

Der Klimawandel – Herausforderung
für die Stadtklimatologie

Climate change – challenge facing
urban climatology



Impressum

Herausgeberin:

Landeshauptstadt Stuttgart
Referat Städtebau und Umwelt
Amt für Umweltschutz
Abteilung Stadtklimatologie
In Verbindung mit der Abteilung Kommunikation

Bilder:

 (soweit nicht bei der Abbildung angegeben)

Stadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz
Abt. Stadtklimatologie: Seiten 57, 65
J. Baumüller: Titelbild und Seiten 43, 49, 51, 56, 59
(links), 67, 68, 70, 75, 78 (links)
E. Kohfink: Seiten 46, 52, 59 (rechts), 60 (unten), 63

Stadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Stadter-
neuerung: Seite 53

U. Schmidt-Contag: Seiten 58, 77 (links)

M. Storck: Seite 77 (rechts)

A. Mende: Seite 78 (rechts)

Stadt Stuttgart, Stadtmessungsamt:
Seiten 60 (oben), 62 (unten)

Gestaltung und Produktion:

media_projekt e.K, Stuttgart

Übersetzung:

Sprachdienst Dr. Herrlinger GmbH,
Kirchentellinsfurt

Schutzgebühr: 10,00 Euro
Stuttgart, Oktober 2010
Gedruckt auf Recyclingpapier
Auflage: 800 Exemplare

ISSN 1438-3918

Titelseite:

Dachbegrünung in Stuttgart

Imprint

Publisher:

State Capital Stuttgart
Office of Urban Planning and the Environment
Environmental Protection Office
Section of Urban Climatology
In association with the Communication Department

Pictures:

 (except as noted otherwise at the caption)

City of Stuttgart, Environmental Protection Office
Section of Urban Climatology: pages 57, 65
J. Baumüller: cover picture and pages 43, 49, 51,
56, 59 (left), 67, 68, 70, 75, 78 (left)
E. Kohfink: pages 46, 52, 59 (right), 60 (bottom), 63

City of Stuttgart, Office of City Planning and Urban
Renewal: page 53

U. Schmidt-Contag: pages 58, 77 (left)

M. Storck: page 77 (right)

A. Mende: page 78 (right)

City of Stuttgart, Surveying Office:
pages 60 (top), 62 (bottom)

Design and production:

media_projekt e.K, Stuttgart

Translation:

Sprachdienst Dr. Herrlinger GmbH,
Kirchentellinsfurt

Nominal charge: 10.00 Euro
Stuttgart, October 2010
Printed on recycled paper
Print run: 800 copies

ISSN 1438-3918

Title page:

Roof greening in Stuttgart

Der globale Klimawandel – Anpassung und Vermeidung als neue Herausforderung der Stadtklimatologie

Global climate change – adaptation and mitigation: the new challenge facing urban climatology

Vorwort



Matthias Hahn

Bürgermeister für Städtebau und Umwelt
der Landeshauptstadt Stuttgart



Joachim von Zimmermann

Leiter des Amtes für Umweltschutz
der Landeshauptstadt Stuttgart

Der globale Klimawandel hat begonnen. Der Klimawandel kann nicht länger vollständig aufgehalten werden. Zunehmende Wetterextreme wie Hochwasser, Stürme, Hitzewellen und Dürren sind klare Zeichen für die heftigen Auswirkungen des Klimawandels.

Selbst wenn heute der gesamte Ausstoß der Treibhausgase gestoppt werden könnte, wären die Wirkungen des Klimawandels auch in den kommenden Jahrzehnten noch spürbar. Der Klimawandel und dessen Auswirkungen bergen eine doppelte Herausforderung. Erstens Klimaschutz: daher die Reduzierung von Treibhausgasen um den Klimawandel einzuschränken. Zweitens Anpassung: Das bedeutet, sich auf die Auswirkungen des unausweichlichen Klimawandels vorzubereiten.

Die Landeshauptstadt Stuttgart unternimmt viele Anstrengungen, die Treibhausgase zu reduzieren. Mit dem Klimaschutzkonzept Stuttgart (KLIKS) werden diese Bemühungen seit vielen Jahren erfolgreich umgesetzt. Ganz wichtig ist aber auch die Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels. Diese Anpassung kann wesentlich durch die Berücksichtigung des Klimas in der Stadtplanung gelingen. Darüber informiert das vorliegende Heft.

Es zeigt sich, dass die jahrzehntelangen Bemühungen der Stadtklimatologie zum Schutz des lokalen Klimas, die in diesem Heft nochmals zusammenfassend gewürdigt werden, auch wegweisende Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sind. Das gilt in Stuttgart besonders für den Schutz gegen die Hitze in der Stadt. Zu den Maßnahmen gehören der Erhalt und die Vergrößerung der Grünflächen in der Stadt, z. B. Wald und Parkanlagen, Sicherung wichtiger Frischluftschneisen und Luftaustauschbahnen, aber auch Verkehrsgrün, begrünte Stadtbahngleise und Dachbegrünungen.

Wir würden uns freuen, wenn diese Veröffentlichung auf ein breites Interesse stößt und als hilfreiche Anregung in den Bemühungen zur Anpassung an den Klimawandel und zu seiner Vermeidung dient.



Matthias Hahn
Bürgermeister



Joachim von Zimmermann
Stadtdirektor

Preface



Matthias Hahn

Deputy Mayor for Urban Development and Environmental Protection of the city of Stuttgart



Joachim von Zimmermann

Head of the Office for Environmental Protection of the city of Stuttgart

Global climate change is upon us. Climate change is a process which is no longer completely stoppable. Increasing incidence of extreme weather conditions such as floods, storms, heat waves and droughts are all clear indicators of climate change and its severe repercussions.

Even if it were possible to halt all emissions of greenhouse gases from today, we would still be affected by climate change over the coming decades. Climate change and its impact present us with a dual challenge. The first is climate protection and the associated need to reduce carbon emissions and so minimize climate change. The second is adjustment: In other words, the task of preparing for the effects of inevitable climate change.

The State Capital Stuttgart is currently undertaking a whole range of measures aimed at reducing greenhouse gases. These endeavours have been successfully implemented over a period of several years in the form of Stuttgart's urban climate protection scheme (KLIKS). But equally important is the endeavour to adjust to the inevitable effects of climate change. One significant way in which to approach the adjustment process is by taking the climate into account in our urban planning. This publication is designed to provide an insight into this endeavour.

It is evident that the efforts invested by the Section of Urban Climatology over decades to protect the local climate, which are explained in summary and acknowledged in this publication, serve at the same time as an effective approach to the process of adjusting to climate change. In Stuttgart, this applies in particular to heat in the city centre. Measures undertaken here include the maintenance and expansion of green spaces such as woodland and parks in the city, safeguarding vital fresh air corridors and air exchange channels, as well as roadside, railway track and roof greening.

We very much hope that this publication meets with widespread interest and that it will serve as a helpful stimulus in endeavours to both prevent and adjust to the process of climate change.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'M. Hahn'.

Matthias Hahn
Deputy Mayor

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. v. Zimmermann'.

Joachim von Zimmermann
City director

Inhaltsverzeichnis

Seite

	Impressum	
	Vorwort	
	Inhaltsverzeichnis	
1.	Einleitung	13
2.	Historie der Stadtklimatologie	15
2.1	Medizinische Wurzeln des Arbeitsgebietes	15
2.2	Meteorologische Wurzeln des Arbeitsgebietes	15
2.3	Die Anfänge des Arbeitsgebietes Stadtklimatologie	16
2.4	Die Entwicklung der Abteilung Stadtklimatologie	18
2.5	Die Weiterentwicklung zu einem Bereich des Umweltschutzes	19
2.6	Langfristige Aufgaben und Projekte	25
3.	Der Klimawandel	29
3.1	Klimawandel in Deutschland	31
3.2	Klimawandel in Baden-Württemberg	33
4.	Rechtliche Grundlagen für den Klimaschutz	39
4.1	Immissionsschutzrecht	39
4.2	Bauleitplanung (Baugesetzbuch)	40
5.	Grün in der Stadt	43
5.1	Wald	46
5.2	Landwirtschaftlich genutzte Flächen	49
5.3	Grünflächen	51
5.3.1	Kleingärten	52
5.3.2	Friedhöfe	53
5.3.3	Grünkorridore und Grünnetzungen	53
6.	Frischluftschneisen	55
6.1	Gebiet Unterer Grund (Stuttgart-Vaihingen)	56
6.2	Gebiet Schelmenäcker (Stuttgart-Feuerbach)	59
6.3	Gebiet Espan (Stuttgart-Bad Cannstatt)	61
6.4	Gebiet Greutterwald (Stuttgart-Weilimdorf)	63
7.	Grüsanierungsbereiche	67
7.1.	Verkehrsgrün	67
7.1.1	Begrünte Stadtbahngleise (Rasengleiskörper)	67
7.1.2	Straßenbegleitgrün	68
7.2	Dachbegrünung	69
7.2.1	Klimatisch-lufthygienische Gesichtspunkte	72
7.2.2	Gesichtspunkte des Wasserhaushalts	72
7.2.3	Gesichtspunkte des Artenschutzes	73
7.2.4	Wirtschaftliche Gesichtspunkte	73
7.2.5	Errichtung von Solaranlagen	75

Table of contents

Seite

Impressum	
Preface	
Table of contents	
1. Introduction	13
2. History of urban climatology	15
2.1 Medical roots of urban climatology	15
2.2 Meteorological roots of urban climatology	15
2.3 Where the field of urban climatology began	16
2.4 Development of the Section of Urban Climatology	18
2.5 Further development as a field of environmental protection	18
2.6 Long-term assignments and projects	25
3. Climate change	29
3.1 Climate change in Germany	31
3.2 Climate change in Baden-Württemberg	33
4. Legal foundations for climate protection	39
4.1 Immission Control Act	39
4.2 Development planning (Building Code)	40
5. Urban green	43
5.1 Forests	46
5.2 Agriculturally used spaces	49
5.3 Green spaces	51
5.3.1 Allotments	52
5.3.2 Cemeteries	53
5.3.3 Green corridors and green networks	53
6. Fresh air corridors	55
6.1 Unterer Grund district (Stuttgart-Vaihingen)	56
6.2 Schelmenäcker district (Stuttgart-Feuerbach)	59
6.3 Espan district (Stuttgart-Bad Cannstatt)	61
6.4 Greutterwald district (Stuttgart-Weilimdorf)	63
7. Green remediation areas	67
7.1 Street planting	67
7.1.1 Greened-over urban railway tracks (grass tracks)	67
7.1.2 Roadside greenery	68
7.2 Roof greening	69
7.2.1 Climatic and air hygiene-related aspects	72
7.2.2 Water management aspects	72
7.2.3 Species conservation aspects	73
7.2.4 Economic aspects	73
7.2.5 Installation of solar systems	75

