

# Der Pollenflug im Wandel

-

Wie sich der Klimawandel auf den  
Pollenflug der Frühblüher Birke, Erle und  
Hasel auswirkt

Fächerübergreifende Phase, Jöhnk S2

von Lena Rehfeld, Wiebke Nissen und Lynn  
Huneke

Mai 2011

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	3
<b>2. Grundlegendes Wissen</b> .....	4
2.1 Die Frühblüher.....	4
2.2 Medizinische Grundlagen zur Pollenallergie.....	7
2.3 Symptome einer Pollenallergie.....	8
2.4 Behandlungsmöglichkeiten.....	9
2.5 Pollenflugkalender.....	11
<b>3. Veränderungen des Pollenflugs im Zuge des Klimawandels</b> ....	14
3.1 Faktoren, die den Pollenflug beeinflussen.....	14
3.2 Klimakarten.....	15
3.3 Aktueller Forschungsstand.....	22
<b>4. Zusammenfassung</b> .....	24
<b>5. Quellenverzeichnis</b> .....	25
5.1 Abbildungsverzeichnis.....	25
5.2 Literaturverzeichnis.....	28

# 1. Einleitung

Der globale Klimawandel ist wohl eines der meist diskutierten Themen der heutigen Zeit. Die Tatsache, dass dieser unser alltägliches Leben beeinträchtigt ist wohl unumstritten.

In unserer Ausarbeitung behandeln wir einen Aspekt, der sich vermutlich durch den Klimawandel verändern wird: den Pollenflug. Speziell beschäftigen wir uns mit den Veränderungen des Pollenfluges der Birke, Erle und Hasel, was uns zu folgender Leitfrage führt:

Wie wirkt sich der Klimawandel auf den Pollenflug der Frühblüher Birke, Erle und Hasel aus?

Wir möchten herausfinden, ob und inwiefern wir Veränderungen bei den Frühblüher feststellen können und welche Folgen sich hieraus für Pollenallergiker ergeben. Die Relevanz dieses Themas verdeutlicht sich, wenn man sich vor Augen führt, dass etwa jeder fünfte Deutsche jährlich von einer Pollenallergie beeinträchtigt wird. Zusätzlich verstärkt hat sich unser Interesse, da ein Gruppenmitglied selbst Pollenallergikerin ist. Wir vermuten, dass der Klimawandel auch in diesem Aspekt des alltäglichen Lebens Veränderungen mit sich bringen wird. Wir vermuten eine Zunahme der Pollenbelastung aufgrund einer Ausdehnung der Blütephase. Diese Vermutungen stützen sich auf unsere bisherigen Kenntnisse über den Klimawandel.

Zunächst schien es uns wichtig, die grundlegenden Informationen zu den Pflanzen, der Allergie und die Auswirkungen des Pollenflugs zu kennen. Dies findet sich in „2. Grundlegendes Wissen“. Darauf aufbauend haben wir uns mit den klimatischen Faktoren beschäftigt, die den Pollenflug beeinflussen und haben diese auf ihre Veränderung durch den Klimawandel hin untersucht. Hierzu halfen uns die Klimadaten der Gruppe Modelle&Daten am DKRZ (früher Max-Planck-Institut für Meteorologie), sowie anderweitige Quellen zum aktuellen Stand der Forschung. Dieser Teil der Ausarbeitung wird in „3. Veränderungen des Pollenflugs im Zuge des Klimawandels“ zusammengefasst. Bei der Auswertung unserer Daten haben wir uns auf den norddeutschen Raum und speziell Hamburg konzentriert, da dies eine unmittelbare Relevanz für uns darstellt.

Zum Thema Veränderung des Pollenflugs im Zuge des Klimawandels gibt es bis jetzt noch keine abschließenden Forschungsergebnisse. Wir haben die bisherigen Ergebnisse in „3.3 Aktueller Forschungsstand“ zusammengefasst.

## 2. Grundlegendes Wissen

Um den Veränderungen des Pollenfluges auf den Grund zu gehen, ist es nötig, die voraussetzenden Basiskenntnisse zu den verschiedenen Themen zu erläutern.

### 2.1 Die Frühblüher

Bereits Anfang des Jahres bekommen die ersten Bäume Blüten. In der Regel ist ab Februar bzw. März die Hauptblütezeit der Hasel und der Erle erreicht. Gemeinsam mit der Birke, die ab März blüht, gehören sie zu den bekanntesten Frühblüher unter den Bäumen bzw. Sträuchern.

#### Die Hasel

Die Hasel (*Corylus avellana*) ist ein bis zu 6 Meter hoher Strauch, der sowohl männliche als auch weibliche Blüten trägt, also getrenntgeschlechtlich ist. Die männlichen Blüten sind ca. 6-8 cm lange „Kätzchen“, die dem Boden entgegen herunter hängen. Die weiblichen Blüten sind unscheinbare, kleine rote Blüten. Die Hauptblütezeit liegt im März, die Hasel kann allerdings auch schon im Februar anfangen zu blühen. Die Bestäubung findet mit Hilfe des Windes statt. Im Laufe des Jahres reift als essbare Frucht der Hasel die Haselnuss.

Wie auch Erle und Birke gehört die Hasel zu den Birkengewächsen (*Betulaceae*), die jeweiligen Pollen der Hasel und Erle zeigen starke Kreuzallergien mit Birkenpollen auf. Haselpollen haben mäßig bis starke Allergene.



**Abb. 1: männliche Blüte (Kätzchen) der Hasel**



**Abb. 2: Blatt der Hasel**

## Die Erle

Weltweit gibt es 35 Arten der Erle. In Mitteleuropa wachsen jedoch nur drei: Die Grau-, Grün- und Schwarzerle. Grau- und Grünerlen sind vor allem in Gebirgen zu finden, darum konzentrieren wir uns auf die Schwarzerle.

Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) wachsen bevorzugt an Ufern von Bachläufen, Seen und anderen Gewässern, da sie feuchte und humusreiche Böden zum Gedeihen benötigen. Sie werden 10-25m hoch, haben sehr verzweigte Äste und eine dunkelbraune/-graue bis fast schwarze Borke.

Die Blüten der Erle sehen denen der Hasel sehr ähnlich. Die männliche Blüte ist ebenfalls ein bis zu 5cm langes Kätzchen, die weibliche Blüte ist klein und rötlich. Die Hauptblütezeit der Erle liegt im März. Die Pollen der Erle sind wie die der Hasel mäßig bis stark allergen.



Abb. 3: Die Schwarzerle



Abb. 4: Blatt der Schwarzerle

## Die Birke

Die Birke (*Betula pendula*) fängt als letzte unserer drei ausgewählten Frühblüher an zu blühen. Die Hauptblütezeit liegt im April.

Die Birke ist ein 8-20m hoher Baum mit einer lockeren, hängenden Krone. Man findet Birken in sehr sonnigen, feuchten und auch trockenen Gebieten, die auch nährstoffarm sein können. Charakteristisch ist die weiße Borke mit den dunklen Furchen. Birkenpollen sind sehr stark allergen und zeigen Kreuzallergien mit diversen Pollen auf, so z.B. Hasel und Erle, sowie mit vielen buchenartigen Gewächsen. Auch Nahrungsmittelkreuzallergien sind vorhanden: Der Verzehr von rohen Äpfeln, Nüssen und teilweise auch Soja kann im Falle einer Birkenpollenallergie zu allergischen Reaktionen führen.



**Abb. 5: Die Birke  
Birke**



**Abb. 6: Zweig der Birke**



**Abb. 7: Blatt der**

## 2.2 Medizinische Grundlagen zur Pollenallergie

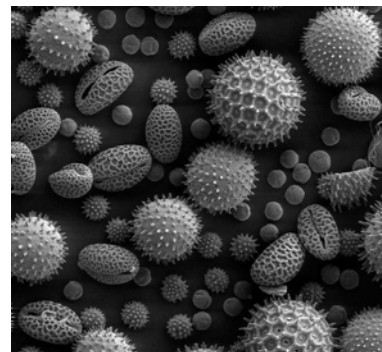
Blütenpollen und der Pollenflug werden meist in Zusammenhang mit einer Pollenallergie gebracht. Dies lässt sich damit begründen, dass dies die größte merkliche Auswirkung der Pollen auf den Menschen ist. Rund 13 Millionen Deutsche sind gegen Pollen verschiedener Pflanzen allergisch. Davon sind die meisten auch gegen Birkenpollen allergisch. Somit hat das Thema Pollenallergie eine Relevanz, welche den Anlass zu einer genaueren Erläuterung gibt.

Eine „Allergie [ist], die überempfindliche Reaktion des körperlichen Abwehrsystems auf körperfremde Stoffe wie Blütenpollen [...]. Durch häufigen Kontakt mit solchen sogenannten „Allergenen“ wird das Immunsystem empfindlich gemacht (sensibilisiert), es kommt zu allergischen Reaktionen [...].“<sup>1</sup>

Eine Allergie gegen Pollen ist demnach eine Überempfindlichkeit des Körpers auf den Blütenstaub (Pollen) verschiedener Pflanzen.

Die Gesamtheit der Pollenkörner einer Blüte bezeichnet man als Pollen. Sie werden in den Staubblättern gebildet. Die Voraussetzungen zur Freisetzung der Pollen durch das Öffnen des Staubblattes sind die Reife der Pollenkörner und günstige Wetterverhältnisse wie wenig Niederschlag, einer bestimmten Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Mithilfe des Windes und Insekten, wie z.B. Bienen, werden die 0,0025 bis 0,25mm großen Pollenkörner zu den weiblichen Blüten bzw. dem weiblichen Teil der Blüte transportiert. Trifft ein Pollenkorn auf die Narbe wächst ein Pollenschlauch in den Stempel hinein und befruchtet die weibliche Eizelle, eine Frucht wird gebildet. Dies dient der Vermehrung der jeweiligen Pflanze.

Relevant für die Pollenallergien ist die Unterteilung in verschiedene Arten von Pollen (z.B. Baum- und Gräserpollen). Die verschiedenen Pollenarten sind unterschiedlich relevant für die Betrachtung der Pollenallergien. Wir behandeln Erlen-, Birken- und Haselpollen, folglich beschäftigen wir uns mit Baum- bzw. Sträucherpollen und ihren auslösenden Allergien beim Menschen.



**Abb. 8: Vergrößerung Pollenkörner**

Die genauen Auslöser von Pollenallergien sind weder voraussehbar noch eindeutig identifiziert. So kann beim Kontakt mit Pollen eine allergische Reaktion hervorgerufen werden, es ist jedoch unterschiedlich wann und für wie lange Pollenallergien auftreten. Ebenfalls unterschiedlich sind die Intensität und die Kreuzallergien. Wie in „2. Grundlegendes Wissen -> 2.1 Frühblüher“ erwähnt existieren starke Kreuzallergien zwischen Hasel, Erle und Birke untereinander. Vor allem die Birkenpollen weisen starke Kreuzallergien mit Lebensmitteln wie Steinobst, Kernobst, verschiedene Nüssen, Kartoffeln, Sellerie und Karotten auf. Andersherum ist es möglich, dass die oben genannten Lebensmittel Erlen-, Hasel- und Birkenpollenallergien auslösen.

