

# StartClim2004.G

**„Hängen Hitze und Leistungsfähigkeit  
zusammen?“**

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

**Institut für Meteorologie  
Universität für Bodenkultur Wien**



**Projektleitung:**

Mag. Ingeborg Schwarzl  
Institut für Meteorologie,  
Department für Wasser, Atmosphäre, Umwelt, Universität für Bodenkultur

**Projektmitarbeiter:**

Mag. Elisabeth Lang  
Psychologin

Erich Mursch-Radlgruber (Messtechnik)  
Institut für Meteorologie,  
Department für Wasser, Atmosphäre, Umwelt, Universität für Bodenkultur

**Kooperationspartner:**

Oberstufenrealgymnasium Hegelgasse, Klasse 5.a Jahrgang 2003/04

Lehrerinnen: Mag. Renate Windstey (Biologie)

Mag. Monika Bartl (Deutsch, Klassenvorstand)

Dr. Sidonia Binder (Geographie und Wirtschaftskunde)

Mag. Monika Gundolf (EDV)

Mag. Gertrude Kracher (EDV und Mathematik)

Wien, im Jänner 2005

StartClim2004.G

Teilprojekt von StartClim2004

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

Projektleitung StartClim2004:

Institut für Meteorologie,  
Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur

Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien

URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>

## Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>4</b>
<b>Abstract</b>	<b>4</b>
<b>G-1 Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>G-2 Fachwissenschaftlicher Aspekt</b>	<b>6</b>
<b>G-2.1 Themenmotivation</b>	<b>6</b>
<b>G-2.2 Methode</b>	<b>6</b>
<i>G-2.2.1 Temperatur und Feuchtigkeit</i>	<i>6</i>
<i>G-2.2.2 Erfassung der Konzentrationsleistung</i>	<i>7</i>
<i>G-2.2.3 Thermische Behaglichkeit</i>	<i>9</i>
<b>G-2.3 Ergebnisse und Empfehlungen</b>	<b>9</b>
<i>G-2.3.1 Ergebnisse der Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen</i>	<i>9</i>
<i>G-2.3.2 Ergebnisse Konzentrationsleistung</i>	<i>12</i>
<i>G-2.3.3 Ergebnisse thermische Behaglichkeit</i>	<i>14</i>
<i>G-2.3.4 Übergreifende Auswertung</i>	<i>15</i>
<i>G-2.3.5 Empfehlungen:</i>	<i>15</i>
<b>G-3 Bildungswissenschaftlicher Aspekt</b>	<b>16</b>
<b>G-3.1 Schulwahl, Kontakt zur Schule/Motivation für Schule</b>	<b>16</b>
<b>G-3.2 Projektkonzept</b>	<b>16</b>
<b>G-3.3 Projektverlauf</b>	<b>17</b>
<b>G-3.4 Feedback durch SchülerInnen und LehrerInnen</b>	<b>19</b>
<b>G-3.5 Ergebnisse und Empfehlungen</b>	<b>20</b>
<b>G-4 Zusammenfassung</b>	<b>23</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>25</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>26</b>
<b>Anhang</b>	<b>27</b>

## Kurzfassung

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 lautet „Hängen Hitze und Leistungsfähigkeit zusammen?“. Die Konzentrationsleistung wurde von SchülerInnen einer 5. Klasse AHS (ORG Hegelgasse, Wien) mittels eines einfachen Tests aus der Psychologie (2d-Test) im Mai und Juni 2004 regelmäßig gemessen. Zusätzlich wurde die subjektive thermische Behaglichkeit von den SchülerInnen aufgezeichnet. Beides konnte mit den im Klassenzimmer, im Lehrerzimmer 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 viel versprechend: ein quantifizierbarer Zusammenhang zwischen der Raumtemperatur und der Konzentrationsleistungsfähigkeit konnte ermittelt werden.

Die unmittelbare Zusammenarbeit von Wissenschaft und Schule ist eine sehr wirksame, aber 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.

## Abstract

At the interface between science and education in **StartClim2004.G** new approaches for the communication between those very different institutions were tested. The subject of this project was „Is there a relation between heat and productivity?“ Productivity was measured using a psychological test (Test d2) in May and June 2004 in a class of 15 and 16 year olds (ORG Hegelgasse) in Vienna. Additionally students recorded their subjective estimation of thermal comfort. Both data sets were linked with temperature and humidity measured in the classroom, the teachers room and outside. Although bad circumstances (no heat at school days, irregular presence of students) affected this project this method to measure productivity is very promising: a relation between room temperature and power of concentration could be quantified.

Direct cooperation between science and schools is a very effective but expensive process of the science society dialog. With respect to the recent public discussion of the shortage of university graduate people and scientists in Austria it is important to raise the interest in science and research in young persons.

## G-1 Einleitung

StartClim2004.G ist an der Schnittstelle Wissenschaft-Bildung angesiedelt und bildet somit neben den fachlichen Fragestellungen auch einen transdisziplinären Teil von StartClim. Mit der Fragestellung „Hängen Hitze und Leistungsfähigkeit zusammen?“ sollen in diesem Teilprojekt von StartClim2004 SchülerInnen und LehrerInnen den wissenschaftlichen Forschungsprozess durch aktive Mitarbeit kennen lernen und damit zusätzlich bei der Aufarbeitung des Themas Klimawandel und Hitze unmittelbar unterstützt werden.

StartClim2004 hat „Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich“ zum Thema und bildet den formalen und thematischen Rahmen für diese Zusammenarbeit mit Bildungseinrichtungen. Die Erfahrungen aus StartClim2003 sollen genutzt und um neue Erfahrungen erweitert werden. ForscherInnen soll durch die Kooperation der Blick für die Fragen und Probleme insbesondere der jungen Öffentlichkeit, sowohl zum Thema Klimawandel als auch zur Wissenschaft allgemein, geöffnet werden. Aus dem Testen neuer Methoden entsteht zusätzlich fachwissenschaftlicher Wissensgewinn

Auf dem Weg zu einer wissensbasierten Gesellschaft gewinnt der Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft zunehmend an Bedeutung (EU-Aktionsplan, 2002). Bildungseinrichtungen sind wichtige Dialogpartner, da in diesen schon frühzeitig der Grundstein für ein grundsätzliches Verständnis für die Notwendigkeit und die Funktionsweise der Wissenschaft gelegt werden kann. Forschungsprogramme (z.B. proVision), die Kooperationen mit Bildungseinrichtungen als fixen Bestandteil der Forschungsprojekte vorschreiben, zeigen, dass diese Art des Dialoges auch im öffentlichen Interesse liegt und gefördert wird.

Die unmittelbare Zusammenarbeit mit SchülerInnen ist eine Möglichkeit, in der jungen Generation das Bewusstsein für den Klimawandel und die persönliche Wahrnehmung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels zu schaffen.

Die Arbeit in diesem Projekt gliedert sich in zwei wesentlich unterschiedliche Bereiche:

Im **fachwissenschaftlichen<sup>1</sup> Teil** des Projekts wird die Fragestellung nach dem Zusammenhang zwischen Hitze und Leistungsfähigkeit bearbeitet und dabei eine einfache Methode zur Messung der Leistungsfähigkeit entwickelt.

Im **bildungswissenschaftlichen Teil** geht es darum, die Mechanismen der Zusammenarbeit zwischen Bildungseinrichtungen, die Wissen und Fähigkeiten vermitteln und zeitlich sehr straff organisiert sind, und wissenschaftlichen Institutionen, in denen neues Wissen in verhältnismäßig freiem Zeitablauf generiert wird, besser zu verstehen und daraus Empfehlungen aus Sicht der Fachwissenschaften zu erarbeiten.

Da sowohl im fachwissenschaftlichen als auch im bildungswissenschaftlichen Teil dieses Projekts neue Ansätze erprobt werden, ist StartClim2004.G als Pilotprojekt zu sehen, und es sind keine vollständig ausgetesteten Ergebnisse zu erwarten. Ziel dieses Projektes ist dabei vielmehr, festzustellen, ob die gewählte Methode für die Bewertung des Zusammenhangs zwischen Leistungsfähigkeit und Hitze geeignet ist.

---

<sup>1</sup> Mit Fachwissenschaft sind hier alle Disziplinen gemeint, die nicht Bildungswissenschaften sind.

## G-2 Fachwissenschaftlicher Aspekt

### G-2.1 Themenmotivation

Eingebettet in das Gesamtthema von StartClim2004 „Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich“, das derzeit aufgrund des Hitzesommers 2003 hoch aktuell ist, soll in StartClim2004.G eine Fragestellung bearbeitet werden, die SchülerInnen anspricht, betroffen macht und in der Schule umsetzbar ist. Gleichzeitig muss die Beantwortung der Fragestellung in der kurzen Zeit mit der Schule durchführbar sein und in den Lehrplan integriert werden können.

Leistung erbringen ist ein wichtiger Faktor in der Schule und somit etwas, das SchülerInnen tun müssen. Die persönliche Betroffenheit erhöht (hoffentlich) die Motivation für die Mitarbeit. Das Thema Hitze und die Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit sind nicht nur für die Schule relevant sondern können sich auch in der Wirtschaft auswirken, wo verminderte Leistungsfähigkeit zu Produktionsausfällen bzw. -minderung oder eventuell schlechterer Qualität der Produkte führen könnte.

### G-2.2 Methode

Ziel ist es, Hitze, Konzentrations-Leistung und thermische Behaglichkeit zu messen und das Zusammenspiel dieser Größen nach Möglichkeit zu quantifizieren. Die Messungen sollen so einfach sein, dass sie für die SchülerInnen nachvollziehbar und eigenständig durchführbar sind und schnell und einfach umgesetzt werden können. Trotzdem sollen am Ende aussagekräftige Daten vorhanden sein und nach Möglichkeit zum Ende des Schuljahres erste Ergebnisse.