8.	Weitere Planungsinstrumente	77
8.1	Rahmenplan	77
8.2	Nachhaltiges Bauflächenmanagement	79
9.	Fazit und Ausblick	81
	Literatur	83
	Schriftenverzeichnis	85

8.	Other planning instruments	77
8.1	Outline plan	77
8.2	Sustainable building land management	79
9.	Summary and outlook	81
	Bibliography	83
	Publications	85

1. Einleitung

Der viel verwendete Begriff „Klimawandel“ vermittelt nur unzureichend den Sachverhalt, dass es um die vom Menschen verursachte Klimaänderung globalen Maßstabs geht. Der damit verbundenen Bedrohung für das Leben der Erdbevölkerung stehen die gleichermaßen weltweiten Aktionen zum Klimaschutz gegenüber. Schutzobjekt ist dabei das Klima in seiner eigenständigen Bedeutung als natürliche Lebensgrundlage. Folgerichtig hat sich die Enquete Kommission des 11. Deutschen Bundestages (1988) mit dem „Schutz der Erdatmosphäre“ befasst. Sie kommt in ihrem Zwischenbericht zur Aussage: „Menschliche Eingriffe in die Natur sind zu einer Bedrohung der Erdatmosphäre geworden und gefährden das Leben auf der Erde. Zwei große Problembereiche - der Ozonabbau in der Stratosphäre und der Treibhauseffekt - werden zu einer immer größeren Herausforderung für die Menschheit, wenn der gegenwärtigen Entwicklung nicht frühzeitig und umfassend Einhalt geboten wird. Ursache sind die durch menschliche Aktivitäten freigesetzten Spurengase.“ Es sind seitdem viele Jahre vergangen, bis der „Klimaschutz“ eine angemessene politische Bedeutung erlangt hat und heute im System des Umweltschutzes den ersten Rang einnimmt, um nicht zu sagen „en vogue“ ist.

In der Landeshauptstadt Stuttgart besteht seit 1938 das Arbeitsgebiet der Stadtklimatologie. Die gleichnamige Fachabteilung im städtischen Amt für Umweltschutz nimmt neben umweltmeteorologischen Aufgaben im Rahmen der Luftreinhaltung seit 1995 auch die Federführung im Rahmen des städtischen Klimaschutzkonzeptes (KLIKS) wahr. Aus laienhafter Sicht mag diese Aufgabenkombination als vollkommen natürlich und selbstverständlich erscheinen. In Wahrheit jedoch stehen hinter diesen beiden Aufgabenfeldern vollständig andere Betrachtungsweisen, die es zuweilen erforderlich machen, auf die Unterschiede von Stadtklimatologie und Klimaschutz aufmerksam zu machen. Spätestens mit Erwähnung der jeweiligen Maßstabgrößen, die einmal den Bereich zwischen Regional- und Mikroklima, im anderen Fall das Globale Klima umfassen, wird dann deutlich, dass es einen Unterschied macht, ob man das Klima gemäß dem Motto „global denken, lokal handeln“ selbst schützt oder sich – wie im Fall der Stadtklimatologie – die örtlichen Klimamerkmale zu Nutze macht, um die Aufenthaltsbedingungen in der gebauten Stadtlandschaft zu verbessern. Nachdem - wie eben angedeutet – die Arbeit der Stadtklimatologen auf klare begriffliche Abgrenzung angewiesen

1. Introduction

The exhaustively used term “climate change” fails to adequately convey the fact that the climatic transformation taking place is one of global proportions and is of our own making. Challenging the threat it represents to life on earth is an equally global response in the form of campaigns aimed at protecting the climate and its independent significance as a natural basis for life. This was the objective behind the Enquete Commission set up by the German Bundestag in 1988 to consider “Provisions for Protection of the Earth’s Atmosphere”. Its interim report states that “Human intervention in nature has become a threat to the earth’s atmosphere and is endangering life on earth. Two major problem areas – ozone depletion in the stratosphere and the greenhouse effect – are set to become an ever greater challenge for mankind if an early and comprehensive halt is not made current developments. The cause of this are trace gases released as a result of human activity”. Many years have passed since this statement was issued, until a point has now been reached at which “climate protection” has been accorded adequate political significance. Tackling change has now become a priority within the system of environmental protection and could even be said to be “in vogue”.

The field of urban climatology has existed as discipline within the State Capital Stuttgart since 1938. The role of the specialist department of the same name within the Environmental Protection Office has included not only tasks relating to environmental meteorology within the scope of air pollution control, but since 1995 has also supervised the urban climate protection scheme (KLIKS). To the untrained observer, this combination of tasks may appear perfectly natural as a matter of course. However, in reality these two fields of activity involve completely different angles of approach which occasionally give rise to the need draw attention to the differences between urban climatology and climate protection. It is the vast distinction in terms of scale – on the one hand between regional climate and microclimate, in the other case encompassing the global climate - which clearly illustrates the difference between proactively protecting the climate along the lines of “think globally, act locally” or – as applies to urban climatology – making use of local climatic features to improve living conditions in the built-up urban landscape. Because – as suggested above – the work of the urban climatologist is reli-

ist, soll mit der vorliegenden Broschüre dargelegt werden, wie sich der Klimaschutz zugleich auch als Herausforderung der Stadtklimatologie darstellt. Dabei stehen nunmehr die fachlich inhaltlich verbindenden und sich ergänzenden Elemente dieser Arbeitsgebiete – und hier insbesondere der Beitrag der Stadtklimatologie zur Minderung (Mitigation) des Klimawandels sowie zur Anpassung (Adaptation) an dessen wahrscheinliche Folgen im Mittelpunkt der Betrachtung.

ant on a clear conceptual distinction, the intention of this publication is to illustrate how climate protection simultaneously represents a challenge in the field of urban climatology. The factually and conceptually linked and mutually complementary elements of these fields – here in particular the contribution made by urban climatology towards the mitigation of climate change and also adaptation to its probable consequences – form the focus of these deliberations.

2. Historie der Stadtklimatologie

2.1 Medizinische Wurzeln des Arbeitsgebietes

In den entbehrungsreichen Jahren nach dem 1. Weltkrieg grassierte die Tuberkulose als Volkskrankheit Nr. 1. Im Zusammenhang mit der systematischen Bekämpfung der Tuberkulose, aber auch der seinerzeit weit verbreiteten Rachitis, von der vor allem Kinder wegen Vitamin-D-Mangels betroffen waren, erkannte man sowohl den Zusammenhang zwischen Mangelernährung und dem Krankheitsbefall als auch den Zusammenhang mit den Wohn- und allgemeinen Lebensumständen. Die sich daraus ergebende Forderung nach „Licht, Luft und Sonne“ wurde schließlich zum Synonym für gesunde Wohnverhältnisse und zugleich als wichtiges Heilmittel für die genannten Volksseuchen erkannt.

Mit den Anforderungen an Belichtung, Belüftung und Besonnung hat sich das Aufgabengebiet der Orts- und Umwelthygiene etabliert, dessen gesetzliche Grundlage die Dritte Durchführungsverordnung zum Gesetz über die Vereinheitlichung des Gesundheitswesens vom 03.07.1934 war („Schaffung, Erhaltung und Wiedererlangung gesunder Wohn- und Arbeitsverhältnisse“). Diese Rechtsgrundlage wurde in Baden-Württemberg erst durch das Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst 1994, ersetzt. Dieses umfasst mit §1 Abs.1 die „Beobachtung und Bewertung von Umwelteinflüssen“.

Stellungnahmen zur Flächennutzungsplanung und zu den Bebauungsplänen der Stadt Stuttgart hinsichtlich gesunder Wohn- und Arbeitsverhältnisse abzugeben, hat das städtische Gesundheitsamt seit den 50er Jahren aus fachlichen Gründen sukzessive der „Klimatologischen Abteilung des Chemischen Untersuchungsamtes“ übertragen und bis zur Auflösung des Chemischen Untersuchungsamtes im Jahr 1988 zunehmend nur noch formal ausgeübt.

2.2 Meteorologische Wurzeln des Arbeitsgebietes

Die vergleichsweise junge geophysikalische Wissenschaft Meteorologie behandelt die Physik der gasförmigen Erde. Früher verstand man darunter

2. History of urban climatology

2.1 Medical roots of urban climatology

During the years of deprivation following World War I, tuberculosis was rife and established itself as the single most widespread disease among the population. Attempts to systematically combat not only tuberculosis but also rickets – another widespread disorder affecting particularly children due to vitamin D deficiency – clearly highlighted the link between poor nutrition and susceptibility to disease, and also the impact of habitation conditions and general living circumstances. The call for “light, air and sun” which resulted from this realization became synonymous with demand for healthy living conditions, which were hailed as an important remedy in tackling the spread of these diseases.

Demands for better illumination, ventilation and exposure to sunlight provided a platform for local and environmental hygiene to become established disciplines. Their legal foundations were set in stone by the third implementing regulation on the Health System Standardization Act dated July 3, 1934 (the “Creation, maintenance and restoration of healthy living and working conditions”). This legal foundation was not replaced in Baden-Württemberg until implementation of the Public Health Act of 1994, Article 1 point 1 of which encompasses the “observation and evaluation of environmental influences”.

For specialist reasons, since the fifties the task of submitting statements appertaining to healthy living and working conditions in respect of the land use and development plans of the City of Stuttgart had been gradually transferred from the Municipal Health Department to the “Climatological Department of the Chemical Investigation Agency”, and by the time the Chemical Investigation Agency was dissolved in 1988 had become little more than a formality.

2.2 Meteorological roots of urban climatology

The comparatively recent geophysical science of meteorology deals with the physical aspects of the atmosphere and atmospheric phenomena.

einschränkend die „Wissenschaft vom Wetter und seiner Vorhersage“.

Während das „Wetter“ den momentanen physikalischen Zustand der Atmosphäre beschreibt, behandelt die Klimatologie als spezielles Gebiet der Meteorologie mit Hilfe langjähriger Beobachtungen und statistischen Methoden den langfristigen Aspekt des Wetters.

Das Vorhandensein von Klimadaten bzw. Statistiken von meteorologischen Einflussgrößen ist die Voraussetzung für jedes sinnvolle Planen, Konstruieren und Bauen, schon beginnend bei Standortfragen, über die technische Normung und technische Sicherheit (Windlasten) bis zur Benutzbarkeit von Räumlichkeiten (Tageslichtbeleuchtung, Dimensionierung von raumluftechnischen Anlagen).