Bei den allergischen Reaktionen unterteilt man den Soforttyp (Typ 1) und den Zytotoxischen Typ (Typ 2). Der fühlbare Unterschied zwischen beiden Typen ist die Zeitspanne zwischen dem Kontakt mit dem Allergen und der Allergischen Reaktion

<sup>1</sup> Duden Schülerlexikon, Dudenverlag: Stichwort Allergie S. 26; 2005

darauf. Allergien des Typs 1 äußern sich schon nach wenigen Sekunden bis Minuten mit den dazugehörigen Symptomen. Allergische Reaktionen des Typs 2 treten erst nach mehreren Stunden auf. Beispielsweise kann dieser Typ bei Organtransplantationen auftreten. Aufgrund der pollenallergischen Reaktionen nach einer sehr kurzen Zeitspanne ist diese dem Allergie-Typ 1 zuzuordnen.

Die allergische Reaktion auf Pollenallergene (Typ 1) läuft folgendermaßen ab: Trifft das Allergen der Pollen auf die Schleimhäute (Augen, Nase, Mund), so erkennt der Körper die enthaltenen Eiweiße fälschlicherweise als schädlich an. Der Antikörper Immunglobulin E (IgE) wird gebildet. Dieser bindet sich an spezifische Zellen des Immunsystems (Mastzellen), diese Bindung bewirkt, dass die Entzündungsbotsstoffe Histamin und Leukotrien ausgeschüttet werden. Das Hormon Histamin ist in den basophilen Granulozyten enthalten, die zu den Leukozyten (weiße Blutkörperchen) gehören. Histamin bewirkt z.B. den Juckreiz, Leukotriene werden in Leukozyten gebildet und sind schon in geringen Mengen wichtige Regulierer bei Entzündungen.

Zusammenfassend lässt sich dieser Prozess folgendermaßen vereinfacht ausdrücken: In den Pollen enthaltene Stoffe werden als Eindringlinge erkannt, der Körper startet eine Reaktion um diesem „Schädling“ entgegen zu wirken. Für den Betroffenen Allergiker wirkt sich diese Reaktion durch die Symptome, die durch den Körperabwehrmechanismus hervorgerufen werden, aus.

Eine direkte Vererbung von Allergie gegen Pollen ist nicht möglich. Allerdings kann die Neigung zu überempfindlichen Reaktionen gegenüber Pollen vererbt werden. Dieses Risiko ist am größten, wenn beide Elternteile unter einer Pollenallergie leiden (60%).

## 2.3 Symptome einer Pollenallergie

Eine Pollenallergie kann unerwartet kommen. Der Bezeichnung Heuschnupfen ist durch die Symptome, die vermehrt bei der Heuernte auftreten, entstanden. Dies lässt die Fehlschlussfolgerung zu, dass es nur um Gräserpollenallergien geht. Heuschnupfen ist aber der umgangssprachliche Begriff für eine Pollenallergie jeglicher Pollenarten. Die Typischen Allergiesymptome bei Heuschnupfen sind Augentränen, Augenbrennen, Augenrötungen, Niesanfalle, verstopfte Nase, Husten, Halsschmerzen und Hautrötungen oder -schwellungen. Zudem gibt es Symptome, wie Kopfschmerzen und Schlafstörungen. Die Symptome treten je nach Jahreszeit auf, sind also saisonal.



**Abb. 9: Niesreiz ist ein Symptom der Pollenallergie**



Die Wahrscheinlichkeit an Asthma zu erkranken, ist für Pollenallergiker dreimal höher als für Nicht-Allergiker. Bei einer nicht behandelten Pollenallergie kann ein sogenannter Etagenwechsel stattfinden: Dies bedeutet, das Übergehen der Entzündungen von den Schleimhäuten auf den Atemtrakt. Dort kommt es bei etwa 30 -40 % der Pollenallergiker zu einer Schädigung des Gewebes und Entzündung der Bronchien. Die Folge dessen ist Asthma bronchiale.

Die größte Pollenausschüttung findet früh morgens zwischen 4.00 und 6.00 Uhr statt, zwischen 6.00 und 8.00 Uhr ist in der Stadt die geringste Pollenkonzentration in der Luft, also sollten Allergiker zu dieser Zeit lüften. Am Abend sinkt die Pollenkonzentration wieder und zwischen 19.00 und 24.00 Uhr sollte wieder gelüftet werden.

Bei verstärkten Symptomen ist es wichtig, sofort zu einem Dermatologen bzw. zum Allergologen zu gehen. Es ist ratsam Antihistaminika zu nehmen, da sie schnell wirken, jedoch müssen sie die ganze Pollenflugsaison über genommen werden.

## 2.4 Behandlungsmöglichkeiten

Um die Beschwerden einer Pollenallergie zu lindern gibt es verschiedene Therapiemethoden.

1. Die effektivste Methode ist zugleich jene, die wohl am schwersten umzusetzen ist, denn die **Allergenkarenz** (lat. *karenz*: „Entbehrung, Verzicht“) beruht auf der kompletten Vermeidung des Kontaktes mit den allergieauslösenden Pollen. Dies ist aufgrund der enormen Flugweite der Pollen kaum möglich. Die einzige Möglichkeit ist der Aufenthalt in Regionen, in denen die allergenen Pflanzen nicht wachsen oder ein weniger ausgeprägter Pollenflug herrscht (z.B. in den Hochgebirgen und in Küstennähe).

Es gibt einige zusätzliche Maßnahmen, die Pollenallergiker treffen können, um die Symptome zu lindern. Zu diesem Zweck sollte man vor dem Schlafengehen die Haare waschen und seine Alltagskleidung außerhalb des Schlafzimmers ausziehen und aufbewahren. Zur Entfernung der Pollen im Haus sollten man tägliches Staubsaugen und Wischen beachten. Pollenschutznetze für die Fenster und -filter für Autos halten die Pollen außerhalb der Aufenthaltsräume.

2. Medikamente zur Linderung der Symptome gibt es in Form von Augentropfen, Nasenspray oder -tropfen, Cremes und Tabletten. Diese **Antiallergika** enthalten z.B. Antihistaminika oder Cortison. So wird den Entzündungen entgegen gewirkt. Diese Medikamente schwächen die Symptome, langfristig ändern sie aber nichts an der Allergie.



**Abb. 10: Bsp. für ein Antiallergikum**

3. Bei der **Spezifischen Immuntherapie** (Hyposensibilisierung) wird dem Allergiker das jeweilige Pollenallergen verabreicht. Im Laufe der Behandlung steigt die Dosis des Allergens, um den Betroffenen nach und nach weniger empfindlich zu machen. Diese Behandlung wird von einem Allergologen durchgeführt. Die Verabreichung des Allergens kann auf verschiedene Weise geschehen.

a) Die Injektion unter die Haut mit einer Spritze wird **Subkutane Immuntherapie (SCIT)** (*subkutan = unter der Haut*) genannt. Diese ist in 2 Phasen unterteilt: Die Steigerungsphase und die Erhaltungsphase. In der Steigerungsphase wird die Dosis des verabreichten Allergens wöchentlich bis zu einer Maximaldosis gesteigert. Sobald diese ohne Nebenwirkungen von dem Patienten vertragen wird, beginnt die Hyposensibilisierungsphase oder auch Erhaltungsphase. Nun wird die gleiche Dosis jeden Monat subkutan injiziert. Bei der „klassischen“ Immuntherapie dauert die Erhaltungsphase etwa 3 Jahre an. Im Gegensatz dazu werden bei der „präseasonalen“ Immuntherapie, auch als Kurzzeittherapie bezeichnet, nur in einigen Spritzen vor der Pollenflugsaison verabreicht. Mögliche Nebenwirkungen sind Juckreiz, Rötungen oder Schwellungen an der Injektionsstelle (60%), allergische Allgemeinreaktionen wie Asthma bronchiale oder Nesselsucht (20%). Es besteht das Risiko eines allergischen (anaphylaktischen) Schocks, dieser tritt jedoch nur sehr selten auf.

b) Bei der **Sublingualen Immuntherapie (SLIT)** wird das Allergen in Tropfen-, Spray- oder Tablettenform (**Allergie-Immun-Tabletten (AIT)**) über die Mundschleimhaut aufgenommen. Das Präparat wird unter die Zunge gegeben, dort eine Weile gehalten und dann geschluckt. Je nach Hersteller erfolgt die Therapie in ein oder zwei Phasen. In der zweiphasigen Form steigert der Allergiker über 10 Tage täglich die Allergendosis. In der anschließenden Fortsetzungsbehandlung nimmt der Patient die erforderliche Höchstdosis täglich oder zweitäglich ein. Der große Vorteil dieser Therapieform ist die einfache Einnahme zu Hause. Die Risiken und Nebenwirkungen belaufen sich auf lokale Reaktionen der Schleimhäute wie Kribbeln im Mund, Juckreiz an der Mundschleimhaut oder leichte Übelkeit. Die sublinguale Immuntherapie ist eine noch recht neue, wenig erforschte Therapieform. Sie ist stark abhängig von der Gewissenhaftigkeit des Patienten und die Langzeitwirkung ist noch nicht hinreichend belegt.