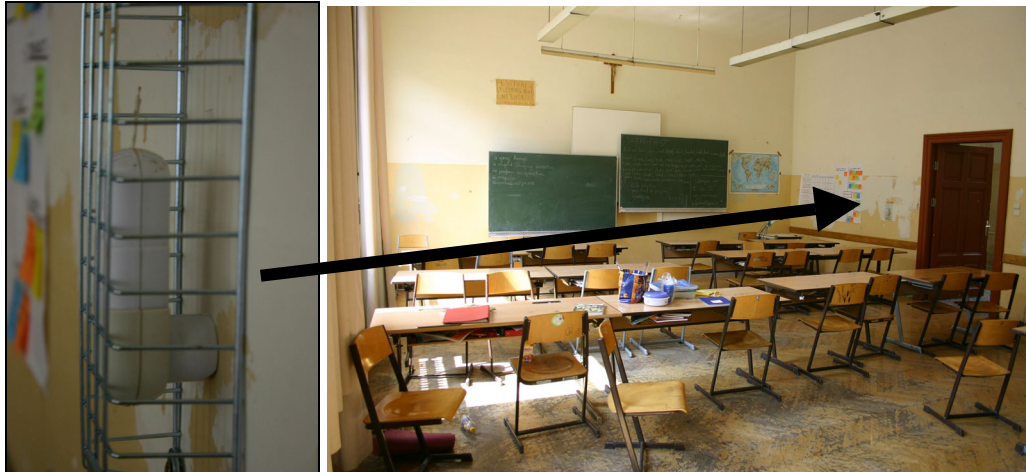
Unter **Hitze** versteht man meistens eine Bezeichnung für hohe Werte der **Temperatur**. Aufgrund des unterschiedlichen Wärmeempfinden des Menschen gibt es keine einheitlich festgelegte Definition. In Mitteleuropa wird vielfach das Überschreiten eines Tagesmittels der Temperatur von 25,0°C als Grenzwert für Hitze verwendet. Für das Empfinden von Hitze ist weiters auch **Luftfeuchtigkeit** (Verhältnis zwischen aktuellem Dampfdruck und dem Sättigungsdampfdruck der Luft) von Bedeutung.

Allgemeine Voraussetzungen zur Erzielung von Leistung sind z.B. Konzentration, Aufmerksamkeit, Anstrengung und Aktivierung (Bartenwerfer, 1983). Unter dem Konstrukt Konzentration versteht man sinngemäß die leistungsbezogene Fähigkeit eines Individuums, sich bestimmten internen oder externen Reizen (Aufgaben) unter Abschirmung gegenüber irrelevanten Reizen (Ablenkung), ununterbrochen zuzuwenden und diese schnell und korrekt zu analysieren. In diesem Sinne wird hier als Maß für die Leistung die (auf externe visuelle Reize bezogene) **Konzentrationsleistung** herangezogen.

Die **thermische Behaglichkeit** beschreibt jene klimatischen Umweltbedingungen, unter denen sich ein Mensch behaglich fühlt, d.h. weder kühlere noch wärmere Verhältnisse wünscht. Thermische Behaglichkeit hängt neben zahlreichen anderen Faktoren besonders stark von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit ab.

#### G-2.2.1 Temperatur und Feuchtigkeit

Als zwei der wesentlichen Faktoren, die das persönliche Empfinden von Hitze ausmachen, wurden die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit gemessen.



**Abb. G-1:** Temperatur- und Feuchte-Sensor im Klassenraum

Die Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) und die relative Feuchte (%) im Raum wurden mit einfachen, im Feldeinsatz bereits erprobten Sensoren (siehe Abb. G-1) gemessen. Dazu wurden im Klassenzimmer und Lehrerzimmer in jeweils zwei Sensoren in 1,5 m Höhe (Augenhöhe) montiert. Ein Sensor befand sich an der Fensterwand, der zweite jeweils an der gegenüberliegenden Wand. Ein weiterer Sensor wurde im Schulhof in ca. 7-8m Höhe (Baum) etwas zeitverzögert montiert. Die Messsensoren übermittelten alle 15 Minuten die aktuellen Messdaten per Funk an einen Empfänger, der versperrt in einem Kasten im Klassenzimmer verwahrt war. Einmal pro Woche wurden die Daten von den EDV-Lehrerinnen ausgelesen, per E-Mail an die BOKU übermittelt und als Kurvendiagramm farbig ausgedruckt im Klassenzimmer aufgehängt (Abb. G-4, G-5).

### **G-2.2.2 Erfassung der Konzentrationsleistung**

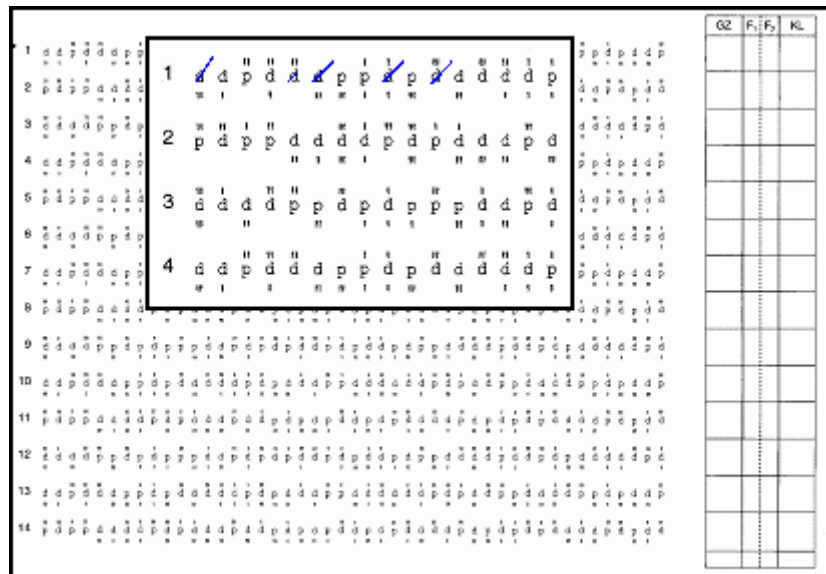
Die auf (visuelle Reize bezogene) **Konzentrationsleistung** wird anhand des Test d2 (Brickenkamp, 2002) erhoben. Die Auswahl dieses psychologischen Testverfahrens erfolgte aufgrund folgender Voraussetzungen:

- Instruktionen sollen einfach und allgemein verständlich sein.
- Die Durchführung des Test soll ohne langwieriges Einüben ausgeführt werden können.
- Das Verfahren soll in der Gruppe durchführbar sein und nur wenig Zeit in Anspruch nehmen.
- Das Verfahren soll ökonomisch sein; d.h. es soll einen möglichst geringen Zeit- und Materialaufwand für die Anwendung und Auswertung erfordern.
- Die primären Testgütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität sollen in optimaler Weise gewährleistet werden.

Der Test d2 wird universell zur Diagnose visueller Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistungen eingesetzt. Z.B. in der Verkehrspsychologie zur Kraffahreignung, in der Arbeitspsychologie zur Eignungsdiagnostik, in der pädagogischen Psychologie zur Ursachenklärung bei Schulversagen, in der Sportpsychologie zur Auslese und Training, etc.

Der Test besteht aus einem DIN-A4-Querformat, welches mit 14 Testzeilen bedruckt ist. Jede dieser Zeilen setzt sich aus 47 Zeichen zusammen. Insgesamt gibt es 16 verschiedene Zeichen, die aus der Kombination der Buchstaben „d“ und „p“ mit einem, zwei, drei oder vier Strichen entstanden sind. Aus der gemischten Reihenfolge soll jedes „d“, das mit zwei Strichen versehen ist, durchgestrichen werden (siehe Abb. G-2).

Zu beachten ist die Abgrenzung zu Intelligenztests. Konzentrationsleistungstests sollen prinzipiell etwas anderes als Intelligenz messen. Da jedoch die Subtests von älteren Intelligenztests ein hohes Maß an Konzentration voraus setzen, sind bei älteren Intelligenztest auch höhere Korrelationswerte zum Test d2 zu erwarten. Bei neueren Intelligenztests wird nur ein geringes Maß an Konzentration vorausgesetzt, welches psychisch gesunde Personen normalerweise aufbringen können. In diesen Fällen erwartet man nur sehr geringe Korrelationen zwischen dem Test d2 und den Intelligenztestergebnissen.



**Abb. G-2:** Test d2 zur Messung der Konzentrationsleistung (KL)

Ein Probetest wurde mit der gesamten Klasse und den LehrerInnen unter Anleitung der Psychologin bei der Projekteinführung Ende April durchgeführt. Die reine Testdurchführung dauert vier Minuten (ohne Instruktion) und beinhaltet die Anweisung, „so schnell wie möglich – aber auch ohne Fehler“ zu arbeiten. Bei den weiteren Tests war es die Aufgabe der LehrerInnen, die Zeitmessung und Instruktion zu übernehmen.

Es zeigte sich, dass diese Probetestung mit Anleitung durch die Psychologin sehr wichtig war, um Missverständnisse und mögliche Fehlerquellen so gering wie möglich zu halten.

Diese Fehlerquellen sind z.B.:

- sofortiger Beginn – vor dem Kommando des Instructors (Zeitmessung)
- falsches Schreibmaterial (Mine bricht ab,..)
- Manche Schüler beginnen von rechts nach links, oder von unten nach oben – hier wäre keine Auswertung möglich
- Wie wird ein falsch durchgestrichenes „d“ gekennzeichnet um doch als richtig bewertet zu werden
- ...

Das Zustandekommen der Konzentrationsleistung manifestiert sich im Test d2 im „KL-Wert“. Er beschreibt die Sorgfalt und Qualität der Bearbeitung, die sich invers aus dem Fehleranteil schließen lässt. Der KL-Wert wurde als der stabilste Ergebniswert des Test d2 für die Auswertung herangezogen.

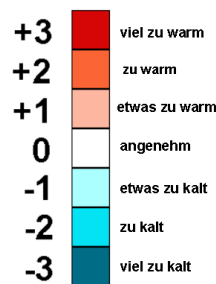


Es ist zu berücksichtigen, dass die Test-Leistung mit der Anzahl der Testwiederholungen ansteigt. Für die mehr als zweimalige Testung mit dem selben Verfahren (Test d2) stehen jedoch noch keine standardisierten Vergleichsdaten zur Verfügung. Der in der Testbeschreibung empfohlene Einsatz einer Kontrollgruppe zum Vergleich war in diesem Projektumfeld nicht möglich. Die Eliminierung dieses Lerneffekts erfolgte daher in erster Näherung auf rechnerischem Weg (siehe Kap.G-2.3.2.).

### **G-2.2.3 Thermische Behaglichkeit**

Die thermische Behaglichkeit ist ein Maß für die Reaktion des menschlichen Körpers auf klimatische Umgebungsbedingungen. Fanger (1970) entwickelte ein empirisches Bewertungsverfahren, das die thermische Behaglichkeit in Abhängigkeit von vielen physikalischen Größen, die z.T. nur sehr aufwendig gemessen werden können, ergibt. Das Ergebnis ist eine siebenteilige Skala mit den Abstufungen zwischen „heiß“ und „kalt“, wobei der Wert Null dem Empfinden „angenehm, ich möchte nichts ändern“, entspricht.