Die Reihe meteorologischer Disziplinen wurde im Jahr 1937 durch die Stadtklimatologie ergänzt. Anlass dazu war das 1937 von Pater Albert Kratzer verfasste Buch mit dem Titel „Das Stadtklima“. Hier wurde zum ersten Mal systematisch der Zusammenhang aufgezeigt, dass Planen und Bauen in der Stadt die Qualität von Luft und Klima beeinflussen. Die Stadtklimatologie beruht auf der Anwendung meteorologischer Grundlagen, Arbeitsweisen und Erkenntnisse auf die durch Bauwerke geprägte Umgebung unter Einbeziehung der Luftschadstoffbelastung. Dabei hat sich herausgestellt, dass das Stadtklima wegen seiner geringen Maßstabsgröße mit der Maschenweite des regulären Welt-Wetter- und -Klima-Messnetzes nicht erfasst werden kann, so dass die Stadtklimatologie auf zusätzliche mikroskalige Informationen angewiesen ist.

2.3 Die Anfänge des Arbeitsgebietes Stadtklimatologie

Im Jahr 1938 beschloss der Stuttgarter Gemeinderat die Anstellung eines Diplom-Meteorologen, um Untersuchungen über die klimatischen Verhältnisse und deren Beziehung zum Städtebau vornehmen zu lassen. Zuvor war 1935 zur differenzierten Steuerung der Stadtentwicklung eine neue Ortsbausatzung erlassen worden, die das Stadtgebiet in 10 sog. Baustaffeln mit festgelegten Abstands-, Dichte- und Nutzungsvorschriften aufgliedert.

Die Schaffung des Arbeitsgebietes „Stadtklimatologie“ muss insbesondere vor dem Hintergrund der komplexen topographischen Situation der Stadt Stuttgart sowie der hier vorherrschenden

The formerly restrictive interpretation of the term was taken to mean the “science of weather and weather forecasting”.

While the term “weather” describes the current physical condition of the atmosphere, climatology as a special field of meteorology deals with the long-term aspect of the weather by making use of statistical techniques and long-term observation. The existence of climatic data and statistics on meteorological influencing variables forms an essential basis for any sensible planning, building or construction project, starting with issues of location, through technical standardization and safety aspects (wind loads) to issues such as the suitable use of rooms (illumination by natural daylight, dimensioning of ventilation systems).

The ranks of the meteorological disciplines were joined by the new field of urban climatology in 1937, driven by a book published during the same year by Pater Albert Kratzer entitled “The Urban Climate”. For the first time, this book highlighted the influence which urban planning and construction can exert on air and climate quality. Urban climatology is based on applying meteorological precepts, working methods and findings to the environment in built-up areas, including the influence of air pollution. It rapidly became evident that because urban climatology essentially deals with the microclimate in cities, it cannot be studied using the regular measurement networks used to monitor global weather and climate conditions. As a result, urban climatology is reliant on additional microscale information.

2.3 Where the field of urban climatology began

In 1938, Stuttgart City Council decided to appoint a meteorological graduate to perform studies of the climate conditions and their relationship to urban development. Previously to this in 1935, a new local building statute had been passed which divided the urban area into 10 building sectors with defined regulations governing spacing, density and utilization.

The creation of “urban climatology” as a field of study needs to be placed in context, particularly against the background of the complex topographical situation of the City of Stuttgart and the lack of adequate air exchange which prevailed

Austauschermut gesehen werden. In Verbindung mit dem milden Klima einer Weinbauregion resultiert das häufige Auftreten von thermischer Belastung bzw. Schwüle-Empfindung. Auch das zweite klimatisch-lufthygienische Handicap Stuttgarts ist auf die Windarmut zurückzuführen, nämlich das oftmals episodenhafte Ansteigen der Luftbelastung.

Das neue städtische Arbeitsgebiet wurde dem Chemischen Untersuchungsamt zugeordnet, welches schon seit 1869 bestand. Das Instrumentarium für lufthygienische Untersuchungen war im Vergleich zu heute viel geringer und berücksichtigte vor allem die Staubbelastung der Luft. Erfahrungen zur Messung von Schadgasen entstammten dem Gebiet des Arbeitsschutzes und der Arbeitsmedizin sowie der Bergbautechnik (Bewetterung und „Wetterschutz“ im Bergbau, Kampf gegen die „Staub-lunge“, allgemeiner Explosionsschutz). Einen Teil des Wissens über die Gasausbreitung und den Gasschutz hatten auch die Erfahrungen mit Kampfgaseinsätzen des 1. Weltkrieges beige-steuert.

Mit Kriegsbeginn 1939 wurde der städtische Meteorologe eingesetzt um Maßnahmen des Luftschutzes zu organisieren. Diese Maßnahmen beruhten in Stuttgart u. a. auf dem Gedanken, durch Erzeugung künstlichen Nebels angreifenden Bomben-Flugzeugen die damals noch erforderliche Sicht auf die Stadt als Zielobjekt zu nehmen – ein Konzept, das freilich nur bis zur umfangreichen Einführung des Radars in den späteren Kriegsjahren erfolgreich sein konnte.

Die Vernebelung geschah von unzähligen Punkten aus, die nach windklimatischen Gesichtspunkten ausgewählt wurden. Dabei ergaben sich Erkenntnisse über die Luftströmungsverhältnisse und die Be- und Entlüftungsmöglichkeiten der in Tallagen befindlichen Siedlungsbereiche. Man hatte nämlich festgestellt, dass sich die künstlich erzeugten Nebelschwaden in manchen Gebieten schneller als erwünscht wieder auflösten, während sie in anderen Stadtteilen ungewöhnlich lange erhalten blieben. Diese Sachverhalte wurden zutreffend mit der Ventilationswirkung der vielen im Stadtgebiet vorhandenen bodennahen Kaltluftabflüsse in Verbindung gebracht, die bei ruhigen Wetterlagen als nächtliche Hangabwinde, teilweise auch als mächtige Bergwinde in Erscheinung treten. Ihre topographisch bedingt bevorzugten Leit- und Abflussbahnen in der Landschaft wurden bald als Frischluftschneisen der Stadt bekannt (siehe Abschnitt 6.).

Dieser unfreiwillige stadtklimatische Großversuch hatte beachtliche Auswirkung auf die Stadtplanung,

here. Thermal stress and sensitivity to the effects of heat are common in combination with the mild climate of a wine-growing region. Stuttgart's second handicap in respect of climate and air hygiene is due to its lack of wind, namely the episodic rise in air pollution.

The new urban discipline was assigned to the Chemical Investigation Agency which had already been in existence since 1869. By today's standards, the instruments available for the study of air hygiene were rudimentary and primarily took into account dust pollution. Experience in the measurement of harmful gases originated primarily from the fields of occupational safety and medicine, and from the mining industry (ventilation and "weather protection" in the mines, combating "black lung", general explosion prevention). Some of the expertise gained in the field of gas distribution had originated from experiences with combat gas used in the First World War.

The Urban Meteorologist was appointed on the outbreak of war in 1939 to organize civil air defence measures. One of the motivations behind implementing these measures was the idea that creating artificial fog could prevent attacking air raid squadrons from gaining a clear sighting of the city as a bombing target – a concept which would only be effective until the comprehensive introduction of radar during the latter years of the war.

The synthetic fog was released from a large number of different points selected on aspects of wind climate. This gave rise to findings about air flow conditions and the possibilities for ventilation and aeration of the different valley settlements. It was discovered that the synthetically produced fog clouds dissipated more quickly than intended in certain areas, while in other districts of the city they tended to remain in situ for long periods. This circumstance was accurately linked to the ventilation effect of many of the downhill flows of cold air existing close to the ground in the city district, which in otherwise calm weather conditions occur in the form of nightly downslope winds, in some cases as strong mountain winds. Their topologically-related guiding and flow channels in the landscape were recognized from an early stage as the city's fresh air corridors (see section 6.).

This involuntary large-scale urban climatology study exerted a considerable impact on urban planning, as it generated awareness that fresh air corridors of major significance to the urban climate

da es nun bei künftigen städtebaulichen Planungen der Stadt galt, die auf diese Weise erkannten stadtklimatisch bedeutsamen Frischluftschneisen in ihrer Funktion zu erhalten und soweit wie möglich weiter zu entwickeln.

Ein vergleichsweise aufschlussreiches Experiment wurde in Stuttgart erst wieder im August 1996 unter Anwendung von Tracer-Gas-Freisetzen durchgeföhrt (siehe Abschnitt 2.5).

2.4 Die Entwicklung der Abteilung Stadtklimatologie in der Zeit unmittelbar nach dem 2. Weltkrieg

Im bombenzerstörten Stuttgart ergab sich alsbald viel Gelegenheit, über Bauplanungen nachzudenken, sei es im Rahmen des Wiederaufbaus oder bei den Fragen zur Umgestaltung der Stadt.

Die erwähnten Beobachtungen über die Ventilationsbahnen der Stadt wurden als so bedeutsam für die Luftreinhaltung eingestuft, dass der Meteorologe Karl Schwalb beratend an der Entwicklung des General-Bebauungsplanes der Stadt von 1948 beteiligt wurde.

In jener Zeit mit ihrem Verständnis von einer zukunftsorientierten autogerechten Stadt fand aus meteorologischer Sicht die Planung breiter innerstädtischer Straßenschneisen ungeteilte Zustimmung. Vom Standpunkt der Durchlüftung hatte man damit sicher das Richtige entschieden, dabei jedoch die städtebaulichen Zerschneidungseffekte der Straßenzüge Theodor-Heuss-Straße, Hauptstätter Straße und Konrad-Adenauer-Straße mit ihren gewaltigen Verkehrsströmen falsch eingeschätzt.

Die lufthygienischen Themenbereiche entwickelten sich zunehmend, wobei in Stuttgart dieses – wie überall - wachsende Interesse aus einer meteorologischen Fragestellung herrührte: welche Bedeutung haben die Frischluftschneisen für die Luftreinhaltung und welche Folgerungen ergeben sich daraus für die Stadtplanung.

Die Dienstanweisung für die Durchführung der Aufgaben auf dem Gebiet der Klimatologie von 1953 sieht außer einer Aufzählung von klimatisch-lufthygienischen Untersuchungs- und Messaufgaben auch die Beratung des Bürgermeisteramtes,

should be taken into consideration in any future urban planning projects, both with a view to maintaining and where possible further enhancing their function.

No such comparatively enlightening experiment was performed again until August 1996, this time through the release of tracer gas (see section 2.5).

2.4 Development of the Section of Urban Climatology in the period immediately following World War II

The bomb devastation left in post-war Stuttgart provided no shortage of opportunity to consider issues of urban planning, both within the framework of reconstruction and also as regards the issue of redesigning the city.