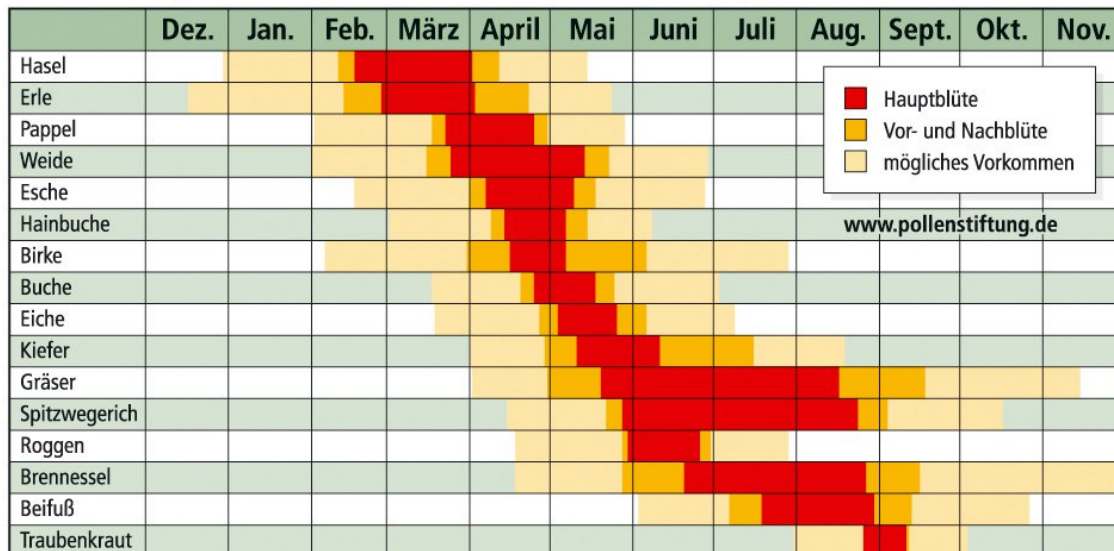
## 2.5 Pollenflugkalender

### Regionaler Pollenflugkalender norddeutscher Raum

(nach Pollenflugdaten von 2000 bis 2007)



© Stiftung Deutscher  
Polleninformationsdienst  
Charitéplatz 1, 10117 Berlin



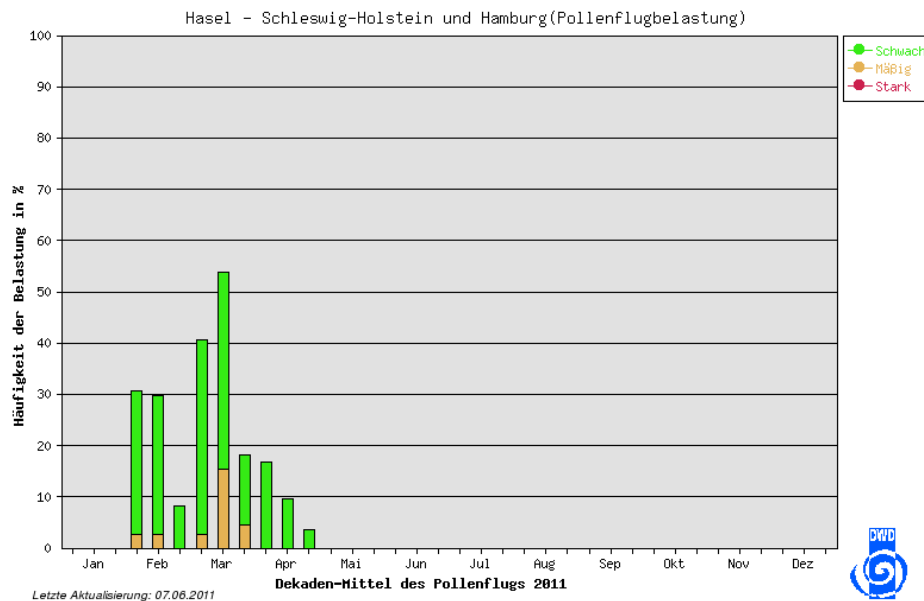
**Abb. 11: Pollenflugkalender des Norddeutschen Raums aus Daten von 2000 - 2007**

Der Pollenflugkalender zeigt das Auftreten des Pollenflugs im norddeutschen Raum. „Die langjährigen Messungen liefern wichtige Informationen über regionale Verteilungen, saisonale Schwankungen, jährliche Variationen und längerfristige zeitliche Trends.“ (Zitat aus dem Buch: Klimawandel und Gesundheit, Robert Koch Institut) Die drei Frühblüher Hasel, Erle und Birke sind zu betrachten. Die Hasel und die Erle werden vom Januar bis hin in den Mai freigesetzt. Am stärksten verbreitet werden sie von Mitte Februar bis Mitte April. Die Birkenpollen können von Februar bis Juli vorkommen, die Hauptpollenflugzeit ist jedoch von April bis Mai.

Die aktuellen Daten des Pollenflugs des Jahres 2011 in Schleswig-Holstein und Hamburg sind in den folgenden drei Graphiken zu jeweils Birke (Abb. 12), Erle (Abb. 13) und Hasel (Abb. 14) zu sehen. Hierbei wird auf der x-Achse die Jahreszeit mit Skalierung von einem Monat in drei unterteilte Abschnitte von je 10 Tagen angegeben, die als Strich dargestellt sind. Das Monatskürzel wird am 11. – 21. des jeweiligen Monats angegeben. Auf der y-Achse wird die Häufigkeit der Pollenbelastung an den 45 Messstationen angezeigt. Die jeweiligen Messergebnisse sind in die Einschätzungen schwach, mäßig und stark unterteilt.



Monats schlagartig ihren Höhepunkt erreichen. Zu diesem Zeitpunkt wurde an 85% der Messstationen das Auftreten von Erlenpollen festgestellt, 10% aller Messstationen stellten hierbei eine starke Häufigkeit fest und bei 18% wurde eine mäßige Häufigkeit festgestellt.



**Abb. 14: Häufigkeit der Pollenflugbelastung der Hasel in Schleswig-Holstein und Hamburg 2011**

Die Hasel weist eine generell eher schwache Pollenflugbelastung auf, wobei für dieses Jahr ein plötzlicher Einsatz Anfang Februar bezeichnend war. Der Höhepunkt Mitte März hebt sich nicht sehr stark von der restlichen Pollenflugzeit ab, die Ende April endet.

### 3. Veränderungen des Pollenflugs im Zuge des Klimawandels

Um den Einfluss des Klimawandels auf den Pollenflug zu untersuchen, muss zunächst dargelegt werden, welche klimatischen Faktoren den Pollenflug beeinflussen. Dazu zählen Faktoren, die die Blütezeit, -dauer und Intensität und damit auch die Pollenflugzeit, -dauer und Intensität beeinflussen. Zur Intensität zählen vor allem auch die Anzahl der Pollen sowie die Verbreitung.

#### 3.1. Faktoren, die den Pollenflug beeinflussen

Beobachtungen zeigen bis heute eine steigende Tendenz für den Pollenflug in allen Bereichen. Die Pollen fliegen früher, stärker, länger und weitere Strecken. Dafür ist nicht nur ein Faktor verantwortlich. Diese Veränderung resultiert aus einem Zusammenwirken vieler verschiedener Faktoren, die untereinander zusammenhängen und dadurch als Gesamtkonstrukt wirken. Die Aufschlüsselung in einzelne Faktoren ist trotzdem wichtig, um detailliertere Untersuchungen durchführen zu können.

1. **Die Temperatur** hat einen großen Einfluss auf die Blütezeit. In den gemäßigten Breiten ist die größte Zunahme der Intensität und Blütendauer festzustellen. In den Ballungsräumen, also Städten, ist es zusätzlich etwa 2°C wärmer als in weniger besiedelten und bebauten Gebieten. Dies verstärkt die Auswirkungen der Temperatur auf die Blüte zusätzlich.

2. Wichtig für eine frühe Blüte ist ein **milderer Winter**. So sind die optimalen Bedingungen für die Blüte der Frühblüher schon sehr weit am Anfang des Jahres erfüllt. Für die Hasel und die Erle muss eine Temperatur von 5°C bestehen, damit sie anfangen zu blühen. Die Birke, die erst später blüht, benötigt eine Temperatur von 15°C.

3. Auch das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid (**CO<sub>2</sub>**), das eng an den Klimawandel gebunden ist, hat Einflüsse auf den Pollenflug. Bei Versuchen in Laboren wurde festgestellt, dass Pflanzen, denen mehr CO<sub>2</sub> zur Verfügung steht, stärker wachsen und damit mehr Pollen produzieren und dass die Blütezeiten verfrüht wurden.

4. **Vertikale Winde**, die im Laufe des Klimawandels verstärkt auftreten, können sorgen dafür, dass Pollen auf weiteren Wegen transportiert werden können. Dies kann in sofern starke Auswirkungen haben, dass Pollen einer Pflanzenart in Gebiete geweht werden können, in denen diese Pflanzen gar nicht wachsen. So können allergische Reaktionen auftreten, obwohl die Pflanze nicht in näherer Umgebung zu finden ist. So erschwert sich die Behandlungsmöglichkeit der Karenz (s. „2. Grundlegendes Wissen -> 2.4

Behandlungsmöglichkeiten“) zusätzlich, da es für den einzelnen Allergiker schwerer zu beurteilen ist, welche Ausmaße der derzeitige Pollenflug aufweist.

5. Vor allem in Städten sind immer mehr Feinstaubpartikel, wie z.B. Dieselrußpartikel, in der Luft. Diese aktivieren die basophilen Granulozyten zusätzlich und verstärken die Symptome. Der Effekt wird durch **eine hohe Temperatur** weiter verstärkt.

6. Ein weiteres Phänomen ist, dass Allergene in der Atmosphäre freigesetzt werden und sich an Aerosole binden. Damit sind keine Pollen mehr nötig, um die allergenen Stoffe zu verbreiten. Dieser Vorgang tritt vor allem bei Gewittern oder **starken Regenfällen** auf; durch einen osmotischen Schock brechen die Pollen auf und die Allergene werden freigesetzt.

7. Ein **trockenerer, wärmerer Sommer** sorgt für eine höhere Pollenkonzentration, da weniger Regen weniger Pollen „wegwäscht“. Die Trockenheit des Sommers wird mit der Feuchte des Frühlings und Herbsts ausgeglichen, so dass sich die Jahresdurchschnittsmenge voraussichtlich nicht ändert.

## 3.2 Klimakarten

Mithilfe der Daten der Gruppe Modelle&Daten am DKRZ (früher Max-Planck-Institut für Meteorologie) waren wir in der Lage Klimadaten aus der Vergangenheit und Zukunft zu visualisieren. Damit können wir unsere Ergebnisse bzw. Vermutungen überprüfen und selbst den Klimawandel graphisch darstellen. Dies geschah mithilfe des Programms xconv, welches Daten in farbige Karten umwandelt.

Die y-Achse unserer Karten zeigt jeweils den Breitengrad an, die x-Achse den Längengrad. Die Färbung ist in der Legende erklärt, die Deutungen sind jeweils in einem Kasten neben oder unter der Graphik. Weitere Erläuterungen finden sich gegebenenfalls unter den Abbildungen in einem Fließtext. Die Auflösung dieser Graphiken besteht aus 18km x 18 km Quadraten, darum erscheinen die Graphiken teilweise verpixelt.

Die Abbildungen zeigen jeweils entweder die jüngste Vergangenheit im Zeitraum von 1961 bis 1990, eine Prognose für den Zeitraum von 2071 bis 2100 nach dem IPCC-Klima-Szenario A1B oder die Differenz des jeweiligen Faktors zwischen den beiden Zeiträumen. Die IPCC-Szenarien sind Prognosen, die sich auf bestimmte Annahmen stützen. So müssen soziale, ökonomische und politische Entwicklungen, die den Klimawandel beeinflussen, eingebunden werden, indem man von bestimmten Entwicklungen ausgeht. Da es unmöglich ist, die menschliche Entwicklung vorherzusagen, gibt es 40 IPCC-Szenarien, die jeweils auf unterschiedlichen Annahmen beruhen.