Im Rahmen dieses Projekts war es nicht möglich, so umfangreiche Messungen durchzuführen. Daher sollte das subjektive Empfinden der thermischen Behaglichkeit von den SchülerInnen auf einer siebenteiligen Skala (Abb. G-3) bewertet und dokumentiert werden. Dazu erhielt jede/r SchülerIn pro Woche ein Blatt, auf dem zweimal pro Tag (10 Uhr, 12 Uhr, außer Mittwoch) die aktuelle thermische Behaglichkeit durch Ankreuzen eingetragen wurde.



**Abb. G-3:** Behaglichkeitsskala

## **G-2.3 Ergebnisse und Empfehlungen**

### **G-2.3.1 Ergebnisse der Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen**

Es liegt eine Zeitreihe von ca. acht Wochen (Mai/Juni 2004) vor. In den Abb. G-4 und G-5 sind einerseits der Temperatur- und Feuchteverlauf im Klassenzimmer und andererseits die Temperaturverläufe von Klassenzimmer, Lehrerzimmer und Schulhof jeweils wochenweise dargestellt. Der gemessene Temperaturbereich im Klassenzimmer erstreckte sich an den Schultagen in der Zeit zwischen 8 und 14 Uhr von 19,5°C bis 27,7°C, der Feuchtebereich von 24% bis 61%. Anhand dieser Kurven wurden an einem zusätzlich eingeschobenen Projekttag Anfang Juni die Daten und ihre Zusammenhänge von SchülerInnen, LehrerInnen gemeinsam mit der Wissenschaftlerin diskutiert. Man erkennt in den Daten z.B. den unterschiedlichen Temperaturverlauf im Lehrerzimmer und Klassenzimmer, der sich aus der unterschiedlichen Raumnutzung ergibt. Die Abkühlung im Klassenzimmer in den Pausen (bes. 10 Uhr-Pause) durch Lüften ist ebenso deutlich zu erkennen wie das regelmäßige Lüften in der Früh durch die Schulwartin im Lehrerzimmer.

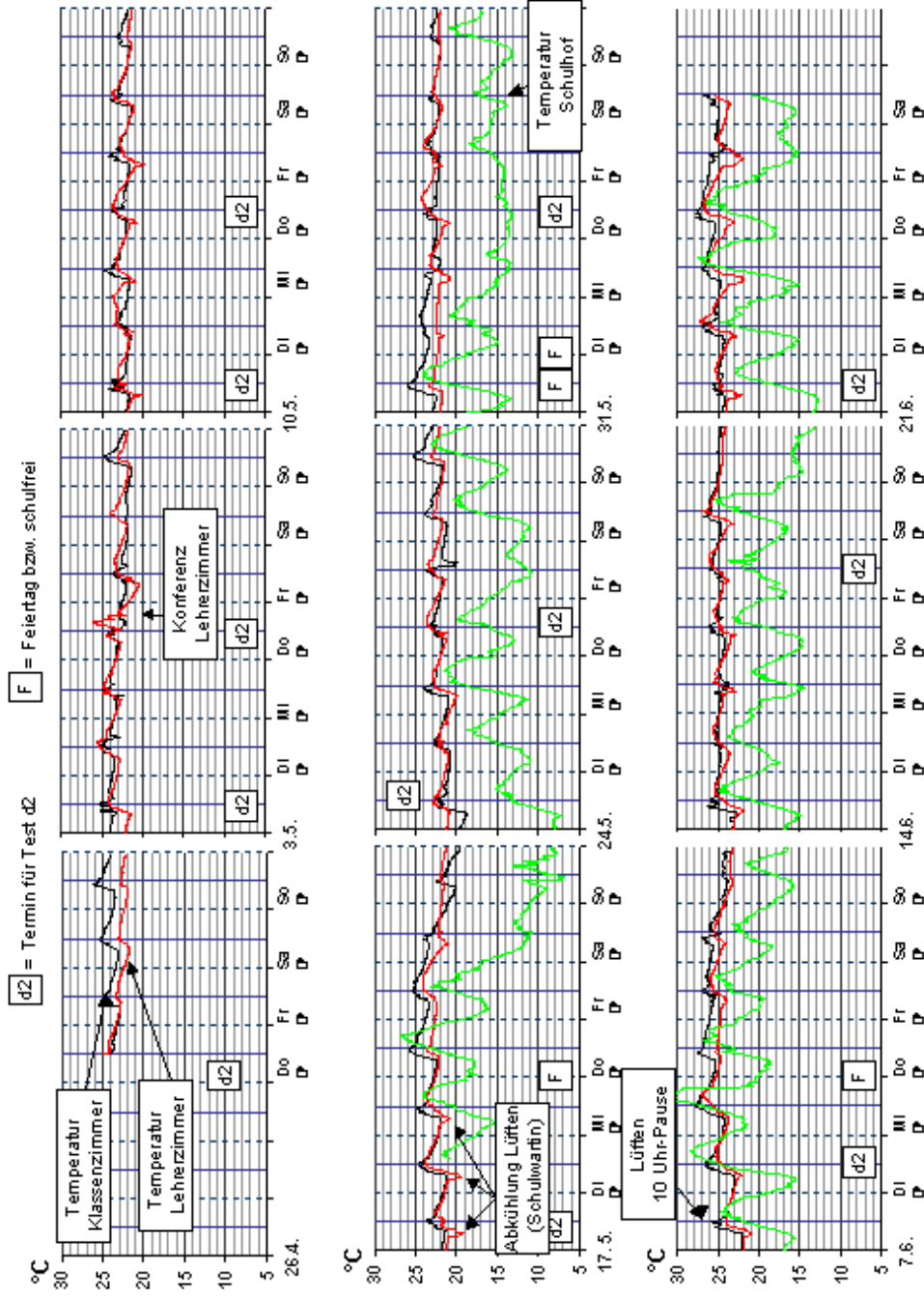


Abb. G-4: Temperatur und Feuchteverlauf im Klassenzimmer Mai und Juni 2004.

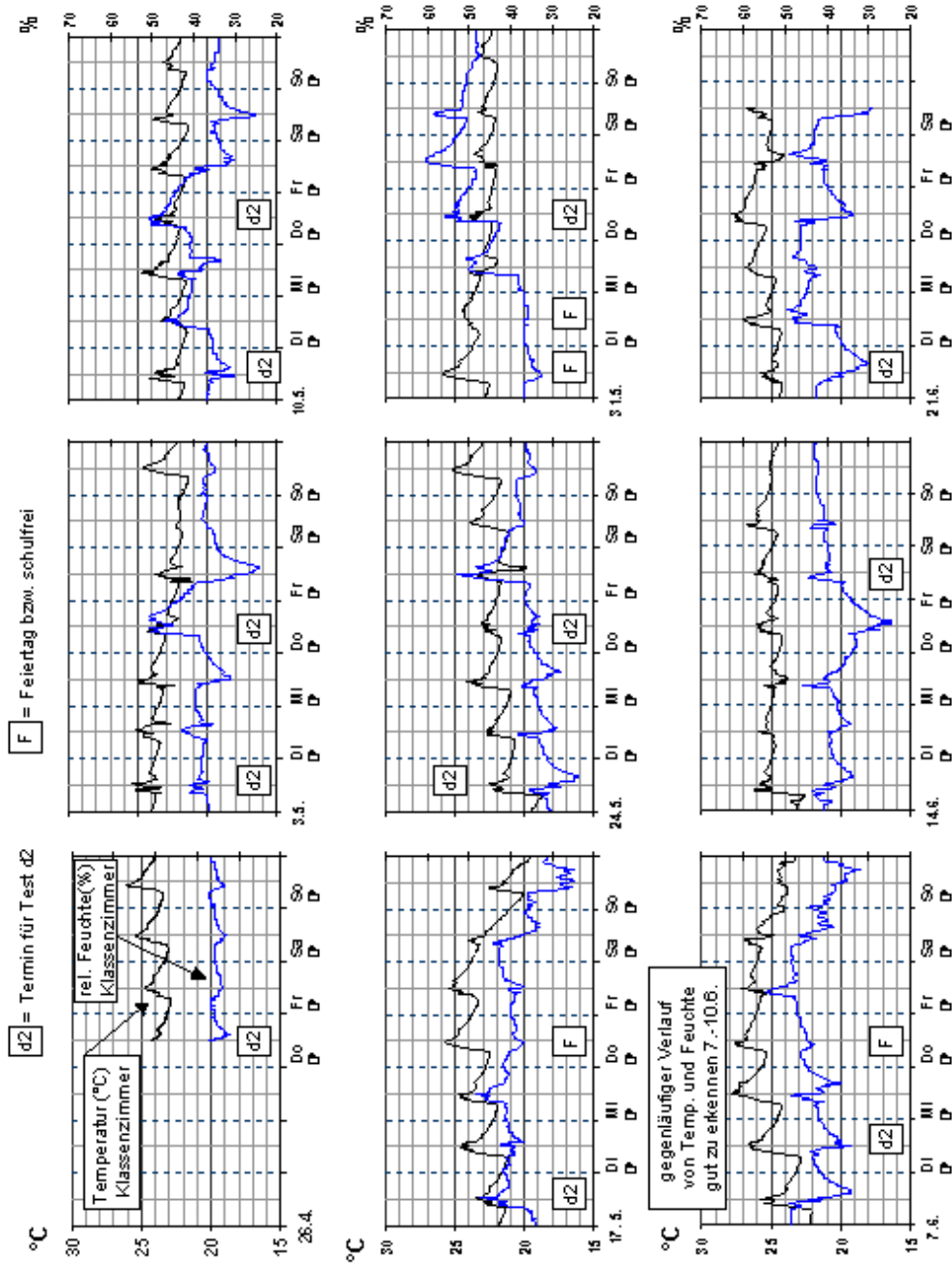
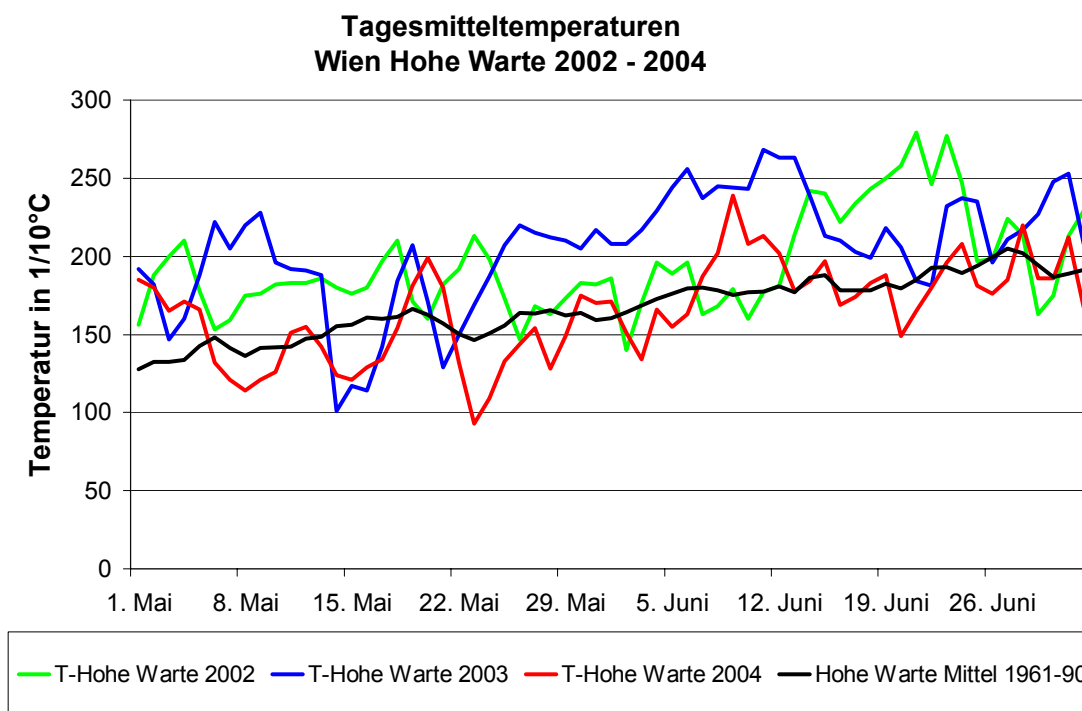