The observations of ventilation channels described above were considered of such significance for the issue of air pollution control that the meteorologist Karl Schwalb was commissioned to take part in the process of devising a general urban development plan for the city in 1948.

In keeping with the generally shared view of the times that a future-oriented city was one designed to accommodate the needs of the automobile, from the meteorological standpoint the concept of building wide inner-city roadways met with unanimous approval. From the viewpoint of through ventilation, this decision was undoubtedly the right one, although the disruptive effect of the major arteries created by Theodor-Heuss-Straße, Hauptstätter Straße and Konrad-Adenauer-Straße cutting through the city centre carrying an enormous volume of traffic centre was underestimated.

Air hygiene-related issues came to assume a growing importance. In Stuttgart – as everywhere else – this growing degree of interest originated from a meteorological issue: the significance of fresh air corridors for air purification and the consequences to be drawn for the field of urban planning.

Alongside a list of climatic and air hygiene-related investigations and measurements to be performed, the instructions issued relating to the execution of

der Fachämter und der Bezirksämter in meteorologischen und klimatologischen Fragen sowie in Fragen der Lärmbekämpfung vor. Mit Letzterem wird ein weiteres zukunftsweisendes Aufgabengebiet der klimatologischen Abteilung gegründet.

2.5 Die Weiterentwicklung zu einem Bereich des Umweltschutzes

Systematische Messungen zur Schadstoffbelastung der Luft reichen in Stuttgart bis in das Jahr 1965 zurück. Sie umfassten zunächst die Komponenten Schwefeldioxid (SO₂) und Staubniederschlag, welche seinerzeit als Leitsubstanzen der Luftverunreinigung galten und auch mit einfacher Technik verhältnismäßig leicht nachzuweisen waren. So besteht auf der Grundlage von Langzeitmessungen bezüglich des Schwefeldioxids und des Staubniederschlags ein vergleichsweise hoher Wissensstand.

In den Jahren 1965/1966 wurde von der Landesanstalt für Umweltschutz ein erstes Luftschadstoff-Pegelmessprogramm aufgelegt. Zur Erfassung der SO₂-Belastung waren 8 registrierende Immissionsmessgeräte eingesetzt. Die Verteilung der Geräte über das Stadtgebiet erfolgte unter Berücksichtigung der Besiedlungsdichte und der vermuteten Belastungssituation. Die Auswertung der Messungen entsprach den Vorschriften der „Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ (TA Luft) in der damaligen Fassung.

1974 erfolgte die Inbetriebnahme eines Kohlenmonoxid(CO)-Messplatzes am Charlottenplatz in Ergänzung zu den fortgesetzten Schwefeldioxid-Messungen (Rathaus und Stafflenbergstraße) und den Staubniederschlagsmessungen (zwischen 39 und 62 Messpunkte). Mit der CO-Messreihe vom Charlottenplatz (Jan. 1974 bis Aug. 1976) rückt erstmals die kraftfahrzeugbedingte Schadstoffbelastung der Luft ins Blickfeld. Bei der Auswertung dieser Messreihe dürfte es sich bundesweit um einen der ersten systematischen Berichte über die von nun an wichtigste Quellengruppe urbaner Luftschadstoffe handeln.

In den frühen 70er Jahren wird die Methode der Infrarot-Thermographie für stadtklimatische Untersuchungen erforscht und zunächst für das in Planung begriffene „Löwentorzentrum“ praktisch umgesetzt.

tasks in the field of climatology in 1953 also included advising the Mayoral Office, the specialist agencies and district authorities on questions of meteorological and climatological relevance, and also in aspects of noise abatement. The latter represented an additional pioneering field in the activities of the Climatological Section.

2.5 Further development as a field of environmental protection

Systematic measurements of air pollution in Stuttgart have been performed since as long ago as 1965. Initially, these encompassed the components sulphur dioxide (SO₂) and dust fallout, which at the time were considered the key substances in terms of air pollution, and which were also relatively easily verifiable using simple technology. Consequently in terms of sulphur dioxide and dust fallout, a comparatively thorough fund of knowledge has been inherited on the basis of long-term measurements.

In the years 1965/1966, the State Environmental Protection Agency launched its first air pollution level measurement program. To measure SO₂ pollution, 8 registered immission measurement devices were used. The devices were distributed around the urban area taking into account the population density and the suspected pollution situation. The measurements were evaluated in compliance with the then valid stipulations of the Technical Instructions on Air Quality Control (TA Luft).

1974 saw the commissioning of a carbon monoxide (CO) measurement station on Charlottenplatz as an add-on to the continued sulphur measurements (City Hall and Stafflenbergstraße) and the dust fallout measurement (between 39 and 62 measurement points). The CO measurement series undertaken from Charlottenplatz (Jan. 1974 to Aug. 1976) marked the beginning of an increasing focus on vehicle-related air pollution. The evaluation arising from this measurement series resulted in probably one of the first ever systematic reports on what was now set to become the single most important source group for urban air pollution.

In the early seventies, the use of infrared thermography for urban climatology investigations was researched and implemented in practice for the first time as part of the planning process for the development known as the "Löwentorzentrum".

Auf Grund der dadurch gewonnenen Erfahrungen wurden daraufhin das gesamte Stadtgebiet umfassende infrarot-thermographische Messflüge in Auftrag gegeben, deren Durchführung jedoch aus verschiedenen Gründen den Erwartungen nicht entsprach und eine nur unzureichende Auswertung zuließ.

Eine Wiederholung der infrarot-thermographischen Messflüge 1976 verlief indessen erfolgreich und ermöglichte eine entsprechende Auswertung. Diese Arbeit wird 1978 in der Reihe „Beiträge zur Stadtentwicklung“ unter dem Titel „Daten und Aussagen zum Stadtklima von Stuttgart auf der Grundlage der Infrarot-Thermographie“ veröffentlicht. Die Arbeit hatte Bedeutung für den seinerzeit in Aufstellung befindlichen Flächennutzungsplan 1990.

In die Zeit der frühen 70er Jahre fällt der zunehmende Bekanntheitsgrad des Begriffs „Umweltschutz“. Es kommt zur Gründung des Umweltbundesamtes und die Umweltschutzgesetzgebung erfährt wichtige Erweiterungen. Das Bundes-Immissionsschutzgesetz tritt 1974 in Kraft, welches neben anlagenbezogenen Vorschriften auch gebietsbezogene Regelungen umfasst und mit § 50 einen wichtigen Grundsatz des planerischen Umweltschutzes formuliert (vgl. Abschnitt 4.1)

Gleichzeitig nimmt auch das Interesse an Fragen der Stadtklimatologie zu. Am 1. Januar 1977 ist eine Neufassung des Bundesbaugesetzes in Kraft getreten. In § 1, Abs.6 werden dort als Ziele und Grundsätze der Bauleitplanung u. a. die Berücksichtigung der Belange des Umweltschutzes sowie die Erhaltung und Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen genannt, insbesondere des Bodens, des Wassers, des Klimas und der Luft. Damit wurden „Luft und Klima“ in den Rang von Planungsfaktoren erhoben.

Das Planverfahren für den Flächennutzungsplan 1990 erforderte zahlreiche Stellungnahmen und Begutachtungen im Zusammenhang mit strittigen Baugebieten. Seinerzeit bestand in Form des Nachbarschaftsverbandes Stuttgart ein kommunaler Zweckverband. Er hatte die Aufgabe, für das Verbandsgebiet (Stadt Stuttgart und angrenzende Gemeinden) einen gemeinsamen Flächennutzungsplan auszuarbeiten. Der damit verbundene erhebliche Abstimmungsaufwand wurde jedoch durch ein gut durchdachtes, auf die Belange jeweils benachbarter Gemeinden abgestimmtes Planwerk belohnt.

On the basis of experience gained during this process, comprehensive infrared thermographic measurement flights were commissioned over the entire urban area. However, for various reasons the execution of these measurements failed to live up to expectation, permitting only an inadequate evaluation.

A repeated attempt to complete infrared thermographic measurement flights in 1976 proved more successful, and permitted the anticipated evaluation to be completed according to plan. This work was published in 1978 in a series entitled "Contributions to Urban Development" whose title translates as "Data and Statements on the Urban Climate of Stuttgart on the Basis of Infrared Thermography". This publication made a significant contribution towards the 1990 Land Use Plan which was then in the preparation stage.

During the early seventies, the term "environmental protection" became an ever more familiar part of the language. The German Federal Environment Office came into being and important additions were made to environmental legislation. The German Immission Control Act came into force in 1974. Alongside plant-specific regulations, this also sets out district-related regulations, and in Article 50 formulates a significant principle of environmental protection as it relates to urban planning (cf. section 4.1)

At the same time, interest in questions of urban climatology was also on the increase. January 1, 1977 saw the validation of a new draft of the Federal Construction Act, article 1 of which sets out the objectives and principles of construction management planning, which include consideration of environmental concerns, ruling that the natural basis for human existence, in particular the soil, climate and air, be maintained and safeguarded. This raised "air and climate" to the status of planning factors.

The planning procedure for the 1990 Land Use Plan involved numerous statements and expertises in connection with controversial land-use areas. A municipal administrative body existed at that time in the form of the Stuttgart Regional Federation. Its mission was to establish a combined Land Use Plan for the area covered by the Federation (the city of Stuttgart and surrounding municipalities). The considerable effort involved in achieving a consensus was rewarded by the publication of a carefully considered Land Use Planning document

In zunehmendem Umfang kam Verbrennungsverboten – zunächst jeweils separat begründet - im Zusammenhang mit den Bebauungsplänen der Stadt Bedeutung zu. Die Maßnahme der Verbrennungsverbote bewirkte, dass Stuttgart von den für die 70er Jahre typischen feuerungsbedingten Smogereignissen bis auf eine Ausnahme verschont blieb. Die Verbrennungsverbote gingen 1991 in eine das gesamte Stadtgebiet umfassende Satzung zur beschränkten Verwendung luftverunreinigender Brennstoffe über. Diese Satzung wurde durch Beschluss des Gemeinderats vom 18. März 2004 ersatzlos aufgehoben.

Eine erste „Mehrkomponenten-Luftmessstation“ konnte für die Messobjekte Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Staubgehalt der Luft und Staubniederschlag sowie Windrichtung und Windgeschwindigkeit im Jahr 1977 für die Dauer eines Jahres eingerichtet werden. In Zusammenarbeit mit der Universität Stuttgart konnte erstmals auch die Summe der Stickoxide (NO_x) gemessen werden.