Unser ausgewähltes Szenario A1B gehört zu der A1-Familie, die von einem schnellen Wirtschaftswachstum, einer erst steigenden und später zurückgehender Weltbevölkerung, schnell eingeführten neuen Technologien sowie von einer ausgewogenen Nutzung aller Energiequellen ausgeht.

Klima-Szenarien sind keine Zukunftsvorhersage, sondern vielmehr ein Versuch eine mögliche Entwicklung aufzuzeigen. Es gibt Unsicherheiten, die ein „richtiges“ Klima-Szenario unmöglich machen: Als erstes ist es unmöglich, die genauen menschlichen Entwicklungen vorherzusagen; außerdem sind die Kenntnisse über das Klimasystem nicht vollkommen, was wiederum an der dritten Unsicherheit, der eingeschränkten Simulationsmöglichkeit der Computer, liegt. Klima-Szenarien sind schon heute beeindruckend ausgereift, jedoch nicht perfekt.

### 1. Temperatur im Frühling

Einer der wichtigsten Faktoren in „3. Veränderungen des Pollenflugs im Zuge des Klimawandels -> 3.1 Faktoren, die den Pollenflug beeinflussen“ ist die Temperatur.

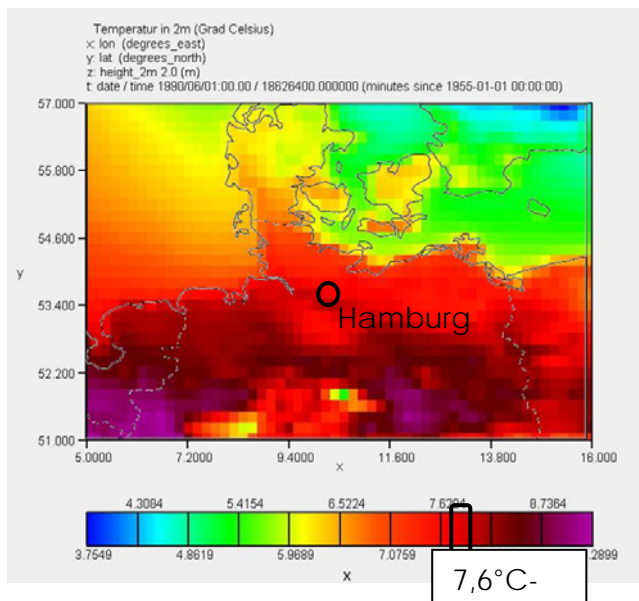


Abb. 15: Temperatur in °C im Frühling 1961-1990

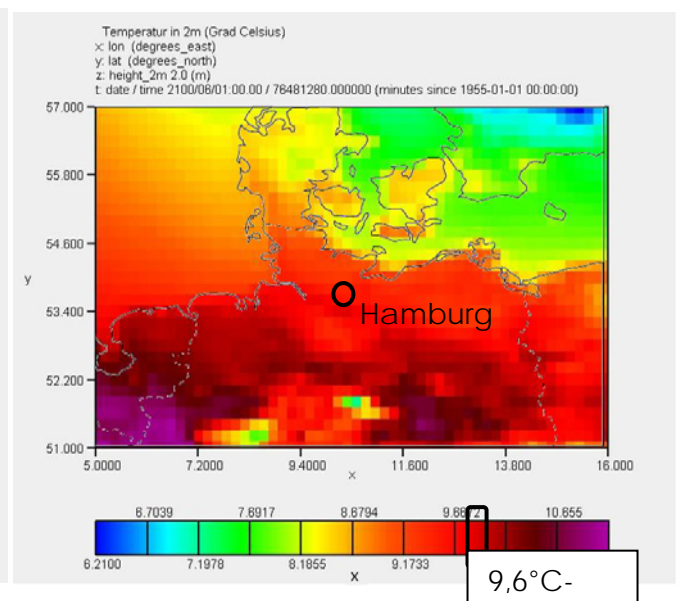


Abb. 16: Temperatur in °C im Frühling 2071-2100

Aus der Graphik ist abzulesen, dass es in Norddeutschland von 1961 bis 1990 im Frühling zwischen 7,6°C und 8°C warm war (Abb.15). Im Frühling der Zukunft (Abb. 16) wird die Temperatur schon bei 9°C - 10°C liegen. Dies ist ein Unterschied von ca. 1°C – 2°C. Dies kann große Auswirkungen auf die Blütezeit der Frühblüher haben.

Ein weiterer Effekt der zunehmenden Temperatur ist die (wie in „3.1 Faktoren die den Pollenflug beeinflussen“ erwähnt) Verstärkung des Effekts, den die Feinstaubpartikel hervorrufen. Diese Feinstaubpartikel können die allergische Reaktion verstärken und damit die Symptome verschlimmern.



Die Untersuchung des Faktors Temperatur gibt uns im Hinblick auf unsere Konzentration auf die Frühblüher Birke, Erle und Hasel die Möglichkeit, die voraussichtlichen Blühzeitbeginne separat zu untersuchen. Spezifische Graphiken über die Monate März (Abb. 17, bezogen auf Erle und Hasel, die gleichzeitig blühen [s. „2.5 Pollenflugkalender“]) und April (Abb. 18, bezogen auf die Birke) sind aussagekräftiger als die allgemeine Frühlingstendenzen (Abb. 15 und 16).

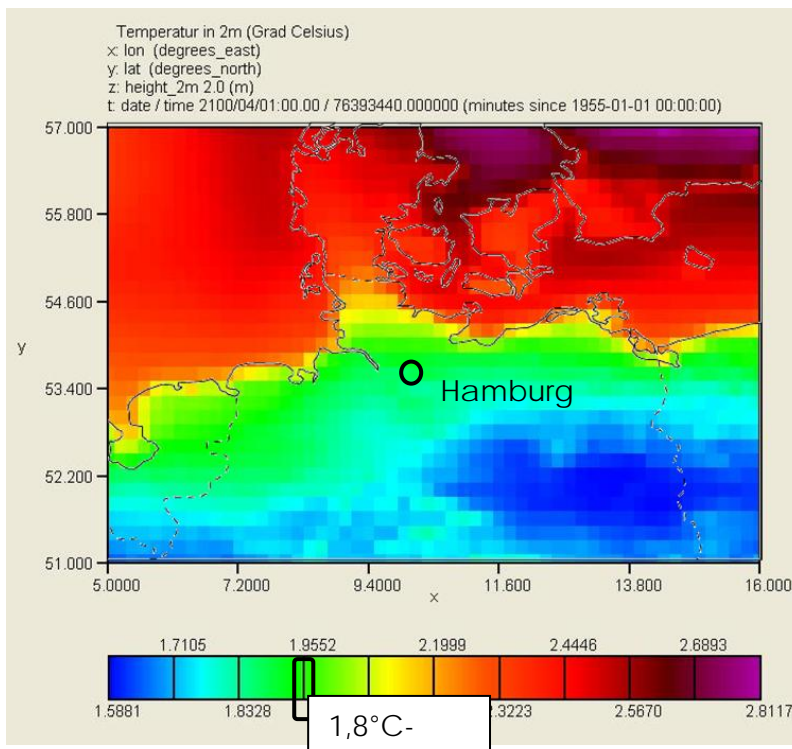


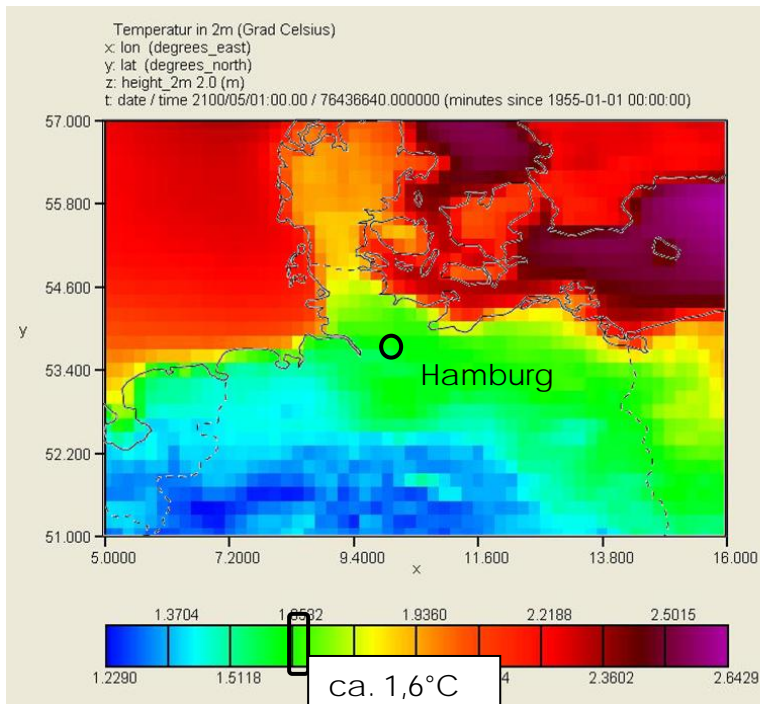
Abb. 17: Temperaturdifferenz 1961-1990 und 2071-2100 im März

Die Differenz zwischen der Temperatur im März in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts und der, des 21. Jahrhunderts liegt bei etwa 1,8°C-1,9°C. Dies bedeutet einen Anstieg von früher etwa 3,5°C auf mehr als 5°C (Auswertung nicht enthaltener Graphiken).

Daraus lässt sich schließen, dass sich der Blütebeginn der Hasel und Erle nach vorne verschoben wird.

Um wie viele Tage genau, kann man hier nicht entnehmen oder deuten (s. „3. Veränderungen des Pollenflugs im Zuge des Klimawandels -> 3.3 Aktueller Forschungsstand“).

Die Birke blüht etwas später (s. „3.1 Frühblüher“ oder „3.5 Pollenflugkalender“). Darum ist hier eine separate Graphik sinnvoll.



Wie in Abb. 17 ist ein Temperaturanstieg zu erkennen, der allerdings mit ca. 1,6°C etwas geringer ausfällt.