Abb. G-5: Temperaturverlauf im Klassenzimmer, Lehrerzimmer, Schulhof im Mai und Juni 2004

Anhand der Temperatur- und Feuchtekurven aus dem Klassenzimmer wurde den SchülerInnen der gegenläufige Verlauf von relativer Luftfeuchte und Raumtemperatur erklärt. Die relative Luftfeuchtigkeit nimmt bei steigender Temperatur ab und umgekehrt, der Verlauf ist z.B. gestört, wenn ein Luftmassenwechsel stattfindet, pendelt sich aber danach wieder ein.

Ein sehr einschränkender Faktor für die Untersuchung eines Zusammenhangs zwischen Hitze und Konzentrationsleistung war, dass im verhältnismäßig normalen Sommer 2004 im Vergleich zu den beiden vorangegangenen Jahren in den Monaten Mai und Juni keine extremen Temperaturen auftraten. In Abb. G-6 ist der Temperaturverlauf der Monate Mai und Juni in den Jahren 2002 bis 2004 im Vergleich zum langjährigen Mittel (1961-90) dargestellt. Hier kann man deutlich sehen, dass es 2004 keinen einzigen Tag mit einem Tagesmittel von über 25°C gegeben hat. Die wenigen Tage, die einen Maximalwerte um 30°C erreichten, fielen zusätzlich noch auf schulfreie bzw. „messfreie“ Tage (siehe Abb.: G-5)

Anhand der verschiedenen Temperaturdarstellungen wurden mit den SchülerInnen die unterschiedlichen Aussagen von Mittelwerten und aktuellen Werten diskutiert. So ist z.B. der typische Kälteeinbruch im Mai (Eismänner) im langjährigen Mittel zu sehen, die heißen (Schul)Tage der vorangegangenen beiden Jahre aber nicht.



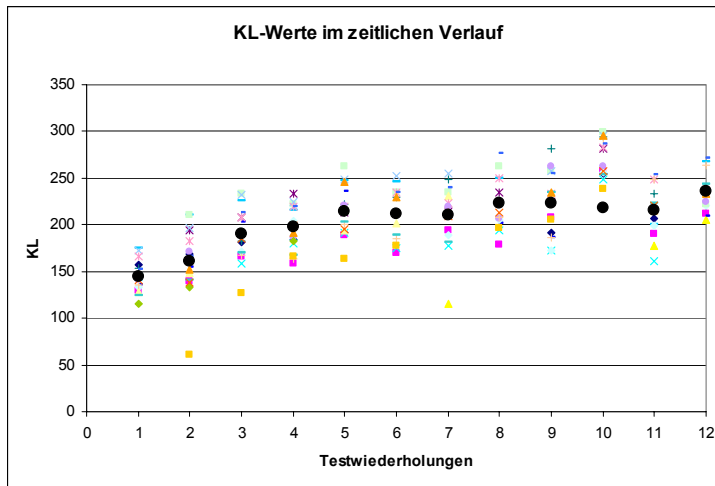
**Abb. G-6:** Vergleich der Tagesmitteltemperaturen der Monate Mai und Juni für die Jahre 2002 – 2004 (Datenquelle: ZAMG)

### G-2.3.2 Ergebnisse Konzentrationsleistung

Der Test d2 wurde inklusive des ersten Probetests Ende April zwölf Mal durchgeführt. Aufgrund des leider nur sehr kleinen Temperaturbereiches und der aufgrund der sehr unregelmäßigen Anwesenheit der SchülerInnen (nur 5 von 22 waren „immer da“) eher uneinheitlichen Daten des Test d2 wurde die Auswertung auf die einfachen Methoden beschränkt, die in der Schule auch verfügbar und bekannt sind.

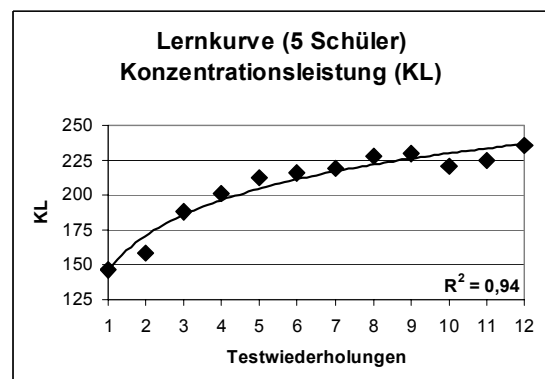
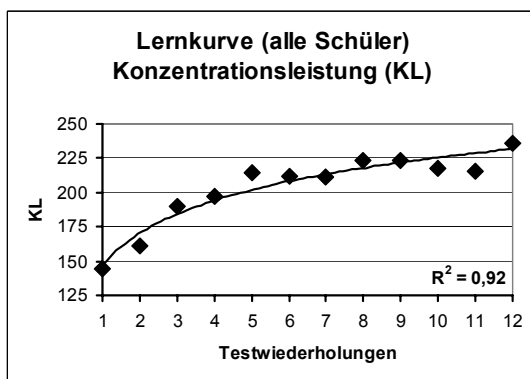
Abb. G-7 zeigt den Verlauf der mittleren Konzentrationsleistung der SchülerInnen der 5.a des ORG Hegelgasse. Es ist deutlich zu erkennen, dass mit der häufigen

Wiederholung der Tests die KL-Werte deutlich ansteigen. Ebenfalls zu erkennen ist, dass einige SchülerInnen in der Anfangsphase der Testperiode nicht dabei waren und daher zu einem späteren Zeitpunkt (auch aufgrund der fehlenden Erläuterungen) deutlich schlechtere Ergebnisse als ihre KollegInnen erzielten.



**Abb. G-7:** KL-Werte aller SchülerInnen im zeitlichen Verlauf  
 schwarzer Punkt: Mittelwert über alle an diesem Tag anwesenden SchülerInnen, andere  
 Symbole: KL-Werte der einzelnen SchülerInnen

Der zehnte Testlauf wurde versehentlich statt vier Minuten fünf Minuten lang durch geführt, das Ergebnis fällt daher deutlich aus der Reihe heraus. Der Mittelwert wurde für die Auswertung in erster Näherung durch eine Multiplikation mit dem Faktor 4/5 (Zeitverhältnis) korrigiert. Da aufgrund der uneinheitliche Datenqualität nur qualitative Ergebnisse zu erwarten sind, scheint diese Korrektur zulässig.



**Abb. G-8:** Kurvenanpassung des Lerneffekts des Test d2

Den Lerneffekt durch die mehrmalige Wiederholung des Tests kann man graphisch mittels einer „Lernkurve“ darstellen. Nach Koschnik, 2005 lassen sich vier verschiedenen Typen von Lernkurven unterscheiden. In diesem Fall zeigt die Lernkurve einen konkaven Verlauf. Nach einem anfänglich starken Anstieg des Lerneffekts folgt anschließend nur noch eine geringe Leistungssteigerung. Von den im Excel-Programm (MS Office wird in der Schulen im EDV-Unterricht verwendet) verfügbaren Anpassungsfunktionen, konnte eine logarithmischen Funktion diese Kurvenform am besten wiedergeben. Der Lerneffekt kann damit sowohl für die Mittelwerte aller SchülerInnen als auf für die Mittelwerte der fünf vollständigen Datenreihen der SchülerInnen, die bei allen Tests anwesend waren, zu rund 90% erklärt werden (Abb.