Die „Mehrkomponenten-Messstation“ wurde 1979 technisch erweitert. Damit hatte das Chemische Untersuchungsamt die erste Einrichtung dieser Art in Stuttgart mit vollständiger elektronischer Datenerfassung in Betrieb genommen. Im Jahr 1980 wurde der erste Computer für die Datenauswertung angeschafft. Der Einsatz dieser Anlage erforderte ein eigenes kleines Arbeitszimmer – bei einer Leistungsfähigkeit, die heute von jedem PC/Notebook überboten wird!

Im Jahr 1981 werden vier Stuttgarter Immissionsmessstationen im Rahmen des „Vielkomponenten-Luftmessnetzes Baden-Württemberg“ von der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) betrieben. Im Juni 1981 konnte ein bauartähnlicher stadteigener Messcontainer in Ergänzung vorhandener Einrichtungen als somit fünfte moderne Luftmessstation in Dienst gestellt werden.

Der Januar 1982 war durch eine gravierende austauscharme Wetterlage geprägt, welche die Luftverschmutzung erheblich ansteigen ließ. In Stuttgart wurde auf Grund eines überhöhten Smog-Indexwertes vom seinerzeit zuständigen Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung die Smog-Vorwarnstufe ausgerufen. Es war dies das erste und zugleich letzte Mal, dass in Stuttgart die Smog-Verordnung mit ihren insgesamt drei Alarmstufen überhaupt wirksam werden musste. Die Klimatologische Abteilung profitierte von diesem Ereignis insofern, als neuerliche Erweiterungen der

which paid due attention to the concerns of the neighbouring communities.

Prohibitions on the combustion of solid fuels – for each of which different reasons were initially given – became increasingly common in connection with the urban development plans for the city. Banning the combustion of solid fuels meant that, with one exception, Stuttgart was spared the fuel combustion-related smog events which were a typical occurrence in the seventies. The various bans on the combustion of solid fuels were merged in 1991 into a statute applicable across the whole urban area on the restricted use of air-polluting fuels. This statute was repealed without replacement by a decree of the Municipal Council on March 18, 2004.

A first “multiple-component air measurement station” was successfully established to measure sulphur dioxide, carbon monoxide, dust content and dust fallout as well as wind direction and wind speed in 1977 over a period of one year. In cooperation with the University of Stuttgart, for the first time it was also possible to measure total nitrogen oxides (NO_x).

A technical extension to the “multiple component measurement station” was completed in 1979, allowing the Chemical Investigation Agency to commission the first installation of its kind in Stuttgart with facility for complete electronic data acquisition. 1980 saw procurement of the first computer for data evaluation. The space required to install this ground-breaking equipment took up a dedicated workroom – to achieve a computing capacity which is exceeded today by any standard PC or notebook!

In 1981, four immission measurement stations were run in Stuttgart by State Environmental Protection Agency (LfU). In June 1981, the city set up its own identical measurement station in addition to the existing installations, so increasing the number of modern measurement stations in operation to five.

January 1982 was recorded as a period with a prolonged low-exchange weather situation which resulted in a considerable increase in air pollution. In Stuttgart, an excessively high smog index value moved the Ministry of Labour, Health and Social Order responsible at the time to issue a smog alert (advance warning). This was the first and also the last time that the Smog Act with its total of three

messtechnischen Ausstattung u. a. mit einem Luftmessfahrzeug bewilligt wurden.

Der damalige Leiter der klimatologischen Abteilung, Herr Prof. Dr. Baumüller, wurde im November 1984 von der UN-Weltorganisation für Meteorologie (WMO) zur Konferenz „ Stadtklimatologie und ihre Anwendungen“ nach Mexiko zu einem Vortrag zum Thema: „ Die Einbindung der Klimatologie in die Stadtverwaltung und Stadtplanung der Stadt Stuttgart“ eingeladen. Die Konferenz fand bereits damals im Rahmen eines Welt-Klimaprogramms statt. Von nun an häuften sich Vortragsreisen und internationale wissenschaftliche Kontakte insbesondere nach Japan. Umgekehrt kam es zu Gegenbesuchen verschiedenster Delegationen aus Wissenschaft, Politik und Verwaltung. Dieser Gedankenaustausch schärfte den Blick auf für sich anbahnende globale Klimazusammenhänge und lokale Problemlösungsmöglichkeiten. Zur Vorbereitung des Weltklimagipfels in Kyoto nahm Professor Dr. Baumüller an Konferenzen in Kobe (Japan) teil.

Die LfU führte 1985/1986 die erste flächendeckende Emissionserfassung sowie ein Immissionsmessprogramm im Untersuchungsgebiet Stuttgart durch. Die Ergebnisse der mobilen Messpunkte waren die Grundlage Immissionskatasters, welches die Landeshauptstadt mit 139 Beurteilungsflächen (von je 1 km² Ausdehnung) umfasst. Damit konnte zum ersten Mal die räumliche Verteilung der Schadstoffbelastung im Stuttgarter Stadtgebiet flächendeckend beurteilt werden.

Im Zusammenhang mit der Aufgabe des Wetteramts-Standortes in Stuttgart-Mitte wurde dort von der Klimatologischen Abteilung 1985 ein neuer Messstandort geplant, um weiterhin über meteorologisch-lufthygienische Informationen aus der Innenstadt verfügen zu können. Seit dem 1. Januar 1986 werden halbstündliche Mittelwerte der wichtigsten Luftdaten online zur Abteilung übermittelt. Seit 1997 können die aktuellen Daten auch über das Internet abgefragt werden.

Das Jahr 1988 brachte mit der Gründung des „Amtes für Umweltschutz“ wichtige Veränderungen: Das neue Amt wurde durch Zusammenführung verschiedener Arbeitsgebiete und Abteilungen gebildet, die zuvor im Bereich anderer städtischer Ämter mit Umweltschutzaufgaben betraut waren. Im Zuge dieser organisatorischen Maßnahmen wurde das Chemische Untersuchungsamt aufgelöst, um in das Umweltamt integriert zu werden. Die Klimatologische Abteilung kam in

smog alert stages has ever had to be invoked. The Climatological Section benefitted from this event to the extent that it triggered the approval of funding for additional measurement equipment including an air measurement aircraft.

The then Head of the Climatological Section, Professor Dr. Baumüller, was invited in November 1984 by the UN World Meteorological Organization (WMO) to take part in a Conference on “ Urban Climatology and its Applications” in Mexico, lecturing on “ Integration of Climatology in the Municipal Administration and Urban Planning of the City of Stuttgart” . Even at this early juncture, the conference was staged within the framework of a Global Climate Program. This marked the beginning of many guest lecture trips and international scientific contacts, in particular to Japan, with a number of return visits from wide-ranging different delegations from the fields of science, politics and administration. This exchange of ideas drew impending global climate correlations and local solution possibilities sharply into focus. In preparation for the World Climate Conference in Kyoto, Professor Dr. Baumüller participated in conferences staged in Kobe (Japan).

The LfU carried out the first full-coverage emission measurement and an immission measurement program in the Stuttgart study area in 1985/1986. The results of the mobile measurement points provided the basis for the Immission Register which encompasses 139 assessment areas (of 1 km² each) throughout the State Capital. This allowed the spatial distribution of pollution over the Stuttgart urban area to be comprehensively assessed.

When the Meteorological Office moved from its location in the Stuttgart city centre in 1985, a new measurement point on the site was planned by the Climatological Section which would allow it to continue to gather meteorological air hygiene data in the city centre. Since January 1, 1986, half-hourly mean values of the most important air data have been transmitted to the Climatological Section online. Since 1997, the current data can also be accessed by the general public over the Internet.

1988 brought important changes with the foundation of the “ Environmental Protection Office” . The new office was formed by merging different functions and departments previously under the supervision other municipal offices with various environmental responsibilities. As part of these restructuring measures, the Chemical Investigation

dieses Amt als „Abteilung Stadtklimatologie“, was eine weniger missverständliche Namensgebung als zuvor darstellt.

Im Jahr 1988 beginnen wichtige Arbeiten für die Fortschreibung des Flächennutzungsplanes (FNP) für das Zieljahr 2010. Zu diesem Zeitpunkt bestand noch der Nachbarschaftsverband Stuttgart, dessen zukunftsweisender fortschrittlicher Ansatz der Zusammenarbeit mit Gründung des „Verbands Region Stuttgart“ leider nicht mehr weiter verfolgt wurde. Der Vorschlag, mit diesen Arbeiten federführend die Abteilung Stadtklimatologie zu beauftragen, wurde von den Nachbargemeinden befürwortet. Vor dem Hintergrund mancher Meinungsunterschiede der Gemeinden gegenüber der dominierenden Landeshauptstadt bzgl. grenznaher Baulandausweisungen war dies als besonderer Vertrauensbeweis in die Arbeit dieser Stuttgarter Institution zu werten.

Für die Bearbeitung des Klima-Atlases – so bald der griffige Name für die Klimauntersuchung – wurden 1988 neue Infrarot-Thermographie-Messflüge durchgeführt. Diese haben zu Daten- bzw. Bildmaterial bisher unbekannter Qualität geführt, sowohl was die räumliche Auflösung als auch eine weitgehend gelungene Entzerrung betraf, was die Auswertung des Bildmaterials sehr erleichtert hat.

In der Zeit von Mai 1988 bis April 1989 wurde ein temporäres Messnetz unterhalten. Diese Temperatur-, Feuchte- und Windmessungen an 12 Stationen waren in ein neu entwickeltes regionales Klimamodell eingespeist worden. Zu diesem Zweck berücksichtigten die Messstandorte unterschiedliche Höhenlagen, verschiedene topographische Formen (Tallagen, Hanglagen und Kuppen) sowie unterschiedliche Formen der Landnutzung. Als Ergebnis konnten erstmals flächendeckende Klima-Übersichtskarten des Verbandsgebietes erstellt werden. Dazu kamen abgestimmte Klima-Analyse-Karten sowie die als ziemlich „heikle“ Unternehmung eingeschätzte Erstellung sog. Planungshinweiskarten, die sich mit den einzelnen Flächennutzungs-Planungen der Gemeinden auch durchaus kritisch auseinandersetzen. Entgegen aller Befürchtungen wurden gerade diese Planungshinweise von den Gemeinden als Arbeitshilfe lobend anerkannt. Auch der Stuttgarter Gemeinderat hat den Beschluss gefasst, dass die Ergebnisse der Klimauntersuchung bei zukünftigen Planungen berücksichtigt werden.

Im Jahr 1990 werden die immissionsschutzrechtlichen Randbedingungen bei der Beurteilung von

Agency was dissolved and integrated into the “Environmental Protection Office”. The Climatological Section became the somewhat less ambiguously named “Section of Urban Climatology”.