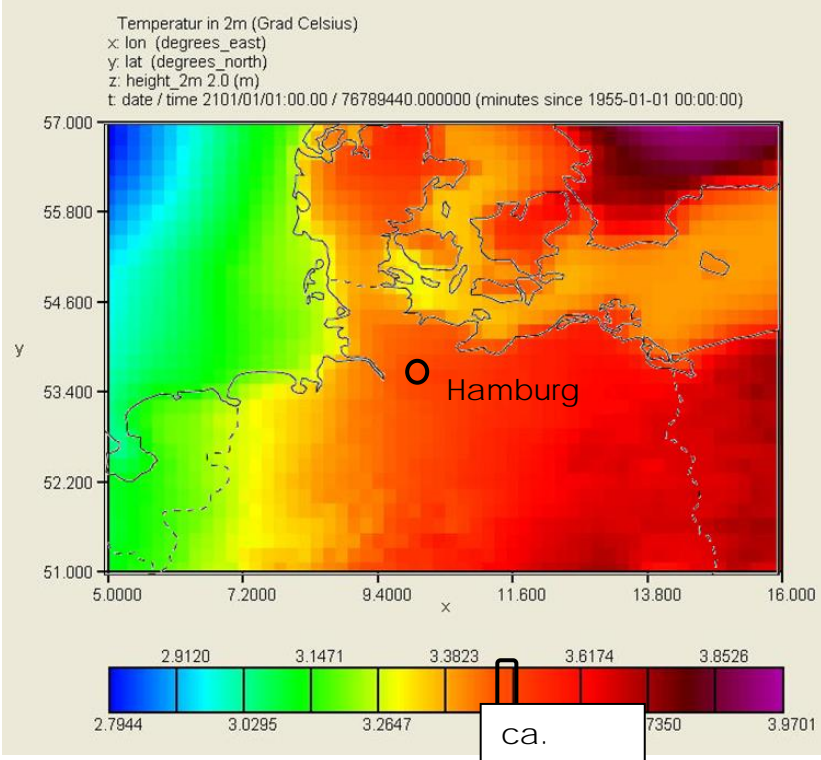
Trotzdem kann man ebenfalls darauf schließen, dass die Birke früher anfangen wird zu blühen.

Eine genauere Zahl ist in „3.3 Aktueller Forschungsstand“ aufgeführt.

Abb. 18: Temperaturdifferenz 1961-1990 und 2071-2100 im April

**2. Temperatur und Frosttage im Winter**

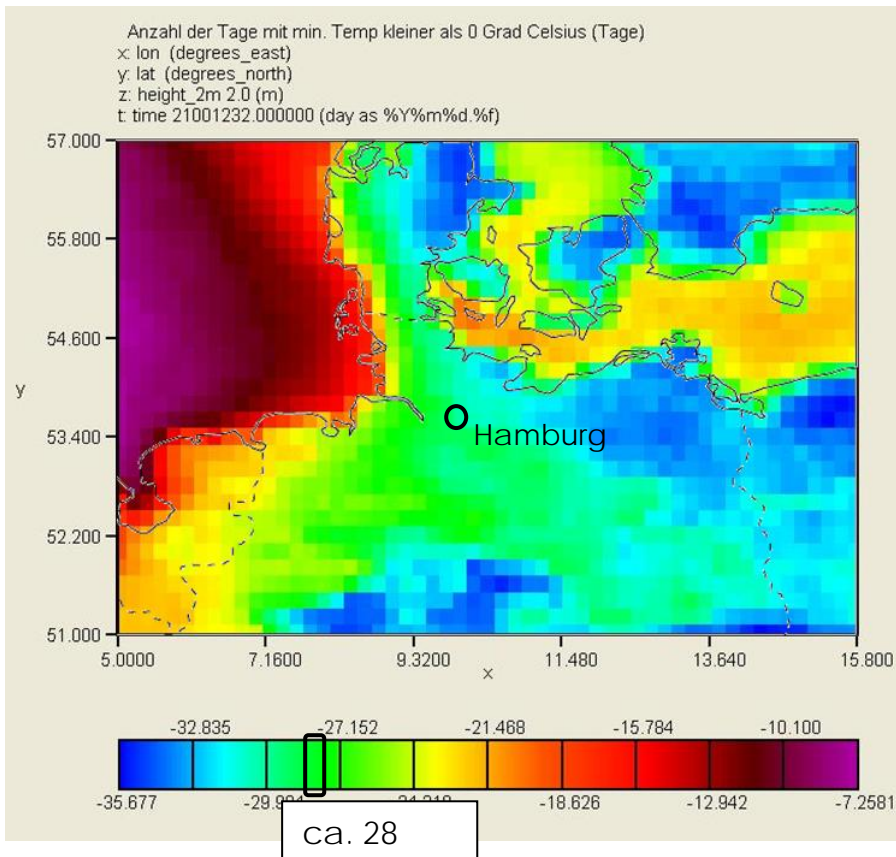
Ein zweiter Faktor, den wir mithilfe der Klimakarten betrachten können, ist der mildere Winter. Milder heißt also wärmer, weniger Schnee und Eis.



Der Temperatur im Winter beläuft sich auf etwa 3,5°C.

Im Vergleich zum Winter von 1961 – 1990, der eine durchschnittliche Temperatur von etwas über 0°C besaß, wird der Winter 2071-2100 schon fast 4°C warm sein. Dies sind erstaunliche Werte und deuten auf einen milden Winter.

Abb. 19: Temperaturdifferenz 1961-1990 und 2071-2100 im Winter



Die Frosttage, also die Tage in denen die Minimaltemperatur unter 0°C ist, wird dem Szenario zufolge innerhalb von 100 Jahre um 28, also fast einen Monat abgenommen haben.

Dieser Vorgang bestätigt die Deutung der Abb. 19: Die Winter werden milder. Dadurch wird ein früherer Wachstum und damit Blüte und Pollenflug ermöglicht.

Abb. 20: Differenz der Frosttage 1961-1990 und 2071-2100 im Winter

#### 4. Windfreie Tage im Frühling

Die Winde beeinflussen die Verbreitung der Pollen. Hier sind die windfreien Tage dargestellt, also Tage an denen eine Höchstgeschwindigkeit von 12km/h herrschte.

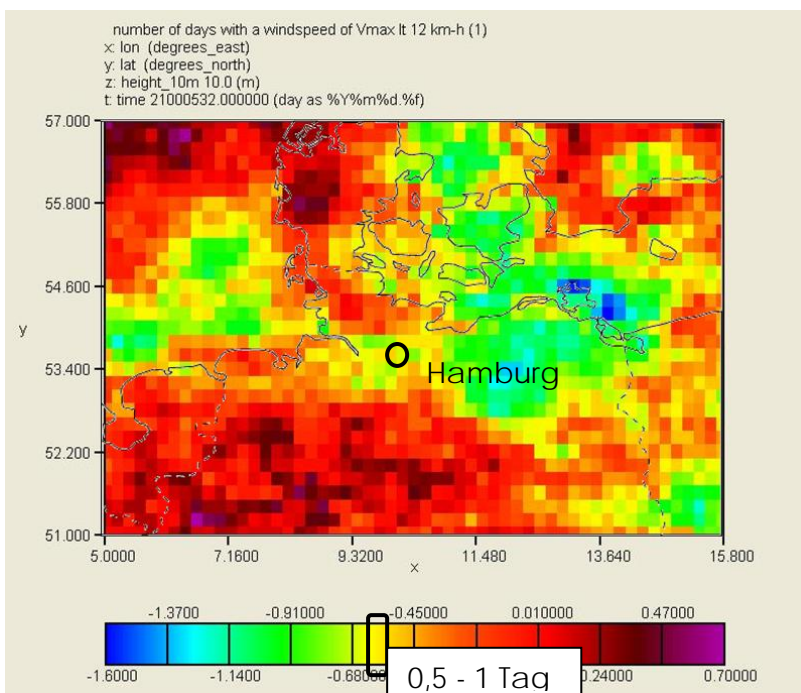


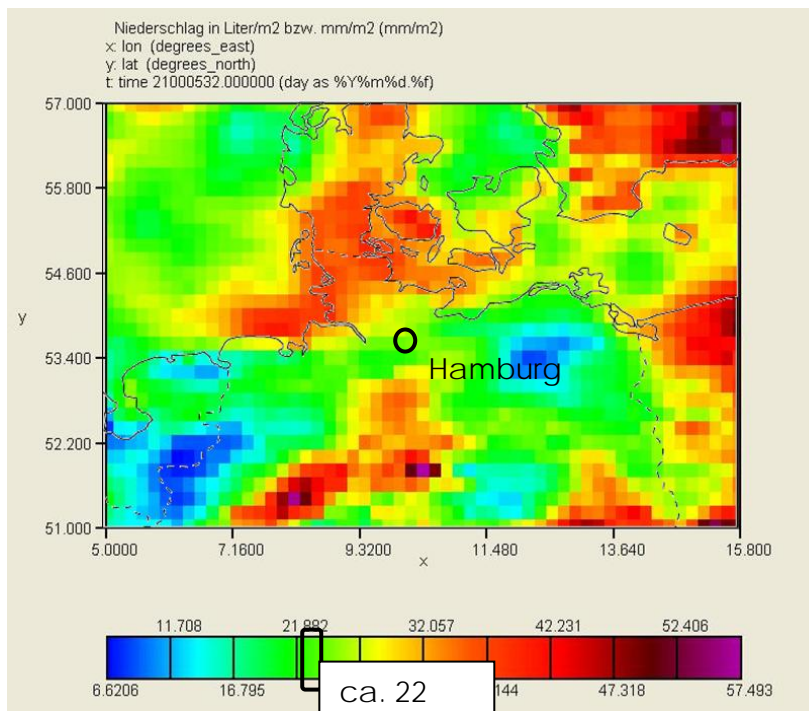
Abb. 21: Differenz der windfreien Tage 1961-1990 und 2071-2100 im Frühling

Die Graphik zeigt insgesamt nur sehr feine Unterschiede auf, die man deuten kann, aber vorsichtig betrachten muss. Im Raum um Hamburg werden die windfreien Tage um 0,5 bis 1 Tag abnehmen, was tendenziell mehr Wind bedeutet, aber nicht relevant ist.

Bei den ausgewerteten aber nicht aufgeführten Graphiken der max. bzw. mittleren Windgeschwindigkeit haben wir ähnliche Beobachtungen gemacht.

Möglicher Weise verstärken sich die vertikalen Winde, werden aber im Einzelnen nicht getrennt in einer solchen Graphik gezeigt.

