemeinde**  
Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung,  
Abteilung Soziale Ökologie  
Willi Haas, Clemens Grünbühel, Brigitt Bodingbauer

- StartClim.8: Risk Management and Public Welfare in the Face of Extreme Weather Events: What is the Optimal Mix of Private Insurance, Public Risk Pooling and Alternative Risk Transfer Mechanisms**  
Institut für Volkswirtschaftslehre Karl-Franzens-Universität Graz  
Walter Hyll, Nadja Vettters, Franz Prettenthaler
- StartClim.9: Hochwasser 2002: Datenbasis der Schadensbilanz**  
Zentrum für Naturgefahren (ZENAR), Universität für Bodenkultur  
Helmut Habersack, Helmut Fuchs
- StartClim.10: Ökonomische Aspekte des Hochwassers 2002: Datenanalyse, Vermögensrechnung und gesamtwirtschaftliche Effekte**  
Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung  
Daniela Kletzan, Angela Köppl, Kurt Kratena
- StartClim.11: Kommunikation an der Schnittstelle Wissenschaft und Bildung**  
Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur  
Ingeborg Schwarzl  
Institut für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung,  
Abteilung Soziale Ökologie  
Willi Haas
- StartClim.12: Innovativer Zugang zur Analyse des Hochwasserereignisses August 2002 im Vergleich zu ähnlichen Extremereignissen der jüngeren Vergangenheit**  
Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien  
Simon Tschannett, Barbara Chimani, Reinhold Steinacker
- StartClim.13: Hochaufgelöste Niederschlagsanalysen**  
Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien  
Stefan Schneider, Bodo Ahrens, Reinhold Steinacker, Alexander Beck
- StartClim.14: Hochwasser 2002: Prognosegüte meteorologischer Vorhersagemodelle**  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Thomas Haiden, Alexander Kann
- StartClim.C: Erstellung eines langfristigen Klima-Klimafolgen-Forschungsprogramms für Österreich**  
Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur  
Helga Kromp-Kolb, Andreas Türk
- StartClim.Literaturdatenbank:**  
**Aufbau einer umfassenden Literaturdatenbank zur Klima- und Klimafolgenforschung als allgemein zugängliche Basis für weitere Klimaforschungsaktivitäten**  
Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur  
Patrick Haas