G-8). Das Bestimmtheitsmaß der Anpassung ist allerdings sehr sensitiv auf die Anzahl der Kurvenpunkte

### G-2.3.3 Ergebnisse thermische Behaglichkeit

Da der gemessene Temperaturbereich nur sehr gering war und außerdem keine Hitzetage an Schultagen aufgetreten sind, ist auch die Spanne der beobachteten Behaglichkeitswerte sehr eng. Es war im Freien fast immer kühler als im Innenraum, sodass das Lüften des Klassenraumes immer zu einer Abkühlung führte. SchülerInnen haben daher nur vereinzelt Behaglichkeitswerte von 3 eingetragen und nur selten 2. Die häufigste Bewertung der Behaglichkeit war 1 bzw. 0, also i.W. angenehm. Betrachtet man jeweils die Klassenmittelwerte der Behaglichkeitsbeobachtungen (nur von den Tagen, an denen mindestens 10 SchülerInnen Beobachtungen durchgeführt haben), so liegen diese zwischen 1,4 und -0,1. Erst ab Werten von 2 kann man davon ausgehen,

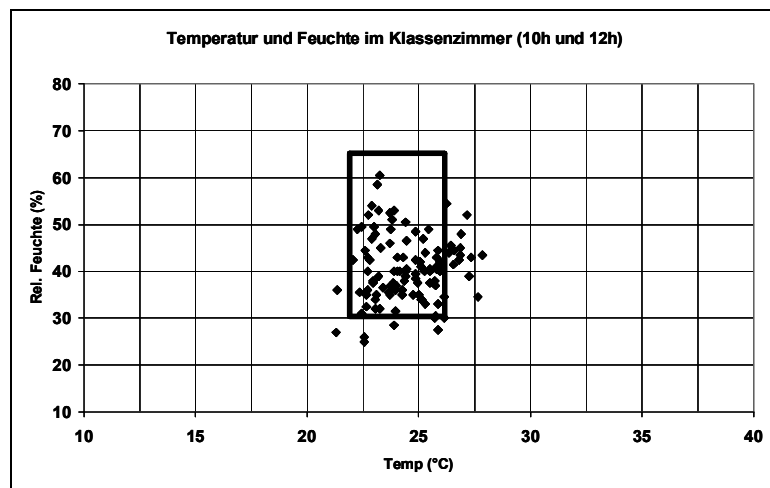


Abb. G-9: Temperatur und Feuchtwerte (Messwerte von 10 und 12 Uhr an Schultagen im Klassenzimmer) im Vergleich zu Behaglichkeitsgrenzwerten aus der Literatur (schwarzer Rahmen)

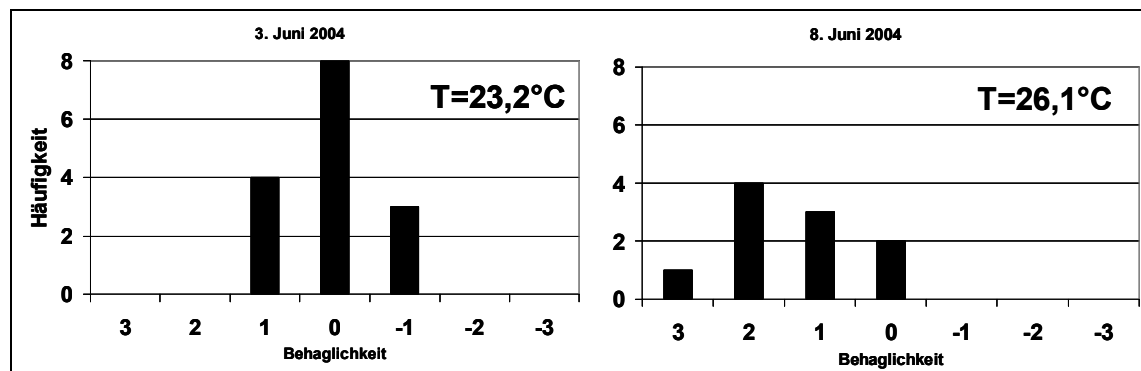


Abb. G-10: Absolute Häufigkeit der beobachteten Behaglichkeitswerte an den zwei extremsten Tagen. Links: kühler Tag (mit mind. 10 Beobachtungen) Rechts: wärmster Tag (mit mind. 10 Beobachtungen)

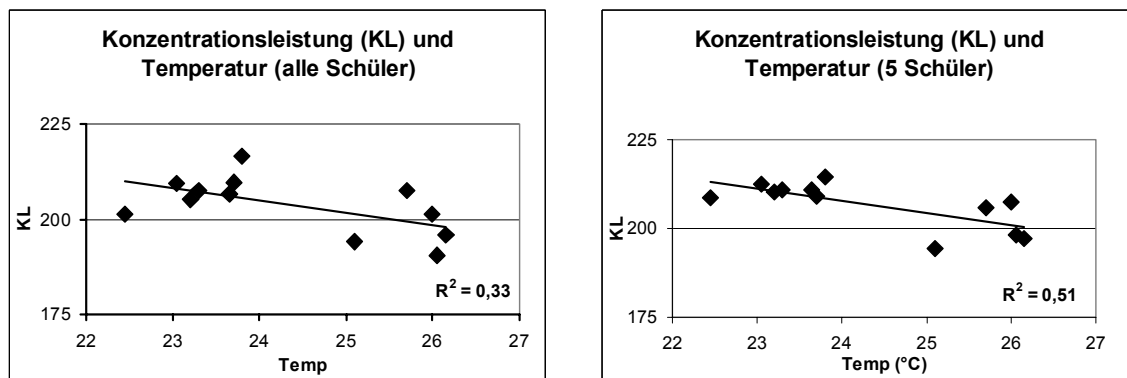
dass es „wirklich unbehaglich“ ist. Den SchülerInnen wurde anhand von zwei extremen Tagen (wärmster und kühler Tag der auswertbaren Tage) gezeigt, dass sich die

Verteilung der beobachteten Werte je nach der Raumtemperatur sichtbar verschiebt, jedoch immer eine Schwankungsbreite aufweist, da das subjektive Wärmeempfinden sehr unterschiedlich ist (Abb. G-10 ).

### G-2.3.4 Übergreifende Auswertung

Um den Effekt der Abhängigkeit des KL-Wertes von der Temperatur zu erhalten, wurden die Abweichungen des Klassenmittelwertes von KL von der logarithmischen Lernkurve (siehe Abb. G-8) berechnet. Die Differenzen zur Lernkurve sind in Abb. G-11, erhöht um den Mittelwert aller KL-Werte, den jeweils gemessenen Temperaturen gegenüber gestellt.

Es zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Raumtemperatur und der Konzentrationsleistung. Für diesen wurde in erster Näherung ein linearer Trend berechnet. Die Korrelation ist deutlich besser (über 50% anstatt rund 30%), wenn man nur den Datensatz der fünf kontinuierlich anwesenden SchülerInnen betrachtet. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass dieses Ergebnis aufgrund der Datenlage nur als qualitatives zu werden ist, diese neue Methode ist jedoch viel versprechend. Mit einigen Verbesserungen könnte der Einfluss von Hitze auf die Konzentrationsleistung quantifiziert werden.



**Abb. G-11:** Zusammenhang zwischen Temperatur und Konzentrationsleistungswert KL (50% der 15 – 16 Jährigen haben beim ersten Test KL-Werte zwischen 141-184)

Eine Abhängigkeit der Konzentrationsleistung von der relativen Feuchte lässt sich nicht feststellen. Die Behaglichkeit zeigt ebenfalls einen deutlichen Zusammenhang zum KL-Wert, der jedoch in diesem Fall als eng gekoppelt mit der Temperatur zu sehen ist.

### G-2.3.5 Empfehlungen:

Die Leistungsfähigkeit über die Konzentrationsleistung mittels des Test d2 zu messen hat sich im ersten Test in diesem Projekt als Methode gut bewährt. Sowohl von der Handhabung des Tests, der leicht verständlich und aussagekräftig ist, wie auch von den viel versprechenden Ergebnissen.

Um jedoch bessere Ergebnisse, die auch quantitativ analysiert werden können, bedarf es einiger Anpassungen. So müsste z.B. ein größerer Temperaturbereich erfasst werden und Personen verschiedener Altersklassen untersucht werden. Weiters könnte die zusätzliche Erfassung von Größen, die die Luftqualität beschreiben zur Verbesserung des Verständnisses der Einflüsse auf die Konzentrationsleistung beitragen.

## **G-3 Bildungswissenschaftlicher Aspekt**

### **G-3.1 Schulwahl, Kontakt zur Schule/Motivation für Schule**

In der ersten Phase der Forschungsarbeit musste neben der Entwicklung der Methode eine geeignete Schule gefunden werden. Die umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit für StartClim2003 zeigte, dass das Thema Klimawandel auch in den Schulen bereits von großem Interesse ist. Die öffentliche Präsentation machte zwei Lehrerinnen des Oberstufenrealgymnasium Hegelgasse in Wien (ORG Hegelgasse), die mit ihren SchülerInnen ein Projekt zu Klima und Klimawandel im Rahmen des Biologie- und Geographieunterrichts in der 5. Klasse des geplant hatten, auf StartClim2003 aufmerksam. Sie traten an das Institut für Meteorologie der BOKU mit der Bitte um Unterstützung (in Form von Literatur und anderen Informationen zum Thema) heran. Aufgrund der kurzen Projektlaufzeit von StartClim2004, die noch dazu nicht konform mit dem Schuljahr geht, kam es der Projektleitung sehr entgegen, dass das ORG Hegelgasse auch Interesse und Bereitschaft zur Zusammenarbeit in StartClim2004.G hatte.

Neben dem schon vorhandenen allgemeinen Interesse für das Thema Klimawandel hatte die Schule spezielles Interesse an dem Thema Hitze, da sie insbesondere in den Jahren 2002 und 2003 davon stark betroffen war. Die meisten Klassenräume und auch das Lehrerzimmer sind nach Südosten orientiert und an den Fenstern sind keine ausreichenden Vorkehrungen gegen massive Einstrahlung vorhanden. So hatte es „im letzten Sommer mindestens 35°C“ in den Räumen, laut Einschätzung von LehrerInnen und SchülerInnen. Daher war das persönliche Interesse an vorort gemessenen Daten groß.

### **G-3.2 Projektkonzept**

Das inhaltliche Rohkonzept wurde von den WissenschaftlerInnen vor dem ersten Kontakt mit der Schule erarbeitet. Dabei wurde der grundsätzliche Ablauf des Projekts (Abb. G-12) und welche Größen zur Beantwortung der Fragestellung gemessen werden müssen festgelegt. Bei der ersten Besprechung mit den fünf ProjektlehrerInnen wurde das Konzept konkretisiert und die Rahmenbedingungen für die Durchführung geklärt. So wurde diskutiert, wie oft und zu welchen Zeiten gemessen werden sollte und konnte und organisatorische Details geklärt (z.B. Genehmigung für die Montage der Messsensoren an der Wand eines öffentlichen Gebäudes). Weiters wurde geklärt, wie die Geräte vor Diebstahl und Beschädigung geschützt werden konnten (Sensoren im Metallkäfig – siehe Abb. G-1, Empfänger im versperrten Kasten,...).