1988 saw the start of important work on continuation of the Land Use Plan (FNP) for the target year 2010. At this time, the Stuttgart Regional Federation was still in existence, whose pioneering and progressive approach to cooperation was regrettably no longer pursued after the formation of the Regional Association of Stuttgart. The proposal that the Section of Urban Climatology be commissioned with supervision of this work was approved by the neighbouring communities. Against the backdrop of certain differences of opinion in the different communities in respect of domination by the State Capital in questions relating to building land allocation close to boundaries, this step must be seen a special vote of confidence in the work of this Stuttgart Institution.

To produce the Climate Atlas – the working title given to the climate study – a new series of thermographic measurement flights was undertaken. These produced data and picture material in a previously unattainable standard of quality, both in terms of the spatial resolution and also of largely successful distortion correction, which impacted very positively on the evaluation of the picture material.

During the period from May 1988 to April 1989, a temporary measurement network was maintained. The data from temperature, humidity and wind measurements collected at 12 different stations was fed into a newly developed regional climate model. For this purpose, the measurement locations took into account different altitudes, different topographical situations (valley locations, hillside locations and hilltops) as well as different forms of land use. For the first time, the results achieved permitted comprehensive climate overview maps to be produced of the territory of the associated municipalities. Added to these were coordinated climate analysis maps and what was considered the somewhat controversial undertaking of compiling so-called planning indication maps which took an unabashedly critical view of individual Land Use Plans put forward by the municipalities. Contrary to some of the fears expressed, these planning indications were actually received very positively by the municipalities as a useful working tool. The Stuttgart Municipal Council adopted a resolution that the results of the climate study should be taken into consideration in future planning.

Luftschadstoff-Immissionen geändert. Aufgrund darauf beruhender Möglichkeiten für verkehrsplanerische, verkehrslenkende und verkehrsbeschränkende Maßnahmen, wird für Stuttgart vom zuständigen Umweltministerium ein erster Luftreinhalteplan erlassen. Eine Besonderheit dieses Luftreinhalteplans bestand in der Konzeption eines Systems von Geschwindigkeitsbeschränkungen für verschiedene Straßentypen der Stadt, die sog. „Stuttgarter Tempo-Pyramide“. Der deutlich vorhandene lufthygienische Minderungseffekt der Maßnahme wurde jedoch auf Grund verkehrstechnischer Überlegungen in Frage gestellt, so dass hier für den nachfolgenden Luftreinhalteplan eine abgeschwächte Form des Tempolimits wirksam wurde.

Die 1993 in Stuttgart veranstaltete Tagung „Mettools II“ des Arbeitsausschusses Umweltmeteorologie (AKUMET) der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft führte zur Idee, den Tagungsteilnehmern in Form einer stadtklimatologischen Stadtrundfahrt die topographischen und klimageographischen Verhältnisse Stuttgarts nahe zu bringen. Die Rundfahrt, für die eine Begleitbroschüre ausgearbeitet wurde, hat sich bei dem fachkundigen Publikum der Tagungsteilnehmer als großer Erfolg erwiesen. Speziell die Besuchergruppen aus fernöstlichen Ländern zeigen großes Interesse für die Problematik der Luftreinhaltung. Dabei ist die Tendenz unverkennbar, dass von den aufstrebenden Industrienationen des fernen Ostens intakte Umweltbedingungen als wichtiger Standortfaktor der Wirtschaft betrachtet werden.

Um die prinzipiell bekannte Wirkung kleinräumiger Luftaustauschprozesse in Stuttgart quantifizieren zu können, fand 1996 ein stadtweites Tracergas-Experiment statt. Die Ablass-Stelle befand sich dabei in Stuttgart-Süd, im Kaltluft-Einzugsbereich des Nesenbachtals. Die Ausbreitung des Gases konnte in der Messnacht bis in den entferntesten Teil des Nordbahnhof-Areals beobachtet werden. Die Kartierung von Ausbreitungswegen und -geschwindigkeiten sowie die punktuell ermittelten Gas-Konzentrationen fügten sich in das Bild des nächtlichen großvolumigen „Kaltentaler“-Bergwindes. Es konnte gezeigt werden, dass dieses lokale Windsystem entgegen früherer Annahmen auch in den Bereich des Stadtbezirks Stuttgart-West überzugreifen im Stande ist, wobei die sattelartige Geländepartie zwischen Hasenberg und Karlshöhe eine wichtige Rolle spielt.

Zu einer Wiederholung der Messkampagne kam es 1997. Dazu wurde das Tracergas-Experiment

In 1990, the legal outline conditions surrounding immission control in the assessment of air pollutant immissions were amended. Based on the scope offered by this change for traffic planning, traffic guidance and traffic restricting measures, an initial Air Pollution Control Plan was issued for Stuttgart by the responsible Ministry of the Environment. A special feature of this Air Pollution Control Plan was the design for a system of speed restrictions for different road types within the city known as the “Stuttgart Speed Pyramid”. However, the clearly evident reducing impact this measure had on air hygiene was called into question for reasons of traffic management, with the result that a diluted form of the speed limit was brought into effect for the subsequent Air Pollution Control Plan.

The “Mettools II” conference staged in 1993 in Stuttgart by the Environmental Meteorology Working Committee (AKUMET) of the German Meteorological Society came up with the idea of familiarizing conference-goers to the topographic and climatographical circumstances of Stuttgart in the form of an urban climatological tour of the city. The tour, for which an accompanying brochure was designed, proved an enormous success among the specialist conference-goers. Particularly groups of visitors from countries of the Far East demonstrate a high degree of interest in the problem areas of air pollution control. There is an unmistakable tendency for the emerging industrial nations of the Far East to consider intact environmental conditions as an important economic location factor.

Although the impact of small-scale air exchange processes is basically understood, to allow this phenomenon to be quantified in Stuttgart, a city-wide tracer gas experiment was staged in 1996. The discharge point was in Southern Stuttgart in the cold air intake area of the Nesenbachtal valley. The dispersion of the gas was successfully traced during the measurement night as far as the most distant part of the railway station site to the North. The mapping of the dispersion paths and speeds as well as the spot sampling of gas concentrations was integrated into the image of the large-volume night-time “Kaltental” mountain wind. It was possible to show, contrary to prior assumption, that this local wind system is capable of extending across the area of the Stuttgart-West district, with an important role played by the saddle-shaped terrain between Hasenberg and Karlshöhe.

The measurement campaign was repeated in 1997. On this occasion, the tracer gas experiment

erheblich ausgeweitet, so dass nun drei verschiedene Gase gleichzeitig freigesetzt werden konnten. Die Ablass-Stellen berücksichtigten die Strömungsbedingungen im Stadtbezirk Stuttgart-Nord, wo die Planungen für „Stuttgart 21“ große städtebauliche Veränderungen erwarten lassen. Auch dieser Versuch erfüllte alle Erwartungen und ließ quantifizierbare Aussagen zu, wo bisher nur verbal-argumentative Positionen vertreten werden konnten.

2.6 Langfristige Aufgaben und Projekte

Der Abteilung Stadtklimatologie erhält im Jahr 1995 mit dem Beitritt der Stadt zum Klimabündnis das neue Aufgabengebiet des Klimaschutzes. In diesem Zusammenhang wurde die Entwicklung eines Klimaschutzkonzeptes für Stuttgart (KLIKS) beschlossen. Dies soll durch die Verhinderung eines weiteren Anstiegs klimaschädlicher CO₂-Emissionen erreicht werden, welche zum großen Teil durch die Verbrennung fossiler Energieträger entstehen. Demzufolge beinhaltet KLIKS Maßnahmenzenarien zur Energieeinsparung in allen Bereichen des städtischen Umfeldes, die kontinuierlich fortzuschreiben und zu bilanzieren sind.

Das Jahr 1996 steht im Zusammenhang mit gleich zwei wichtigen Projekten bzw. Daueraufgaben der Abteilung Stadtklimatologie:

1996 beginnt mit dem Pilotprojekt Lärmminde-
rungsplan Vaihingen der Einstieg in das neue Arbeitsgebiet „Lärmminde-
rungsplanung“, das auf der gesetzlichen Anforderung des damaligen § 47 a des Bundes-Immissionsschutzgesetzes beruht. In Folge werden die Lärmminde-
rungspläne Vaihingen (Mai 2000), Zuffenhausen (November 2003) und Bad Cannstatt (2009) aufgestellt und vom Gemeinderat beschlossen. Mit der EU-Um-
gebungslärmrichtlinie des Jahres 2002 ändert sich die Rechtsgrundlage. Nach Fertigstellung und Veröffentlichung der Lärmkarten 2007 wurde der
daraufhin für das gesamte Stadtgebiet aufgestellte Lärmaktionsplan im November 2009 vom Gemein-
derat beschlossen. Gemäß den gesetzlichen Vor-
gaben müssen die Schritte der Lärmminde-
rungsplanung (Lärmkarten, Aktionspläne) nach jeweils fünf Jahren aktualisiert werden.

Die Planungen für das Eisenbahn- und Städtebau-
projekt „Stuttgart 21“ erfordern im Jahr 1996 die

was substantially extended, now allowing three different gases to be discharged simultaneously. The discharge points took into account the flow conditions in the Stuttgart-Nord district, in which major urban development plans were in prospect in the run-up to “Stuttgart 21”. This test also fulfilled every expectation and permitted the preparation of quantifiable statements to provide concrete evidence where previously only verbal argumentation was possible.

2.6 Long-term assignments and projects

With the city's accession to the Climate Alliance in 1995, the work of the Section of Urban Climatology was extended to include the new field of climate protection. In this context, a resolution was adopted to develop a climate protection program (KLIKS) for Stuttgart. The aim of the program is to prevent a further increase of the CO₂ emissions which threaten our climate and which are caused to a large degree by the combustion of fossil fuels. KLIKS consequently contains action scenarios for saving energy in every aspect of urban life which require constant updating and reevaluation.

The year 1996 is associated with not one but two major projects or rather on-going tasks for the Section of Urban Climatology:

1996 saw the launch of the “Noise Abatement in Vaihingen” pilot project, and with it a whole new field of operations for the department, based on the statutory stipulation of the former Article 47 a of the Federal Immission Control Act. As a result, noise abatement plans were drawn up for Vaihingen (May 2000), Zuffenhausen (November 2003) and Bad Cannstatt (2009) and approved by the Municipal Council. With the EU Environmental Noise Directive in 2002, the legal foundation for this work underwent a shift. Following the preparation and publication of a series of noise maps in 2007, the noise abatement plan drawn up for the whole of the city was passed by the Municipal Council in November 2009. The legal stipulations require the different stages of noise abatement planning (noise maps, action plans) to be updated in each case after five years.