## 5. Regenfälle im Frühling und Sommer

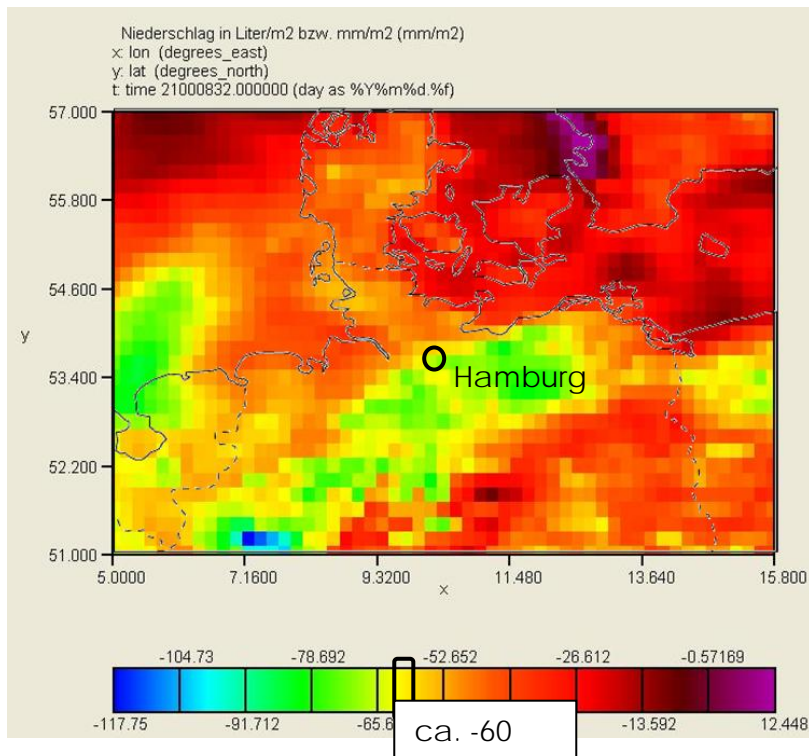


Die Differenz der Regenfälle von 1961-1990 und denen von 2071-2100 im Frühling beläuft sich auf ungefähr 22 l/m<sup>2</sup>. Früher fielen durchschnittlich 186 l/m<sup>2</sup>, in Zukunft werden es ca. 208 l/m<sup>2</sup> sein.

Es gibt nur eine geringe Zunahme der Regentage (Tage an denen mehr als 1l/m<sup>2</sup> Regen fällt) von etwa 2 - 3 Tagen. Das bedeutet, dass es nicht an mehr Tagen regnet, sondern stärker an etwa gleichbleibend vielen Tagen.

**Abb. 22: Differenz der Regenfälle 1961-1990 und 2071-2100 im Frühling**

Die stärkeren Regenfälle haben Einfluss auf den Pollenflug. Zu Beginn von Regenschauern nimmt die Pollenkonzentration stark zu, da der Regen die Pollen aus höheren in niedrigere Luftschichten drückt. Außerdem kann es passieren, dass die Pollen aufbrechen, die Allergene freigesetzt werden und sich an Aerosole binden, wodurch die Allergene weiter verbreitet werden. Im Laufe des Regenfalls reinigt dieser die Luft von Pollen und die Pollenkonzentration nimmt wieder ab. Diese Einflüsse sind nur von kurzfristiger Natur und deshalb für die langzeitliche Betrachtung des Einflusses des Pollenflugs weniger relevant.



**Abb. 23: Differenz der Regenfälle 1961-1990 und 2071-2100 im Frühling**

Im Sommer erkennt man einen deutlichen Niederschlagsrückgang in ganz Norddeutschland. Die Differenz der Regenfälle von 1961-1990 und denen von 2071-2100 beläuft sich im Sommer auf ungefähr 60 l/m<sup>2</sup> weniger Regen als zuvor.

Die zukünftigen Sommer werden also wesentlich trockener als zuvor.

Dadurch vermindert sich die Reinigung der Luft von Pollen durch Regen deutlich.

Zusammenfassend haben wir folgende Feststellungen gemacht:

1. Die Temperatur im Frühling und Sommer steigt.
  - > So kommt es zu verfrühter Blüte und Pollenflugzeit
  - > Die Verstärkung der Symptome durch Feinpartikel wird vorangetrieben
  - > Im Sommer werden weniger Pollen durch den Regen aus der Luft „gewaschen“
2. Die Winter werden milder, die Temperatur steigt und die Frosttage nehmen erheblich ab.
  - > Es kommt zu verfrühtem Wachstum, damit zur früheren Blüte und Pollensaison.
3. Eine Zunahme des Windes ist kaum merklich. Bei der Verteilung von Pollen geht es jedoch hauptsächlich um vertikale Winde, für die es aber keine Daten gibt. Vermutlich nehmen diese zu (wie in „3.1 Faktoren, die den Pollenflug beeinflussen“ und „3.3 Aktueller Forschungsstand“ erwähnt), aber es wird insgesamt nicht viel windiger.
4. Es gibt eine größere Niederschlagsmenge, die Anzahl der Regentage wird nur etwas kleiner.
  - > Es gibt kurzfristige Pollenkonzentrationsänderungen in der Luft.

### 3.3 Aktueller Forschungsstand

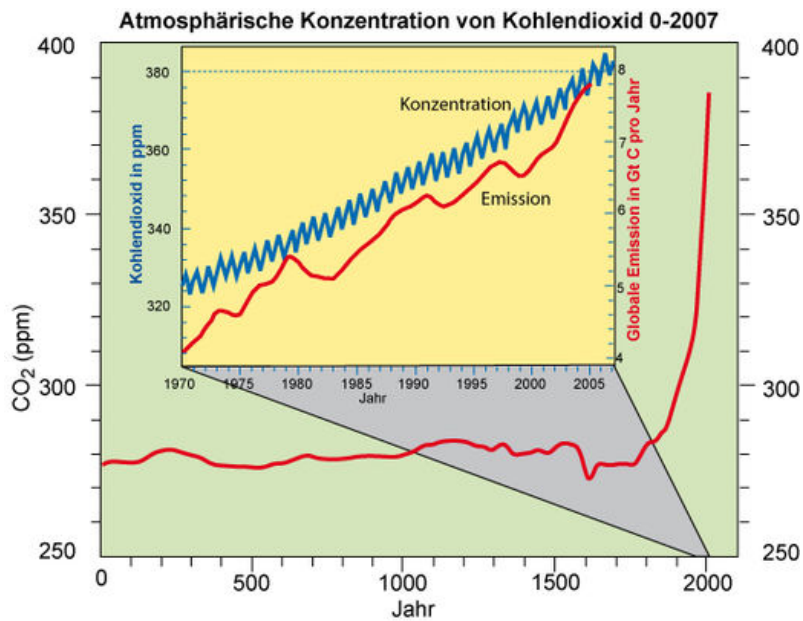
Zusätzlich zu den Klimakarten ist es wichtig, anderweitige wissenschaftliche Quellen über die Veränderungen des Pollenfluges im Zuge des Klimawandels auszuwerten. Dies ist eine Zusammenfassung der Veränderungen, die bereits stattgefunden haben bzw. prognostiziert werden.

Die Anzahl der Pollenallergiker ist in den letzten Jahrzehnten gestiegen. So gibt es noch mehr Menschen, die die folgenden Fakten betrifft: Anhand von Studien wurde aufgezeigt, dass sich die Blühphasen verfrüht haben. Dadurch verfrüht sich außerdem auch die Pollenflugsaison. Der Pollenflug wurde meistens auch intensiver und länger, da die Pflanzen durch den Temperaturanstieg üppiger wachsen und die gesamte Vegetationsperiode verlängert wird. In den letzten 20 Jahren war die Pollenflugsaison bereits 6-20 Tage länger als zuvor. Speziell bei der Birke gibt es eine Verfrüfung der Blühzeit um etwa 11 Tage. Da sich das Ende der Pollenflugzeit um etwa 3 Tage nach vorne verlegt hat, ergibt sich eine Verlängerung von ca. 8 Tagen.

Mit der Zunahme der Intensität steigt das Risiko, sensibilisiert zu werden, also allergisch zu werden. Oft kann schon eine Pollenkonzentration in der Luft gemessen werden, obwohl die Blüte an dem Messstandort noch nicht eingesetzt hat. Dies lässt sich mithilfe des Windes (s. „3.1 Faktoren, die den Pollenflug beeinflussen“ -> 6.; bzw. „3.2 Klimakarten“) erklären. Birkenpollen beispielsweise können über Strecken von weit über 500 km transportiert werden.

Ein wichtiger Faktor, auf den wir nicht mithilfe von Klimakarten eingehen können, ist das stärkere Wachstum der Pflanzen durch mehr CO<sub>2</sub>. Die Grafik unten aus dem jüngsten Klimareports des IPCC zeigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Erdatmosphäre über die letzten 2.000 Jahre bis ins Jahr 2007. Allerdings sind nur die Werte der letzten ca. 30-50 Jahren aus direkten Messungen in der Atmosphäre entstanden, frühere Messwerte stammen aus Eisbohrkernen. Der kleine Kasten vergrößert den Verlauf der CO<sub>2</sub> Konzentration in der Atmosphäre seit 1970.

Die erkennbare rasante Zunahme des CO<sub>2</sub>-Gehalts hat zunächst natürlich die Verstärkung des Klimawandels und damit die Verstärkung aller Faktoren zur Folge. Außerdem hat Kohlenstoffdioxid eine direkte Auswirkung auf Pflanzen: Sie wachsen nachweislich stärker und werden größer. Damit entstehen mehr Pollen, was zu einer Zunahme der Pollenbelastung führt.



**Abb. 24: der CO<sub>2</sub> Gehalt in der Atmosphäre**

All diese Veränderungen sind auf die aufgeführten Änderungen des Klimas zurückzuführen:

Milde Winter (s. 3.2 Klimakarten, Abb. 19 und 20), ein feuchterer und wärmerer Frühling (s. 3.2 Klimakarten, Abb. 15,16,17,18 und 21) und ein wärmerer und trockenerer Sommer (Abb. 23) und zunehmende vertikale Winde (Abb. 22) und der zunehmende CO<sub>2</sub>-Gehalt (Abb. 24).

## 4. Zusammenfassung

Das Ziel unserer Ausarbeitung war, den Veränderungen des Pollenfluges der Frühblüher im Zuge des Klimawandels auf den Grund zu gehen. Wichtig war hierbei für uns der Einfluss, den diese Veränderungen für den Allergiker haben. Zunächst eigneten wir uns das nötige Basiswissen an, um die Veränderungen für die Pflanzen bewerten zu können. Dieses fassten wir im Punkt „2. Grundlegendes Wissen“ zusammen. Mit diesem Wissen konnten wir die Einflussnahme der Veränderungen, welche wir anhand der Klimakarten feststellten, in Beziehung zu den Voraussetzungen der Birke, Erle und Hasel für Blüte- und Pollenflugzeit setzen.

Dabei waren die Informationen der Stiftung Polleninformationsdienst, sowie das im Literaturverzeichnis erwähnte Buch des Robert Koch-Instituts die wichtigsten Quellen für unsere Ausarbeitung. Unsere Bemühungen Informationen durch einen Allergologen zu erlangen, sind unglücklicherweise vergeblich gewesen, da nicht auf unsere Kontaktversuche eingegangen wurde. Die Klimakarten des DKRZ gaben uns die Möglichkeit, unsere Vermutungen zu überprüfen.