Da die Erfassung von Hitzetagen nur in der warmen Jahreszeit erfolgen kann, musste mit den Messungen so rasch wie möglich begonnen werden. Das hieß, dass für die detaillierte Vorbereitung und Planung des Projekts sehr wenig Zeit war und gleich mit der konkreten Arbeit begonnen werden musste. Diese spontane Herangehensweise, die für LehrerInnen eher zum Alltag gehört, erfordert hohe Flexibilität und Einsatzbereitschaft von allen Beteiligten und ist im wissenschaftlichen Bereich eher die Ausnahme. Das rasche Beginnen hatte aber den Vorteil, dass die hohen Ziele, die zu Beginn jeder neuen Aufgabe gesteckt werden, nicht schon von vorneherein eingeschränkt wurden. Es waren vielfältigere Erfahrungen möglich, weil alle Beteiligten die idealistisch begonnenen Arbeiten mit viel persönlichem Einsatz erfolgreich abschließen wollten.

Die Arbeit mit den SchülerInnen sollte Ende April gemeinsam mit den Wissenschaftlern und den LehrerInnen beginnen (siehe Abb. G-12, links). In drei Unterrichtseinheiten (UE) sollte es eine wissenschaftliche Einführung in das Thema geben und die



Messmethoden erklärt und ausprobiert werden. Weiters sollten die Geräte montiert und die nötige Software installiert werden. Anschließend waren bis zum Ende des Schuljahres kontinuierliche Aufzeichnungen von Temperatur und Feuchte vorgesehen und der Test d2 und die Behaglichkeitsaufzeichnungen sollten von den SchülerInnen nach Möglichkeit zweimal täglich durchgeführt werden.

Am Ende des laufenden Schuljahres war geplant gemeinsam mit den SchülerInnen erste Datenanalysen durchzuführen. Im folgenden Wintersemester sollten die Auswertungen fortgesetzt werden und die Ergebnisse bei einer öffentliche Präsentation vorgestellt werden.

### G-3.3 Projektverlauf

Projektkonzept		Projektverlauf	
Projektstart in der Klasse (themat. Einführung, Beginn der Messungen, ...)	April	Projektstart in der Klasse (themat. Einführung, Beginn der Messungen, ...)	
Messungen von: Temperatur und Feuchte (kontinuierlich), Behaglichkeit (2x tägl.), Konzentrationsleistung (2x tägl.)	Mai	Messungen von: Temperatur und Feuchte (kontinuierlich), Behaglichkeit (1-2x tägl., 5 Tage pro Woche), Konzentrationsleistung (2x pro Woche)	Zwischenworkshop
	Juni		2x technische Betreuung der Messsensoren
Dateneingabe und Datenauswertung durch SchülerInnen	Juni	Dateneingabe, Datenauswertung	
		Kino "The Day after Tomorrow"	
		Feedbackfragen	
		Projektfeier	
Datenauswertung durch Wissenschaftler	Jul	-	
	Aug.	Datenauswertung durch Wissenschaftler	
Datenanalyse durch SchülerInnen (Fortführung und Vertiefung)	Septembe	Besprechung weiterer Projektverlauf	
öffentliche Präsentation	Oktober	Wokshop (Postergesaltung)	
		Ausstellung am Tag der Wiener AHS	
	Nov.		

Abb. G-12: Projektverlauf im Vergleich zum anfangs erstellten Projektkonzept

Der **Projektstart** in der Klasse fand wie geplant Ende April statt. Neben fast allen „ProjektlehrerInnen“ waren auch alle drei beteiligten WissenschaftlerInnen in der Klasse und leiteten diese drei Unterrichtseinheiten. Zu Beginn stand eine Einführung in das Themenfeld Klimawandel und dessen mögliche Auswirkungen, wobei auch auf Ergebnisse aus StartClim2003 zurückgegriffen wurde. Diese Einführung wurde eher kurz gehalten, da das Thema im selben Schuljahr einerseits bereits Mittelpunkt eines Projekts in den Fächern Biologie und Geographie war und die SchülerInnen sich damit schon auseinander gesetzt hatten, andererseits sollte den Erklärungen des weiteren Projektverlaufs und der Messmethoden ausreichend Raum und Zeit gegeben werden.

In einem „Klassenprojektordner“ waren alle schriftlichen Unterlagen zum Projekt gesammelt und u. a. auch die Aufgaben, die von Schülergruppen für die Messperiode übernommen wurden, beschrieben.

Der Test d2 wurde von der Psychologin vorgestellt und der erste Test gemeinsam mit ihr durchgeführt. Auch die LehrerInnen machten diesen Test mit, da sie in weiterer Folge für die Durchführung und Anleitung der Tests verantwortlich waren. Die leeren und bereits ausgefüllten Testblätter wurden im Lehrerzimmer verwahrt und jeweils nur für die Durchführung der Tests insKlassenzimmer gebracht.

Für die Behaglichkeitsaufzeichnungen bekam jedeR SchülerIn eine eigene Mappe für seine/ihre Datenblätter, jede Woche wurden die ausgefüllten Datenblätter im „Klassenprojektordner“ abgelegt.

Vor der Montage der Temperatur- und Feuchtesensoren wurde den SchülerInnen deren Funktionsweise erklärt.

Für die genaue Festlegung, wann die Behaglichkeit aufgezeichnet werden sollte und wann der Test d2 durchgeführt werden konnte, wurde viel Zeit benötigt. Die Anzahl der Messtermine musste sehr eingeschränkt werden. Der Test d2 konnte nur zweimal pro Woche (jeweils in der 4. Stunde) durchgeführt werden und auch die Behaglichkeitsaufzeichnungen, die von den SchülerInnen eigenständig vorgenommen wurden, konnten nicht an allen Tagen durchgeführt werden, da zu den vorgegebenen Zeiten (2. und 4. Unterrichtsstunde) der Unterricht nicht immer im Klasenzimmer stattfand (Turnen, EDV, Religion, Klasse geteilt in Französisch und Latein,...). Es wurden sechs SchülerInnengruppen gebildet, die jeweils konkrete Detailaufgaben für den Projektablauf übernommen haben. Z.B. Konzentrationstests austeilern/einsammeln, Temperatur- und Feuchte-Kurven aufhängen, „Behaglichkeitsblätter“ einsammeln, besondere Ereignisse in der Klasse; notieren, wann gelüftet wird. Die Unterlagen der letzten beiden Aufgaben sind den SchülerInnen verloren gegangen bzw. wurden nicht konsequent durchgeführt.

Die **Messperiode** dauerte ca. acht Wochen. Sie begann mit der Einführung in das Projekt am 29. April und endete am 26. Juni mit dem Abmontieren der Sensoren. Aus fachwissenschaftlicher Sicht ist die lange Messperiode notwendig, um ausreichend Datenmaterial für eine fundierte Interpretation zu erhalten. Auf schulischer Seite hat sich gezeigt, dass diese Phase zu lange gedauert hat und die Motivation nach ein paar Wochen stark nachließ. Mit einem „Zwischenworkshop“ wurde versucht, eine Zwischenbilanz zu ziehen und lobend zu zeigen, was bisher erreicht wurde. Die bis dahin gemessenen Temperatur- und Feuchte Daten wurden diskutiert (siehe Kapitel G-2.3.1). Mit viel Anstrengung auf allen Seiten wurden die Messungen wie geplant bis zum Ende durchgeführt. An insgesamt zwölf Tagen wurde der Test d2 durchgeführt, an ca. 30 Tagen Behaglichkeitsaufzeichnungen. Einmal pro Woche wurden die Temperatur- und Feuchtedaten ausgelesen und auf farbigen Ausdrucken die Verläufe dargestellt und im Klassenzimmer aufgehängt. Zwischendurch kam zweimal ein Wissenschaftler von der BOKU um technische Probleme mit der Datenaufzeichnung und der Funkübertragung zu beheben.

In einem koordinierendes Gespräch zwischen WissenschaftlernInnen und LehrerInnen wurden die „Projektstage“ am Ende des Schuljahres und die Fortsetzung des Projekts im nächsten Schuljahr vereinbart. Dabei wurde auch in Erwägung gezogen, am „Tag der Wiener AHS“ die Projektergebnisse zu präsentieren.

Insgesamt fanden vier **koordinierende Gespräche** zwischen LehrerInnen und WissenschaftlerInnen außerhalb der Unterrichtszeit statt. Alleine die Terminfindung und –vereinbarung war ein erheblicher Zeitaufwand, weil sich die LehrerInnen in der Schule in den Pausen zwischen den Unterrichtseinheiten kaum sehen, die Kommunikation über Zettel in den „Fächern“ im Lehrerzimmer oft mehrere Tage dauert (insbesondere, wenn manche LehrerInnen an zwei Schulen unterrichten und daher nur zwei Tage pro Woche an der Schule sind) und nicht alle LehrerInnen über eine gute E-Mail-Verbindung verfügen.

Am Ende des Schuljahres waren sechs Tage für das **Bearbeiten der Messdaten** und die Diskussion erster Ergebnisse reserviert. Die Behaglichkeitsdaten und die Auswertung der d2-Tests wurden unter Anleitung der WissenschaftlerInnen begonnen und anschließend von SchülerInnen und LehrerInnen eigenständig weiter geführt. Zur Auflockerung stand an einem der sechs Tage ein Kinobesuch auf dem Programm. Über „The Day after Tomorrow“ wurde am letzten Projekttag im Schuljahr gemeinsam mit der Deutschlehrerin diskutiert, dabei wurde versucht zu analysieren, welche wissenschaftlichen und politischen Themen im Film angesprochen wurden und wie die Botschaften „verpackt“ waren. Da die Auswertung der d2-Tests und die Eingabe der Behaglichkeitsdaten viel mehr Zeit benötigten, als ursprünglich (von den WissenschaftlerInnen) angenommen wurde, konnte anschließend nur ein kleiner Einblick in die Ergebnisse gegeben werden.

Mit dem Ausfüllen der **Feedbackfragen** und einer kleinen Feier wurde das Projekt im laufenden Schuljahr abgeschlossen. Die Auswertung der Daten wurde von den Wissenschaftlern über die Sommermonate fortgeführt.

Ende September (Stundenplan der Schule fertig gestellt) wurde der Kontakt zwischen Schule und BOKU wieder aufgenommen. Von den 22 SchülerInnen der 5.a-Klasse waren **im neuen Schuljahr** nur noch zwölf an der Schule und diese noch dazu auf drei verschiedene Klassen aufgeteilt, sodass es unmöglich war, einen gemeinsamen Termin für die weitere Arbeit an dem „Klimaprojekt“ während der Schulzeit zu finden. Der „Tag der Wiener AHS“; an dem sich Wiener Schulen für zukünftige SchülerInnen präsentierten, fand am 20. Oktober 2004 statt. Für diese Veranstaltung sollte eine Posterpräsentation über das „Klimaprojekt“ des ORG Hegelgasse vorbereitet werden. Dazu wurde aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen, im Einvernehmen mit der Schuldirektion, ein **Workshop** am Institut für Meteorologie veranstaltet, an dem die zwölf SchülerInnen und der Klassenvorstand der damaligen 5.a gemeinsam mit den WissenschaftlerInnen fünf Plakate mit den Ergebnissen der Messungen und Auswertungen erstellten. Die Schuldirektorin befreite die SchülerInnen, die daran teilnahmen, vom Nachmittagsunterricht, den sie dadurch versäumten.