The plans drawn up for the “Stuttgart 21” railway and urban planning project in 1996 required the

Bearbeitung bzw. Betreuung zahlreicher stadtklimatischer und schalltechnischer Untersuchungsaufträge. Die Berichte externer Gutachten werden in einer eigens dafür aufgelegten Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz „Untersuchungen zur Umwelt - Stuttgart 21“ veröffentlicht. Die Abteilung Stadtklimatologie war im Vorfeld der Planung „Stuttgart 21“ bereits im Rahmen einer Machbarkeitsstudie in Form von Stellungnahmen zu ersten Architekturentwürfen beteiligt worden. Zur Auslobung des Rahmenplanentwurfs hat die Abteilung eine Informationsmappe zusammengestellt, die Auskunft gibt über die stadtklimatischen Randbedingungen und die im Entwurf zu berücksichtigenden stadtklimatischen Eckpunkte der Planung. Diese Initiative hat sich im Sinne der Stadtklimatologie als sehr erfolgreich erwiesen, da die meisten der eingereichten Wettbewerbsentwürfe nachvollziehbare Bemühungen erkennen ließen, die stadtklimatologischen Vorgaben zu berücksichtigen.

Es wurde zum ersten Mal für das gesamte Stadtgebiet Stuttgarts eine digitale Windfeldsimulation auf Basis eines aerodynamischen Windfeldmodells berechnet, in das zusätzlich ein Kaltluftflussmodell integriert wurde. Die Anwendungsmöglichkeiten dieser Modellberechnungen erwiesen sich als derart vielseitig, dass diese zur Grundlage eines „Stadtklima-Informationssystems“ gemacht wurden. Dieses Informationssystem erhielt den gleichermaßen zukunftsweisenden Namen „Stadtklima21“. Es wurde durch Einbeziehung weiterer Systemkomponenten kontinuierlich bis zum heutigen Entwicklungsstand weiterentwickelt.

Beim Wechsel in das neue Jahrhundert kamen große Veränderungen im Bereich der Luftreinhaltung: Durch die EU-Richtlinie zur Einhaltung einer bestimmten Luftqualität werden verbindliche Vorgaben über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität sowie über Grenzwerte von Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft festgelegt. Damit bestehen auf einem wesentlich niedrigeren Grenzwertniveau völlig neue Regelungen zur Luftreinhaltung. Das von nun an beherrschende Vokabular wird durch die Begriffe Immissionsgrenzwerte, Toleranzmargen und Aktionspläne beherrscht.

Ein im Dezember 2005 vom Regierungspräsidium Stuttgart aufgestellter Luftreinhalte-/Aktionsplan enthält insgesamt 36 Einzelmaßnahmen, die jedoch, soweit umgesetzt, keine nennenswerte Minderung der Schadstoffbelastung der Luft erkennen lassen. Vor allem die Schadstoffbelastung an der Straßen-Messstelle „Neckartor“ ist

commissioning and management of wide-ranging different urban climatological and noise control studies. The reports of external experts were published in a dedicated publication series by the Environmental Protection Office entitled “Analyses on the Environment – Stuttgart 21”. The Section of Urban Climatology had already been involved in the advance planning for “Stuttgart 21” within the framework of a feasibility study by providing its assessment of the initial architectural designs. When bids were invited for the submission of outline plans, the department compiled an information folder providing information on the urban climatological framework conditions and the key urban climatological points to be observed in the planning. This initiative proved highly successful in the interests of urban climatology, as the majority of design bids submitted made clearly verifiable efforts to take the urban climatological specifications into account.

For the first time, a digital wind field simulation was calculated for the entire urban area of Stuttgart on the basis of an aerodynamic wind field model, with the additional integration of a cold air flow model. The application scope for these model calculations proved so versatile that they were taken as the basis of an “Urban climate information system”. This information system was also given the equally pioneering name of “Urban climate21”. Through the integration of additional system components, this system has continuously evolved to its present-day development status.

The advent of the new century saw the implementation of major changes in the field of air pollution control. As a result of the new EU Directive on Air Quality, a number of binding stipulations were defined on the evaluation and monitoring of air quality and on limiting values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and nitrogen oxide, particulate and lead in the air. As a result, a whole new set of regulations on air pollution control based on substantially lower limiting levels came into being, and with them a new set of now familiar watchwords such as immission limits, tolerance margins and action plans.

An air pollution control / action plan set up in December 2005 by the District Administration of Stuttgart encompasses a total of 36 individual measures which, however, have not resulted in any appreciable reduction of air pollution to the extent that they have been implemented to date. Pollution measured at the “Neckartor” roadside

durch unverändert hohe Überschreitungen der gesundheitsbegründeten Immissionsgrenzwerte gekennzeichnet. Eine Fortschreibung des Aktionsplanes im Jahr 2010 bringt die Wiedereinführung eines (erweiterten) Lkw-Durchfahrtsverbotes sowie das stufenweise zeitliche Vorziehen von Fahrverboten in der Umweltzone. Ebenfalls gelten neue Geschwindigkeitsbeschränkungen entlang der B14, die Wirkung flächendeckender Geschwindigkeitsbeschränkungen wird untersucht.

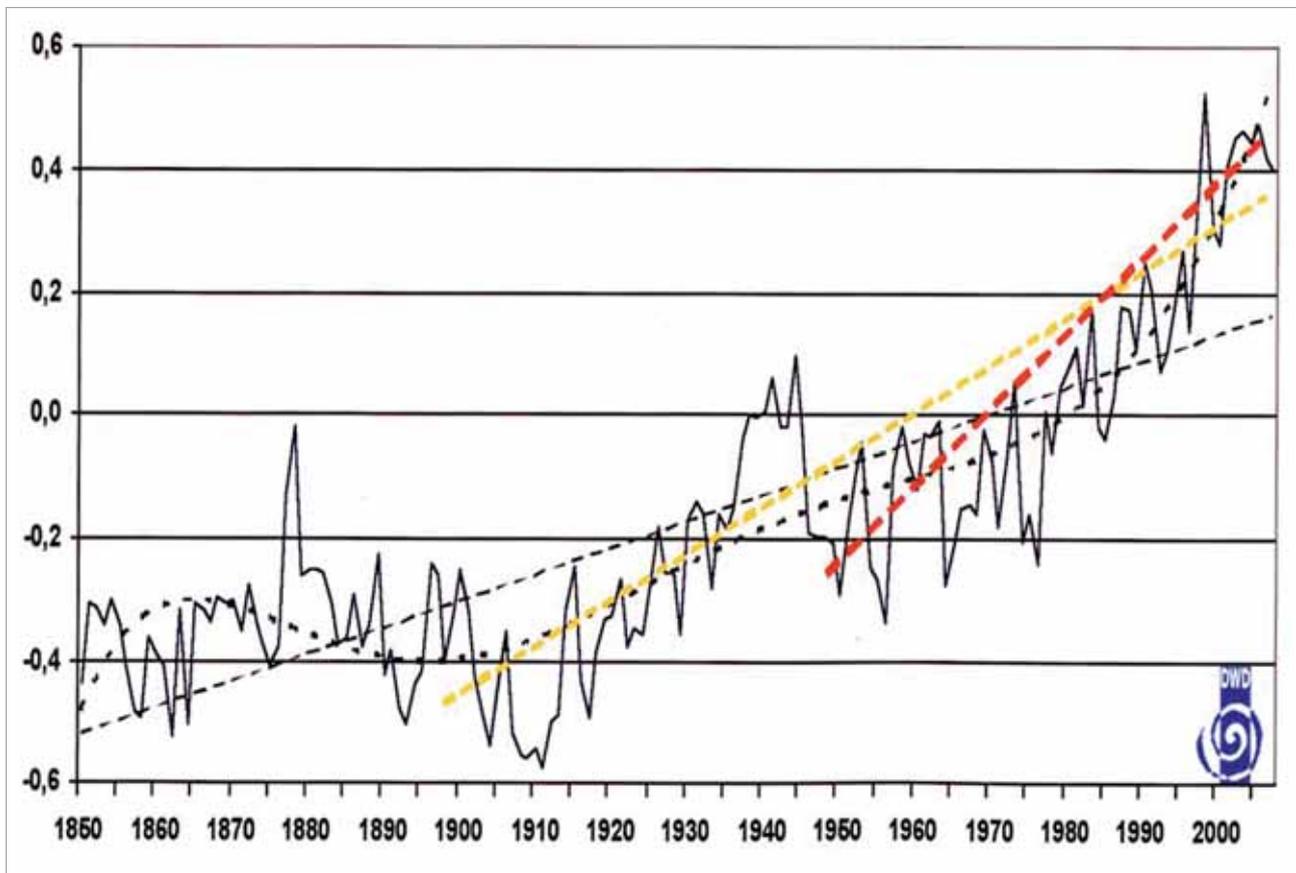
measurement station in particular continues to exceed by a long margin the limiting immission values recommended for health. The action plan is set to continue in 2010 with the reintroduction of an (extended) prohibition on HGV transit traffic and step-by-step advance implementation of driving bans in the environmental zone. New speed restrictions along the B14 have also come into effect, and the impact of comprehensive speed restrictions is being investigated.

3. Der Klimawandel

In den vergangenen 100 Jahren ist es auf der Erde wärmer geworden. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts stieg die globale Jahresmitteltemperatur um 0,74 Grad Celsius (°C). Der Weltklimarat, der auch unter seiner englischen Abkürzung IPCC bekannt ist, führt das mit „sehr hoher Wahrscheinlichkeit“ – das heißt mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 90 Prozent – auf menschliche Einflüsse zurück. Vor allem seit 1950 zeigt die Trendkurve steil nach oben. Auf der Nordhalbkugel lagen die Durchschnittstemperaturen in der zweiten Jahrhunderthälfte sehr wahrscheinlich höher als während jedes anderen 50-Jahr-Zeitraums in den vergangenen 500 Jahren. Wahrscheinlich überstiegen sie sogar

3. Climate change

The earth has grown continuously hotter over the past 100 years. Since the start of the 20th century, the annual mean global temperature has risen by 0.74 degrees Celsius (°C). The Intergovernmental Panel on Climate Change, known by its abbreviation IPCC, considers that this development is “extremely likely” to be due to human influence – in other words with a probability of over 90 per cent. Since 1950 in particular, this trend has taken a marked upward turn. Average temperatures in the northern hemisphere were very probably higher over the second half of the last century than in any other 50-year period in the past 500 years. They may even have exceeded the values for the



**Entwicklung der Durchschnittstemperaturen
1850 – 2005**

So entwickelten sich weltweit die Durchschnittstemperaturen von 1850 bis 2005 (blaue Linie). Der lineare Trend seit 1850 (schwarze Linie), seit 1900 (gelbe Linie) und seit 1950 (rote Linie) wird immer steiler. Die Trendkurve (polynomische Anpassung der Zeitreihe) zeigt den dramatischen Anstieg seit Ende der siebziger Jahre (schwarze Kurve).