Die Hauptaussagen, die sich aus unseren Untersuchungen ergaben, waren:

- Eine Verfrühung der Blüte- und Pollenflugzeit
- Zunahme der Intensität der Pollenflugbelastung
- Verlängerung der Pollensaison

Diese Schlussfolgerungen haben wir aus unseren klimatischen Daten erarbeitet. Unsere diesbezüglichen Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- mildere Winter durch höhere Temperaturen und damit weniger Schnee
- wärmere und regnerischere Frühlingsperioden
- trockenere und windreichere Sommer

Aufgrund dieser wahrscheinlichen Veränderungen müssen sich Pollenallergiker in Zukunft auf eine längere und intensivere Pollensaison einstellen. Verschiedene Auslöser werden die Symptome der Pollenallergie verstärken, weshalb die Vorsichtsmaßnahmen zur Linderung der Symptome zukünftig noch genauer eingehalten werden müssen, Hyposensibilisierungs-Behandlungen eventuell angepasst werden müssen und die Allergiker sich insgesamt in ihrem Alltag stärker an die Einschränkungen durch ihre Pollenallergie anpassen müssen.



## 5. Quellenverzeichnis

### 5.1 Abbildungsverzeichnis

**Abb. 1:** wikipedia-Bildarchiv,  
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Corylus-columna-catkins.JPG&filetimestamp=20060926124934>, letzter Zugriff: 7.6.11

**Abb. 2:** Eigenes Foto

**Abb. 3:** wikipedia-Bildarchiv,  
[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Alnus\\_glutinosa\\_011.jpg&filetimestamp=20070624113003](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Alnus_glutinosa_011.jpg&filetimestamp=20070624113003), letzter Zugriff: 7.6.11

**Abb. 4:** Eigenes Foto

**Abb. 5:** Eigenes Foto

**Abb. 6:** Eigenes Foto

**Abb. 7:** Eigenes Foto

**Abb. 8:** wikipedia-Bildarchiv,  
[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Misc\\_pollen.jpg&filetimestamp=20041209024610](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Misc_pollen.jpg&filetimestamp=20041209024610), letzter Zugriff: 8.6.11

**Abb. 9:** Eigenes Foto

**Abb. 10:** Eigenes Foto

**Abb. 11:** [http://www.pollenstiftung.de/images/pollenflug\\_nord.jpg](http://www.pollenstiftung.de/images/pollenflug_nord.jpg), Stiftung Deutscher Pollenfluginformationsdienst, letzter Zugriff: 8.6.11, Copyright-Hinweis: „Seit 25.5.2009 kann der Pollenflugkalender der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst (PID) bei unveränderter Darstellung der Originale unter Wahrung des PID Copyrights frei genutzt werden.“

**Abb. 12:**  
[http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_windowLabel=T14602949251144839547980&\\_urlType=action&\\_pageLabel=\\_dwdwww\\_wetter\\_warnungen\\_biowetter](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_windowLabel=T14602949251144839547980&_urlType=action&_pageLabel=_dwdwww_wetter_warnungen_biowetter), Stiftung Deutscher Pollenfluginformationsdienst, letzter Zugriff: 9.6.11, Copyright Deutscher Wetterdienst, Offenbach(Main)

Copyright-Hinweis des DWD: „Daten und Produkte werden durch den DWD unter dem Vorbehalt der Verwendung einer geeigneten Quellenangabe abgegeben.“

**Abb. 13:**

[http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_)

[windowLabel=T14602949251144839547980&\\_urlType=action&\\_pageLabel=\\_dwdwww\\_wetter\\_warnungen\\_biowetter](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_windowLabel=T14602949251144839547980&_urlType=action&_pageLabel=_dwdwww_wetter_warnungen_biowetter), Stiftung Deutscher

Pollenfluginformationsdienst, letzter Zugriff: 9.6.11, Copyright Deutscher Wetterdienst, Offenbach(Main)

Copyright-Hinweis des DWD: „Daten und Produkte werden durch den DWD unter dem Vorbehalt der Verwendung einer geeigneten Quellenangabe abgegeben.“

**Abb. 14:**

[http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_)

[windowLabel=T14602949251144839547980&\\_urlType=action&\\_pageLabel=\\_dwdwww\\_wetter\\_warnungen\\_biowetter](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_windowLabel=T14602949251144839547980&_urlType=action&_pageLabel=_dwdwww_wetter_warnungen_biowetter), Stiftung Deutscher

Pollenfluginformationsdienst, letzter Zugriff: 9.6.11, Copyright Deutscher Wetterdienst, Offenbach(Main)

Copyright-Hinweis des DWD: „Daten und Produkte werden durch den DWD unter dem Vorbehalt der Verwendung einer geeigneten Quellenangabe abgegeben.“

**Abb. 15:** Klimakarten erstellt anhand der Daten aus Lautenschlager, 2006: Climate Simulation with CLM, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate, online unter:

<http://bildungsserver.hamburg.de/norddeutschland-daten/>

**Abb. 16:** Klimakarten erstellt anhand der Daten aus Lautenschlager, 2006: Climate Simulation with CLM, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate, online unter:

<http://bildungsserver.hamburg.de/norddeutschland-daten/>

**Abb. 17:** Klimakarten erstellt anhand der Daten aus Lautenschlager, 2006: Climate Simulation with CLM, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate, online unter:

<http://bildungsserver.hamburg.de/norddeutschland-daten/>

**Abb. 18:** Klimakarten erstellt anhand der Daten aus Lautenschlager, 2006: Climate Simulation with CLM, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate, online unter:

<http://bildungsserver.hamburg.de/norddeutschland-daten/>

**Abb. 19:** Klimakarten erstellt anhand der Daten aus Lautenschlager, 2006: Climate Simulation with CLM, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate, online unter:

<http://bildungsserver.hamburg.de/norddeutschland-daten/>

**Abb. 20:** Klimakarten erstellt anhand der Daten aus Lautenschlager, 2006: Climate Simulation with CLM, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate, online unter:  
<http://bildungsserver.hamburg.de/norddeutschland-daten/>

**Abb. 21:** Klimakarten erstellt anhand der Daten aus Lautenschlager, 2006: Climate Simulation with CLM, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate, online unter:  
<http://bildungsserver.hamburg.de/norddeutschland-daten/>

**Abb. 22:** Klimakarten erstellt anhand der Daten aus Lautenschlager, 2006: Climate Simulation with CLM, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate, online unter:  
<http://bildungsserver.hamburg.de/norddeutschland-daten/>

**Abb. 23:** Klimakarten erstellt anhand der Daten aus Lautenschlager, 2006: Climate Simulation with CLM, Data Stream 3: European region MPI-M/MaD. World Data Center for Climate, online unter:  
<http://bildungsserver.hamburg.de/norddeutschland-daten/>

**Abb. 24:** Klimawandel-Wiki, Artikel Kohlendioxid-Konzentration,  
[http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Datei:CO2\\_2007.jpg](http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Datei:CO2_2007.jpg)

## 5.2 Literaturverzeichnis

### **Bücherquellen:**

- Dieter Eis, Dieter Helm, Detlef Laußmann, Klaus Stark: Klimawandel und Gesundheit – Ein Sachstandsbericht. Robert Koch-Institut, 2010, S. 162 - 167
- Dr. med. Guido Ern, Dr. med. Ralf D. Fischbach: Der Allergien-Ratgeber. Schlütersche Verlagsgesellschaft, 2008
- Ernst Lautenbach: Medizin Zitate Lexikon, IUDICIUM Verlag GmbH München, 2010, S.465
- Lothar Jäger: Allergien Ursachen, Therapie, Vorbeugung; Verlag C. H. Beck ohG, München, 2010, S. 69 - 75

### **Internetquellen:**

- Vorstand (Vorsitz): Prof. Dr. med. K.-Ch. Bergmann  
Geschäftsstellenleiterin: Anja Bode , Pressestelle Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst, 2010, letzter Zugriff: 06. 06. 11,  
[http://pollenstiftung.de/downloads/pressemitteilungen/pm\\_pollenstiftung\\_100420.pdf](http://pollenstiftung.de/downloads/pressemitteilungen/pm_pollenstiftung_100420.pdf)
- Claudia Bär, Dr. Johannes Huss-Marp, Klimawandel und allergische Erkrankungen, 2009, letzter Zugriff: 04.06.11, [http://www.helmholtz-muenchen.de/fileadmin/FLUGS/PDF/Themen/Allergien/Klimawandel\\_und\\_Allergien.neu.pdf](http://www.helmholtz-muenchen.de/fileadmin/FLUGS/PDF/Themen/Allergien/Klimawandel_und_Allergien.neu.pdf)
- Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, Pollenbelastung mindern. 10 Tipps bei Heuschnupfen, 2011, letzter Zugriff: 29. 05. 11  
<http://www.kindergesundheit-info.de/fuer-eltern/gesundheitsrisikenvb/allergien/pollenbelastung-mindern-10-tipps-bei-heuschnupfen/>
- Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung; Was tun bei Heuschnupfen?; 2010, letzter Zugriff: 04.06.11, <http://www.kindergesundheit-info.de/index.php?id=3657>
- Vorstand (Vorsitz): Prof. Dr. med. K.-Ch. Bergmann Geschäftsstellenleiterin: Anja Bode: Neuer Pollenflugkalender für Deutschland! , letzter Zugriff: 29. 05. 11,  
[http://www.pollenstiftung.de/index.php?inhalt=pollenvorhersage\\_kalender](http://www.pollenstiftung.de/index.php?inhalt=pollenvorhersage_kalender)