Die **Ausstellung am Tag der Wiener AHS** stieß bei den Gästen der Schule (vorwiegend SchülerInnen aus anderen Schulen) auf großes Interesse und war somit ein erfolgreicher Abschluss für das sehr aufwendige Projekt.

### **G-3.4 Feedback durch SchülerInnen und LehrerInnen**

Einfache Feedbackfragen wurden auf Empfehlung von Experten aus den Bildungswissenschaften entwickelt und am Ende des Schuljahres zum Abschluss der „Projektstage“ gestellt. Die folgenden Fragen sollten von SchülerInnen und LehrerInnen spontan und anonym innerhalb von fünf Minuten beantwortet werden:

Was ist gut gelaufen?

Was ist nicht gut gelaufen?

Was ist offen geblieben?

Wie könnte es weitergehen? Welche Ergebnisse erwartest du dir?

Was kannst du von dem Klimaprojekt für dich im Alltag verwenden und was nicht?

Von den 22 SchülerInnen der Klasse waren ca. 15 an diesem Tag anwesend. Zehn haben den Fragebogen (zumindest teilweise) ausgefüllt abgegeben. Von den fünf „Projektlehrerinnen“ waren vier anwesend und haben die Fragen vollständig beantwortet.

Die Ergebnisse dieser Befragung waren erwartungsgemäß sehr unterschiedlich, es zeigte sich aber, dass bei einem guten Teil der SchülerInnen Interesse und Bewusstsein geweckt werden konnte. Die LehrerInnen fanden dieses Projekt sehr interessant, fühlten sich gut betreut, waren aber auch zu umfangreich. Eine Lehrerin meinte, dass es wahrscheinlich besser gewesen wäre, das Projekt mit einer höheren Klasse durchzuführen. Es war auch für die LehrerInnen eine neue Erfahrung, da noch keine von ihnen ein Projekt dieser Art durchgeführt hat.

Die Antworten auf die Feedbackfragen sind im Anhang aufgelistet.

### **G-3.5 Ergebnisse und Empfehlungen**

Ziel der Zusammenarbeit mit Schulen war das gemeinsame fächerübergreifende Arbeiten an einem wissenschaftlichen Thema und einen Beitrag zur Bewusstseinsbildung in der Gesellschaft zum hochaktuellen Thema Klimawandel und mögliche Auswirkungen in Österreich zu leisten. In diesem Fall wurde als zusätzliche große Herausforderung eine neue wissenschaftliche Methode ausprobiert. Diese doppelte Herausforderung war insbesondere wegen der kurzen Projektlaufzeit nicht ideal, konnte aber erfolgreich gemeistert werden. Neben der thematischen Zusammenarbeit sollten auch für die Bildungswissenschaften Erfahrungen und Empfehlungen herausgearbeitet werden. Einen wichtigen Beitrag dazu lieferten die Feedbackfragen, die in diesem Projekt auf einfache Weise gestellt worden sind. Die Ergebnisse und Empfehlungen werden hier aus der Sicht der beteiligten FachwissenschaftlerInnen beschrieben und sind aus der praktischen Arbeit in diesem Projekt entstanden. Für eine tiefer gehende Analyse wäre es sinnvoll, wenn einE VertreterIn der Bildungswissenschaften ein Schulprojekt begleiten würde.

Ein deutlicher Beweis dafür, dass die Zusammenarbeit zwischen dem ORG Hegelgasse und der BOKU sehr gut funktioniert hat und das Projekt ist erfolgreich verlaufen ist, ist, dass beide Institutionen Interesse und die Bereitschaft bekundet haben, die Arbeiten dieses Pilotprojekts fortzusetzen und zu vertiefen.

Wenn mehrere LehrerInnen einer Klasse bzw. einer Schule beteiligt sind, ist eine **klare Struktur der Projektorganisation** besonders wichtig. SchülerInnen müssen wissen, welcheR LehrerIn wofür zuständig ist und wer die Ansprechpersonen sind. Es muss für sie klar ersichtlich sein, welchen Beitrag die Mitarbeit am Projekt für die Beurteilung in den einzelnen Fächern ausmacht. Weiters muss klar abgegrenzt werden, welche LehrerInnen aus der Klasse bei dem Projekt mitmachen und welche nicht. Klare Strukturen und (regelmäßige) koordinierende Gespräche zwischen den LehrerInnen und auch mit den WissenschaftlerInnen ermöglichen eine möglichst reibungsfreien Verlauf der Projektarbeit. Dafür ist aber in der derzeitigen Schul- und Unterrichtsstruktur nichts vorgesehen, daher kann dieser Koordinierungsaufwand oft nur durch besonderes Engagement der LehrerInnen, z.T. auch in deren Freizeit erfolgen.

Aus Sicht der WissenschaftlerInnen schien es zwischen den LehrerInnen nicht immer klar zu sein, welche Lehrerin die Projektleiterin war. So war z.B. im Gespräch, dieses Projekt bei einem konkreten Wettbewerb einzureichen, es wurde aber nicht eindeutig festgelegt, wer sich konkret darum kümmern sollte. Es fand keine Einreichung statt.

Zu einem reibungsfreien und klaren Verlauf der Projektarbeit könnte die Erstellung einer detaillierten Aufgabenliste (für SchülerInnen, LehrerInnen und WissenschaftlerInnen), die schriftlich zu Beginn des Projekts festgelegt wird, beitragen.

Die wichtigsten Messungen und Beobachtungen wurden von SchülerInnen und LehrerInnen i. W. sehr gewissenhaft und regelmäßig durchgeführt. Die lange Dauer der Messperiode ließ die **Motivation** nach einiger Zeit sinken. Um die Motivation aufrecht zu erhalten, wurde ein zusätzlicher Projekttag mit den WissenschaftlerInnen abgehalten, an dem Daten analysiert und ausgewertet wurden. Eine konsequentere laufende Datenvisualisierung und eventuell eine kürzere Messperiode könnten ebenfalls zum Erhalt der Motivation beitragen. Zu beachten ist aber, dass hier spezielle meteorologische Gegebenheiten (Hitze) zur Erfassung der gewünschten Daten notwendig waren, die in einer kürzeren Messperiode nicht garantiert werden können. Messungen bei Auftreten bestimmter Verhältnisse auf Abruf durchzuführen scheint bei dem komplexen System und den langen Kommunikationswegen nicht möglich. Das Führen eines Projekttagbuchs würde die Interpretation der Daten und die Analyse der Prozesse im Projekt erleichtern.

Je komplexer die wissenschaftliche Aufgabenstellung für die Zusammenarbeit mit Schulen ist, desto mehr Vorbereitungszeit ist notwendig, bevor die Arbeit mit den SchülerInnen begonnen werden kann und desto besser müssen die LehrerInnen vorab über Inhalt und verwendete Methoden informiert sein. Auch konkrete vorbereitete Unterlagen, die klar verständlich aufgebaut sind, sind umso wichtiger, je konkreter die wissenschaftliche Aufgabenstellung ist. Je konkreter und komplexer die wissenschaftliche Fragestellung ist, desto weniger **Freiraum** bleibt jedoch auch **der Schule** für die eigenständige Gestaltung des Projektes (bzw. die Weiterentwicklung). Wenn einE LehrerIn in einer Klasse (wie es in StartClim.11 der Fall war) ein Thema behandelt, kann das Projekt seitens der Schule wesentlich flexibler und individueller gestaltet werden, als in einem fächerübergreifenden Projekt, wo der Koordinationsaufwand wesentlich höher ist.

Ein Projekt mit einer Schule sollte unbedingt **im Laufe eines Schuljahres** zu einem **Abschluss** kommen, damit alle beteiligten SchülerInnen (und LehrerInnen) die Ergebnisse erfahren können. Andernfalls kann es leicht sein, dass SchülerInnen, die wissen, dass sie zu Projektende nicht mehr an der Schule sein werden, nicht mitarbeiten. Auch die Wahl des **Schultyps** und der **Altersklasse** der SchülerInnen ist wichtig und sollte im Vorfeld auf die Aufgaben und Ziele im Projekt abgestimmt sein. In dem hier beschriebenen Projekt kam erschwerend hinzu, dass viele SchülerInnen nach Vollendung der Schulpflicht die Schule verlassen haben und daher der Klassenverband nach den Sommerferien nicht mehr vorhanden war.

Das spezielle Fachwissen ist bei den WissenschaftlerInnen vorhanden und LehrerInnen haben die Kompetenz zur Vermittlung von Wissen an junge Leute. Dem **Wissenstransfer** kommt daher bei der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Schulen eine besondere Bedeutung zu. Es sollte Zeit dafür sein, dass LehrerInnen das Wissen über die fachlichen Inhalte und die Messmethoden vermittelt wird. Sie müssen auch verstehen, auf welche Punkte besonders Wert gelegt werden muss, um z.B. die Datenqualität zu gewährleisten, damit sie die Arbeit der SchülerInnen entsprechend betreuen können. Lehrer sind nicht gewohnt, wissenschaftlich zu arbeiten und brauchen dazu auch konkrete Anleitung. Da in diesem Projekt auch methodisch Neuland betreten wurde, war für alle Beteiligten der fachwissenschaftliche Inhalt neu. Keine der beteiligten Personen hatte vorher Erfahrung mit fächerübergreifenden Projekten in der Schule.

Diese Erfahrung erfolgte durch „learning by doing“. Für die SchülerInnen entstand dadurch manchmal der Eindruck, dass das Projekt „chaotisch“ und unstrukturiert verlief, was sie verunsicherte und zeitweise demotivierte.