- Verantwortlich: Thomas Paatsch, PAK polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, 2000-2006, 2006-2010,  
<http://www.enius.de/schadstoffe/pak.html>
- Nadine, Klimawandel beeinflusst Pollenflug, 2009, letzter Zugriff: 03.06.11,  
<http://www.allergiewelle.de/klimawandel-beeinflusst-pollenflug>
- Julia Bidder: Erst Schnupfen, dann Asthma; 2007, letzter Zugriff: 03.06.11,  
[http://www.focus.de/gesundheit/ratgeber/allergie/ursachen/heuschnupfen/etagen\\_wechsel\\_aid\\_8317.html](http://www.focus.de/gesundheit/ratgeber/allergie/ursachen/heuschnupfen/etagen_wechsel_aid_8317.html)
- Hyposensibilisierung, Dr. P.J.Fischer, letzter Zugriff: 25.05.11,  
<http://www.allergie-asthma-online.de/13-hyposensibilisierung.php?hlink=12&slink=0>
- Mildere Winter, trockenere Sommer: Klimastudie zeigt Anpassungsbedarf in Sachsen-Anhalt, PIK Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung , letzter Zugriff: 03.06.11, <http://www.pik-potsdam.de/aktuelles/pressemitteilungen/mildere-winter-trockenere-sommer-klimastudie-zeigt-anpassungsbedarf-in-sachsen-anhalt-auf>
- Chris Gurk & Christian Hepp, Hänge-Birke, Weiß-Birke, 2004,  
[http://www.baumkunde.de/Betula\\_pendula/](http://www.baumkunde.de/Betula_pendula/)
- DIGA Baumschulen, Verantwortlich: Dipl.-Ing.agr. Telse Dirksmeyer-Vielhauer, letzter Zugriff: 29. 05. 11, <http://www.diga-baumschulen.de/gehoelze/Birke.htm>
- Herausgeber: Naturschutz-Zentrum Hessen e.V. , Text: Gerd Bauschmann, Die Schwarz-Erle, 2002, letzter Zugriff: 29. 05. 11, <http://www.naturschutz-praxis.de/merkb1/14t.htm>
- Chris Gurk & Christian Hepp, Schwarz-Erle, 2004, letzter Zugriff: 03.06.11,  
[http://www.baumkunde.de/Alnus\\_glutinosa/](http://www.baumkunde.de/Alnus_glutinosa/)
- Chris Gurk & Christian Hepp, Grau-Erle, 2004, letzter Zugriff: 29. 05. 11,  
[http://www.baumkunde.de/Alnus\\_incana/](http://www.baumkunde.de/Alnus_incana/)  
Chris Gurk & Christian Hepp, Gemeine Hasel, 2004, letzter Zugriff: 29. 05. 11,  
[http://www.baumkunde.de/Corylus\\_avellana/](http://www.baumkunde.de/Corylus_avellana/)
- Geschäftsführer: Andreas Sander, Die wichtigsten Allergieauslöser, 2001-2008, letzter Zugriff: 29. 05. 11,  
[http://www.allergiecheck.de/sites/allergie\\_wissen/allergieausloeser.htm](http://www.allergiecheck.de/sites/allergie_wissen/allergieausloeser.htm)
- Verantwortlich für den Inhalt: Oliver Thiele & Markus Thiele , Allergene - Allergie Auslöser

Quellen zu Pollenallergieauslösern, letzter Zugriff: 03.06.11,  
<http://www.allergie-doktor.de/alles-zu-allergien/allergie-ausloeser.html>

- Andreas Piller, Pollenallergien – eine kurze Einführung, letzter Zugriff: 02.06.11,  
<http://www.pollenallergien.de/>

- Irina Wald, Katharina Rederer, Es (f)liegt was in der Luft, 2008, letzter Zugriff:  
02.06.11, <http://www.vitagate24.ch/heuschnupfen.aspx>

- Dr. Sabine Schmidt, J. Linnemann, Hasel, Haselpollen, Haselnüsse, 2010,  
letzter Zugriff: 02.06.11, [http://www.allum.de/index.php?mod=noxe&n\\_id=46](http://www.allum.de/index.php?mod=noxe&n_id=46)

- Dr. Sabine Schmidt, Eva Theil, Pollenallergie, 2010, letzter Zugriff: 02.06.11,  
<http://www.allum.de/krankheiten/pollenallergie.html>

- Eva Theil, Dr. Sabine Schmidt, Beifuß-Ambrosie, 2010, letzter Zugriff: 29. 05. 11,  
[http://www.allum.de/noxe/beifuss\\_ambrosie-\(beifussblaettriges-traubenkraut\).html](http://www.allum.de/noxe/beifuss_ambrosie-(beifussblaettriges-traubenkraut).html)

- Dr. Sabine Schmidt, Birke, Birkenpollen, 2010, letzter Zugriff: 29. 05. 11,  
<http://www.allum.de/noxe/birke--birkenpollen.html>

- Dr. Sabine Schmidt; Erle, Erlenpollen; 2010, letzter Zugriff: 29. 05. 11,  
<http://www.allum.de/noxe/erle-erlenpollen.html>

- Dr. Sabine Schmidt, J. Linnemann; Esche, Eschenpollen; 2010, letzter Zugriff:  
29. 05. 11, <http://www.allum.de/noxe/esche-eschenpollen.html>

- Dr. Sabine Schmidt, J. Linnemann; Gräser; 2010, letzter Zugriff: 29. 05. 11,  
<http://www.allum.de/noxe/graeser.html>

- Dr. Sabine Schmidt; Pollen; 2010, letzter Zugriff: 26. 05. 11,  
<http://www.allum.de/noxe/pollen.html>

- Informationen über: Allergie auf Haselpollen; Dr. Frauke Martens; 2010,  
letzter Zugriff: 26. 05. 11, <http://www.apotheke.by/lexika/begriff-allergie-auf-haselpollen-9468.html>

- Pollen. Belastung mindern. Heuschnupfen betrifft etwa jedes zehnte Kind;  
BzGA; 2010, letzter Zugriff: 26. 05. 11, <http://www.bzga.de/?sid=453>

- Dr. Anna-Maria Vestweber; Etagenwechsel: Heuschnupfen / Asthma; 2011,  
letzter Zugriff: 26. 05. 11,  
[http://www.allergin.de/index~uuid~C9F2A22CAE4804B88A637EFC7E785F7B~and\\_uuid~E4A130CAA4804B88B53808DAD16D2DA.htm](http://www.allergin.de/index~uuid~C9F2A22CAE4804B88A637EFC7E785F7B~and_uuid~E4A130CAA4804B88B53808DAD16D2DA.htm)

- verantwortlich: Adina Herzog: Pollenallergie- Ihre Symptome, letzter Zugriff: 26. 05. 11, <http://www.avogel.de/extras/pollenallergie/ursachen.php>
- verantwortlich: Agnes Herber-Pflüger: Allergische Belastung für Pollenallergiker 2011, letzter Zugriff: 02.06.11, [http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=\\_dwdwww\\_wetter\\_warnungen\\_biowetter&T14602949251144839547980gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FWetter\\_\\_Warnungen%2FBiowetter%2FPollenflug%2Fpollenflugstatistik\\_\\_erlaeut\\_\\_node.html%3F\\_nn%3Dtrue](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_wetter_warnungen_biowetter&T14602949251144839547980gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FWetter__Warnungen%2FBiowetter%2FPollenflug%2Fpollenflugstatistik__erlaeut__node.html%3F_nn%3Dtrue)
- verantwortlich: Dr. rer. nat. Monika von Berg: Etagenwechsel ist gefährlich; 2011, letzter Zugriff: 26. 05. 11, [http://www.lifeline.de/asthma/leben\\_mit\\_asthma/umwelt\\_allergene/pollen\\_graeser/content-157662.html](http://www.lifeline.de/asthma/leben_mit_asthma/umwelt_allergene/pollen_graeser/content-157662.html)
- verantwortlich: Andreas Piller: Symptome der Pollenallergie; Jahr fehlt, letzter Zugriff: 26. 05. 11, <http://www.pollenallergien.de/symptome.html>
- Dr. med. Weiland, Dr. med. Waitz: Heuschnupfen (Pollenallergie): Symptome; 2011  
Sabine Wacker, Andreas Wacker: Allergien: Endlich Hilfe durch Basenfasten. Karl F. Haug Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. Kg., 2004, S. 9-14, letzter Zugriff: 02.06.11, <http://www.onmeda.de/krankheiten/heuschnupfen-symptome-6101-4.html>
- Verantwortlicher: Christian Urban; Pollenallergie Ursachen; 2007-2011, <http://www.pollenallergie.de/pollenallergie-ursachen>
- Michael Hirtner; Pollenallergie (Heuschnupfen) , letzter Zugriff: 03.06.11, <http://www.tutgut.at/pollenallergie-heuschnupfen-229/>
- Dr.med. Jutta Karl; Allergie gegen Pollen; 2010, letzter Zugriff: 02.06.11, <http://www.doktorkarl.de/lexikon/inlets/inletallergiepollen.html>
- Geschäftsführung: Andrea Wallrafen; Pollenallergie, letzter Zugriff: 02.06.11, [http://www.daab.de/all\\_pollall.php](http://www.daab.de/all_pollall.php)
- Katrin Hoerner; Zehn Fakten zu Heuschnupfen; 2009, letzter Zugriff: 02.06.11, [http://www.focus.de/gesundheit/ratgeber/allergie/tid-13774/pollenallergie-zehn-fakten-zu-heuschnupfen\\_aid\\_383987.html](http://www.focus.de/gesundheit/ratgeber/allergie/tid-13774/pollenallergie-zehn-fakten-zu-heuschnupfen_aid_383987.html)
- Geschäftsführer/Vorstand: Dr. Werner Kellner; Saisonale Allergien: "klassischer Heuschnupfen" durch Gräser - und Baumpollen; 2010, letzter Zugriff: 02.06.11, <http://www.allergie.medhost.de/pollenallergie.html>

- Dr. med. Angela Schelling; Heuschnupfen; 2011, letzter Zugriff: 02.06.11, <http://www.netdokter.de/Krankheiten/Allergie/Wissen/Heuschnupfen-415.html>
  
- Gesetzlicher Vertreter: Intendant Ulrich Wilhelm; Was ist Heuschnupfen?; 2010, letzter Zugriff: 02.06.11, <http://www.br-online.de/ratgeber/gesundheit/heuschnupfen-DID1195677194994667/heuschnupfen-pollen-immunsystem-ID671195677165271387.xml>
  
- Hubertus Fries, Dr. med. Maria-Anna Schoppmeyer : Was ist Heuschnupfen und wodurch wird er ausgelöst?; 2005, letzter Zugriff: 26. 05. 11, <http://www.tk.de/tk/krankheiten-a-z/krankheiten-h/heuschnupfen/28268>
  
- Verantwortlich für den Inhalt: Marie-Laure Sauty de Chalon, Marc Schmitz: Heuschnupfen (Pollenallergie); 2011, letzter Zugriff: 02.06.11, <http://www.onmeda.de/krankheiten/heuschnupfen.html>
  
- Dr. med. Ulrike Henning: Heuschnupfen, Pollenallergie; 2011, letzter Zugriff: 03.06.11, <http://www.qualimed.de/pollenallergie.html>
  
- Verantwortlich für den Inhalt: Marie-Laure Sauty de Chalon, Marc Schmitz: AllergieTyp I; 2010, letzter Zugriff: 03.06.11, [http://www.onmeda.de/krankheiten/allergie-definition-allergietyp-i-%28soforttyp%29-1256-4.html#typ\\_i\\_soforttyp](http://www.onmeda.de/krankheiten/allergie-definition-allergietyp-i-%28soforttyp%29-1256-4.html#typ_i_soforttyp)
  
- Was ist eine Allergie?; Autor fehlt, letzter Zugriff: 02.06.11, <http://www.lungenarzt-hamel.de/Allergie.pdf>
  
- Jürgen Wehner: Heuschnupfen: Ursachen der Pollenallergie, letzter Zugriff: 26. 05. 11, <http://www.medizinfo.de/allergie/heuschnupfen/ursachen.shtml>
  
- Prof. Dr. Dieter Steinhilber: Leukotriene – Botenstoffe von allergischen und entzündlichen Reaktionen; letzter Zugriff: 03.06.11, <http://www.uni-frankfurt.de/fb/fb14/download/fb-broschuere/Steinhilber.pdf>