Diese Art von Zusammenarbeit mit Schulen, in der WissenschaftlerInnen sehr viel Zeit mit einer Schulklasse verbringen, ist sehr **aufwendig und teuer**. In so einem Rahmen kann aber ein Projekt klar aufbereitet werden (Materialien, Arbeitsablauf, ..) und Wissenschaft und Schule lernen die jeweiligen Arbeitsweisen kennen. Für eine gute Zusammenarbeit ist es wichtig, richtig einzuschätzen kann, was in welchem Umfang möglich ist. Ein solchermaßen vorbereitetes und gestestetes Projekt könnte zB. die **LehrerInnenbildung** integriert werden und so weite Verbreitung finden. Es solle allerdings ein Weg gefunden werden, dass der unmittelbare Kontakt zur Wissenschaft bestehen bleibt, dass Wissenschaftler diese Projekte weiter begleiten und laufend aktualisieren.

Die öffentliche verständliche Darstellung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse ist ein wichtiger Teil des Dialogs zwischen Wissenschaft und Gesellschaft . Ein hoher Antrieb für Motivation von SchülerInnen kann auch die **öffentliche Präsentation** der Ergebnisse in einem größeren Rahmen sein. In StartClim2003 hat sich gezeigt, dass die Beteiligung mehrerer Schulen und auch schulfremder Institutionen (z.B. VHS) einen großen Personenkreis erreichen und auch sehr motivieren kann, gute Ergebnisse interessant vorzustellen. Das stellt für die SchülerInnen einen zusätzlichen Lerneffekt dar und ist ein effektives Mittel, mit dem sich die Schule nach außen präsentieren kann.

## G-4 Zusammenfassung

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 möglichen 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 in einem fächerübergreifenden Projekt analysiert und evaluiert werden.

Zur Messung der Leistungsfähigkeit wurde ein einfach durchzuführender Tests (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“) den Datenumfang zusätzlich 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 viel versprechend: ein quantifizierbarer Zusammenhang zwischen der Raumtemperatur und der Konzentrationsleistung konnte damit beobachtet werden (Abb. G-12).

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 u. a. besonderes Augenmerk auf die Organisationsstruktur, die Wahl der Schulart und der Schulstufe, den Gestaltungsfreiraum für die Schule und den Wissenstransfer gelegt werden muss. So muss das Wissen, das bei den WissenschaftlerInnen vorhanden ist, auf geeignete Weise zu den LehrerInnen transportiert werden. Diese haben die 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 geben 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 Wissenschaftlern 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 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, aber 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.



## Literaturverzeichnis

- 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 Publishers) 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

## Abbildungsverzeichnis

Abb. G-1: Temperatur- und Feuchte-Sensor im Klassenraum .....	7
Abb. G-2: Test d2 zur Messung der Konzentrationsleistung (KL) .....	8
Abb. G-3: Behaglichkeitsskala .....	9
Abb. G-4: Temperatur und Feuchteverlauf im Klassenzimmer Mai und Juni 2004. ....	10
Abb. G-5: Temperaturverlauf im Klassenzimmer, Lehrerzimmer, Schulhof im Mai und Juni 2004 .....	11
Abb. G-6: Vergleich der Tagesmitteltemperaturen der Monate Mai und Juni für die Jahre 2002 – 2004 (Datenquelle: ZAMG) .....	12
Abb. G-7: KL-Werte aller SchülerInnen im zeitlichen Verlauf schwarzer Punkt: Mittelwert über alle an diesem Tag anwesenden SchülerInnen, andere Symbole: KL-Werte der einzelnen SchülerInnen .....	13
Abb. G-8: Kurvenanpassung des Lerneffekts des Test d2 .....	13
Abb. G-9: Temperatur und Feuchtwerte (Messwerte von 10 und 12 Uhr an Schul- tagen im Klassenzimmer) im Vergleich zu Behaglichkeitsgrenzwerten aus der Literatur .....	14
Abb. G-10: Absolute Häufigkeit der beobachteten Behaglichkeitswerte an den zwei extremsten Tagen.) .....	14
Abb. G-11: Zusammenhang zwischen Temperatur und Konzentrationsleistungswert KL .....	15
Abb. G-12: Projektverlauf im Vergleich zum anfangs erstellten Projektkonzept .....	17

## Anhang

### Feed-Back-Fragebögen

#### Antworten der Lehrerinnen:

##### 1. Was ist gut gelaufen:

- Bewusstsein für Befindlichkeit, Messungen teilweise
- Die Datenerhebung + d2-Test am Beginn
- Meines Erachtens – die Messungen in der Klasse (bis aufgrund der Dauer, denke ich, etwas Übermüdung eintrat)
- Betreuung der BOKU war sehr gut

##### 2. Was ist nicht gut gelaufen:

- Messangaben teilweise
- Verloren gegangene und unvollständige Aufzeichnungen; Abnahme der Motivation mit der Länge des Projekts
- Vorprojekt (Info zum Klimawandel) – war möglicherweise zu viel
- Ich hatte ständig ein schlechtes Gewissen zu wenig getan zu haben. Zum Bearbeiten einer großen Datenmenge braucht man ein Konzept und vor allem viel Zeit. Die war bei mir leider nicht vorhanden.

##### 3. Was ist offen geblieben:

- Abklären von Zusammenhängen
- Gesamtpräsentation
- Prognosen der Wissenschaftler zum Klimawandel
- Beschreibung und Einreichung des Projekts – wer macht das?

##### 4. Wie könnte es weitergehen? Welche Ergebnisse erwartest du dir?

- Weitere Auswertungen, Anwendung in anderen Bereichen → Wohnen, Arbeitsplatzgestaltung,...
- Präsentation, Ergebnisse zusammenfassen – danach entscheiden, was/ob noch weiter gemessen werden soll.
- Ich werde mir Temperatur des Konferenzzimmers anschauen.

##### 5. Was kannst du von dem Klimaprojekt für dich im Alltag verwenden und was nicht?

- Informationen zum Inhalt, zur Teamarbeit, Statistikübung, einige Details (Statistikhandhabung)
- Erfahrungen mit einem solchen Projekt in einer Klasse → Wiederholung?
- Für mich: war die erste Erfahrung mit einem Großprojekt (viele Lehrer beteiligt); Förderung der Aufmerksamkeit für die Klimawandelthematik

##### 6. Sonstige Bemerkungen:

- Dauer und Intensität flexibler gestalten (kürzer, kommunikativer)
- Es war für die Schüler sicher eine interessante Erfahrung (auch wenn sie es jetzt noch nicht wissen)
- Das Projekt hätte vielleicht mit einer höheren Klasse durchgeführt werden müssen.

## Antworten der SchülerInnen:

### 1. Was ist gut gelaufen:

- Das Statistik erstellen
- Ich könnte diese Frage jetzt nicht so schnell beantworten, aber ich denke es wird positives verlangt, dies sind in meinen Augen die Genauigkeit
- Fast alles (Konzentrationstests)
- Das Einsammeln, dass die Schüler auf die Tests ihre Nr., Alter, geschrieben haben.
- Eigentlich nicht besonders viel. Es waren nur die d2-Tests interessant.
- Alle Schüler haben auf d2-Tests Nummer, Alter, Datum geschrieben, Einsammeln der d2- und +/-3 Tests
- Ich finde, dass am besten das Auswerten der Test verlaufen ist.
- Bemühte Lehrer
- Die Auswertung der d2-Tests, die Zusammenarbeit mit den Informatiklehrerinnen.

### 2. Was ist nicht gut gelaufen:

- Die d2-Tests
- das gegeneinander spielen der Lehrer mit Schüler
- d2-Tests
- d2-Test ist nicht so gut gelaufen, weil wir es manchmal vergessen haben zu machen und nicht geplant. Wir mussten auch die Lehrer informieren,...
- Alles war chaotisch, viel zu viel und zu lange breit getreten.
- D2-Tests: Lehrer waren nicht informiert, vergaßen Schlüssel, manche wollten den d2-Test gar nicht machen. Bei +/-3 Test haben die Schüler meistens nicht zugehört.
- Einiges, es war ziemlich chaotisch organisiert.
- Organisation, teilweise keinen Spaß gemacht durch blöde Gestaltung, fad bei den Behaglichkeitstests. (das ist offenbar ein Vorschlag zum besser machen: )  
Angaben, bei welchem Körperteil es wie warm ist (SchülerIn hat eine Zeichnung dazu gemacht)
- Die Organisation der Lehrer war nicht perfekt. Die Aufgaben der Schüler wurden teilweise nicht ausgeführt.

### 3. Was ist offen geblieben:

- Wofür war das gut?
- Die Ergebnisse
- Keine Ahnung!
- Keine Ahnung!
- Kann ich nicht sagen, nachdem wir nie so genau erfahren haben, was genau alles durchgenommen wird. Vielleicht auch weil die Hitze gefehlt hat.
- Nichts
- Für mich ist nichts offen geblieben. Ich habe die Informationen bekommen, die ich wissen wollte.
- Eh nix
- Wie die Statistiken bei „normaler“ Hitze ausgesehen hätten.

### 4. Wie könnte es weitergehen? Welche Ergebnisse erwartest du dir?

- Hoffentlich nicht mehr, keine

- Mit den Ergebnissen handeln z.B. Klimaanlage im Sommer und weitere d2-Tests dazu
- Ich erwarte eigentlich nichts, wir haben genug gearbeitet, finde ich!
- Ich habe mir ehrlich nicht so viel von dem Projekt erwartet, es war nicht sehr gut geführt und die ganze Arbeit ist auf uns gefallen, das war echt nicht wenig.
- Gar keine
- Ich erwarte mir keine besonderen großen Ergebnisse, wenn weiterhin alles so chaotisch verläuft.
- Statt Autos mit Öl , vielleicht Elektroautos machen. Mehr Zug
- Noch einmal im nächsten Schuljahr messen... Die Ergebnisse werden nicht sehr gut sein, weil dieses Jahr der Anfang des Sommers nicht so heiß war.

### 5. Was kannst du von dem Klimaprojekt für dich im Alltag verwenden und was nicht?

- Die Schlagbohrmaschine mit der die Messer (Anmerkung: Sensoren) aufgehängt wurden.
- Gar nichts, da ich in meinen Augen keine Antworten bekommen habe.
- Genug, ich habe vieles NEU gelernt, was ich gar nicht wusste!
- Müll zu trennen, aber ich werde NIE auf's Autofahren verzichten.
- Die ganzen Auswertungen kann man bestimmt nicht verwenden.
- ich weiß jetzt auch das Rad zu verwenden. Projekt war eine Warnung für die Zukunft.
- Dass Konzentration und Leistungsfähigkeit zusammenhängen.

### 6. Sonstige Bemerkungen:

- Es war fad
- No!
- Andere Projekte haben mir besser gefallen und wurden besser geführt.