Datenquellen: www.metoffice.gov.uk/hadobs sowie Deutscher Wetterdienst (DWD)

Quelle: BMU, 2009

**Development of average temperatures
1850 – 2005**

This graph depicts the development of average temperatures from 1850 to 2005 (blue line). The linear trend since 1850 (black line), since 1900 (yellow line) and since 1950 (red line) shows an ever steeper upward incline. The trend curve (polynomial adjustment of the time series) indicates the dramatic rise which has taken place since the end of the seventies (black curve).

Data sources: www.metoffice.gov.uk/hadobs and German Meteorological Service (DWD)

Source: BMU, 2009

die Werte der letzten 1300 Jahre oder sogar eines noch längeren Zeitraumes (Quelle: Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC 2007, SPM WG I, S. 10, dt. Fassung). Gebirgsgletscher und Schneedecken schrumpfen weltweit, der Meeresspiegel stieg im 20. Jahrhundert um durchschnittlich 17 Zentimeter.

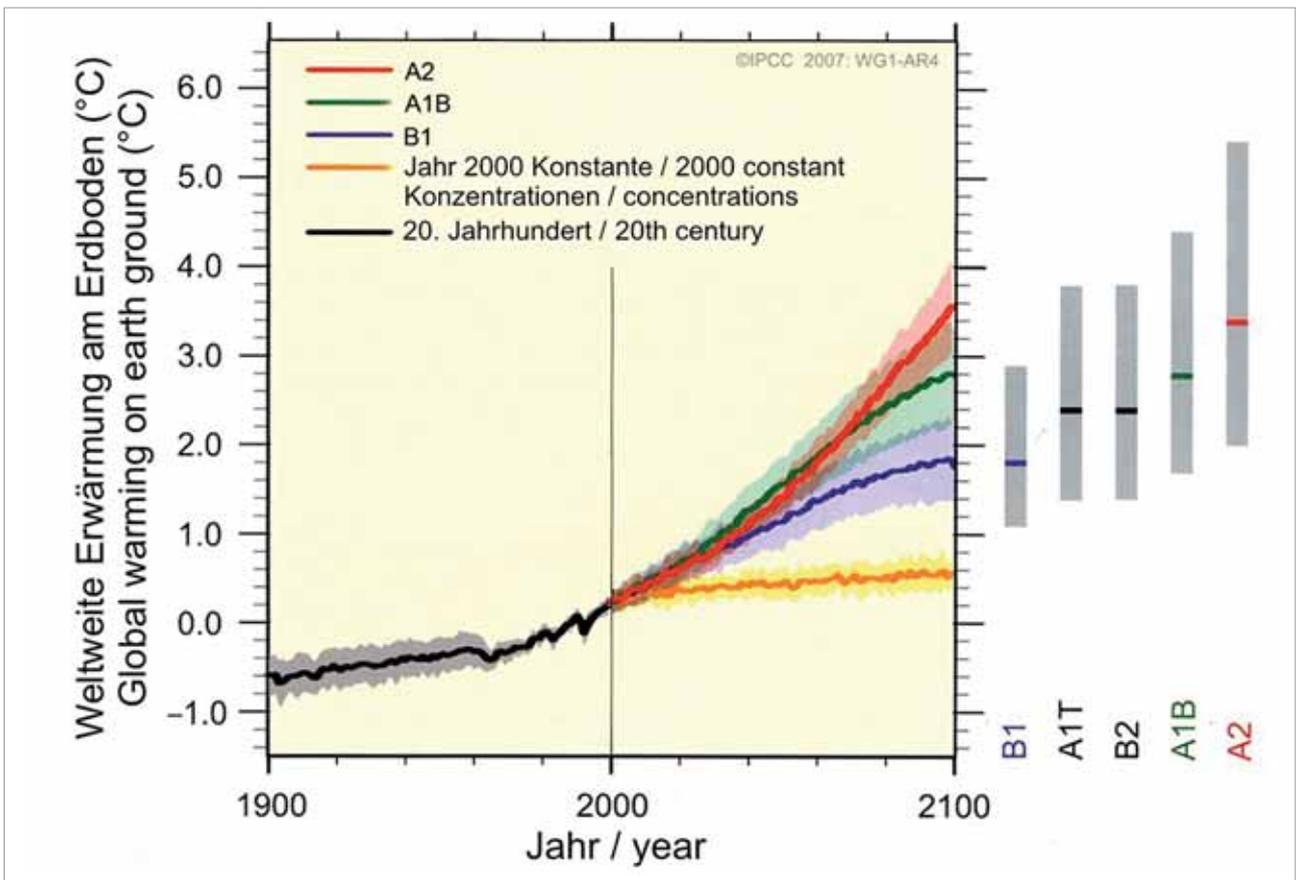
Emittiert die Menschheit weiter ungebremst klimaschädliche Gase in die Atmosphäre, erwarten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen Temperaturanstieg bis Ende des Jahrhunderts um 1,8 bis 4,0 Grad Celsius (°C) – einige Experten halten sogar 6,4 Grad Celsius für möglich.

Am wärmsten wird es vermutlich über dem Festland und in den Polarregionen. Das arktische Eis schmilzt weiter. Einige Modelle gehen sogar davon

last 1300 years or an even longer period (Source: Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC 2007, SPM WG I, p. 10, German edition). The size of mountain glaciers and areas of snow cover are diminishing everywhere in the world, the sea level rose during the 20th century by an average of 17 centimetres.

If mankind continues to emit climate-damaging gases at the same unrestricted rate into the atmosphere, scientists estimate that the temperature will rise by 1.8 to 4.0 degrees Celsius (°C) by the end of the century. Some experts even envisage that the rise could be as much as 6.4 degrees Celsius.

The highest temperatures rise is assumed to be over dry land and in the polar regions. The arctic ice cap continues to melt. Some models even predict that



Erwärmung der Erdoberfläche – Szenarien

So stark erwärmt sich die Erdoberfläche in den Emissionsszenarien A2, A1B und B1 des Weltklimarates. Wären die Treibhausgas-Emissionen auf dem Niveau des Jahres 2000 eingefroren worden, wäre die orange Linie zu erwarten gewesen. Die grauen Balken rechts zeigen die wahrscheinliche Bandbreite des Temperaturanstiegs, wie sie die sechs Szenarien des Weltklimarates prognostizieren (IPCC 2007).
Quelle: BMU, 2009

Global warming – scenarios

This is the degree of global warming according to emission scenarios A2, A1B and B1 issued by the IPCC. If greenhouse gas emissions had been frozen at the year 2000 level, the anticipated development would have been represented by the orange line. The green bars on the right indicate the probable bandwidth of the temperature as forecast by the six scenarios envisaged by the IPCC (IPCC 2007).
Source: BMU, 2009

aus, dass es in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts während des Sommers fast ganz verschwindet. Unter anderem dadurch könnte der Meeresspiegel steigen – bis zum Jahr 2100 um 18 bis 59 Zentimeter.

Auch die Stärke und die Verteilung der Niederschläge werden sich sehr wahrscheinlich ändern: Während es in höheren Breiten vermutlich feuchter wird, regnet es in den meisten subtropischen Landregionen weniger. Damit würde sich ein Trend fortsetzen, der bereits zu beobachten ist.

Darüber hinaus berechnen die Klimamodelle voraus, dass Hitzewellen, lokale Starkniederschläge und Wirbelstürme häufiger und noch heftiger werden könnten.

3.1 Klimawandel in Deutschland

Seit 1901 ist die Durchschnittstemperatur in Deutschland um knapp 0,9 Grad Celsius (°C) gestiegen. Von 2000 bis 2009 registrierten die Meteorologen das wärmste Jahrzehnt seit mindestens 130 Jahren. Vor allem im Südwesten Deutschlands zeigten die Thermometer höhere Werte – im Saarland waren es durchschnittlich 1,2 Grad Celsius mehr im Jahr. Dagegen wurde in Mecklenburg-Vorpommern nur ein Plus von 0,4 Grad Celsius gemessen.

Zudem regnet es inzwischen mehr. Um etwa neun Prozent nahmen die Niederschläge seit Anfang des 20. Jahrhunderts zu, haben die Meteorologinnen und Meteorologen festgestellt. Besonders feucht war es in den vergangenen 15 Jahren – mit nur vier Ausnahmen.

Während heutzutage die Regentonnen im Frühjahr bis zum Juni wesentlich voller werden als früher, ist es im Juli und August durchschnittlich trockener. Zwar registrierten die Forscherinnen und Forscher in den Wintermonaten ebenfalls mehr Niederschläge – doch das ist wegen der großen Unterschiede von Jahr zu Jahr statistisch noch nicht eindeutig.

Und wie geht es weiter? Die globalen Klimamodelle sind zu großmaschig, um daraus genaue regionale Vorhersagen abzuleiten. Mindestens 120 Kilometer breit ist die horizontale Gitterweite, manchmal betragen die Abstände sogar mehr als 200 Kilometer. Deshalb werden auch Verfahren zur Regionalisierung eingesetzt. Einige übertragen

by the second half of the century, the ice cap will almost disappear altogether in the summer months. One of the effects of this development could be a rise in the sea level by 18 to 59 centimetres by the year 2100.

The strength and distribution of precipitation is also likely to change. While in the higher latitudes conditions are likely to become wetter, there will be less rain in subtropical land regions. This would mean a continuation of the trend which is already in evidence today.

The forecasts calculated by the climate models also predict the increased and more intense occurrence of heat waves, local torrential rainfall and hurricanes.

3.1 Climate change in Germany

Since 1901, the average temperature in Germany has risen by just under 0.9 degrees Celsius (°C). From 2000 to 2009, meteorologists registered the hottest decade for the last 130 years. The thermometers showed the higher values to occur particularly in the southwest of Germany. In the Saarland region, the temperatures were 1.2 degrees Celsius higher on average over the year, while in Mecklenburg-Vorpommern the increase was only 0.4 degrees Celsius.

There has also been a higher level of rainfall. Meteorologists have calculated that precipitation has risen by around nine percent since the start of the 20th century. Particularly wet weather has been recorded over the past 15 years – with only four exceptions.

While water butts generally nowadays fill up higher than they used to during the spring up to June, July and August are drier on average. Although the research scientists also register higher precipitation during the winter months, this is not yet of any statistical significance due to the marked differences year on year.

And what is the outlook for the future? The global climate models are too loosely meshed to allow any accurate regional forecasts to be drawn up. The horizontal mesh size is at least 120 kilometres wide, and in some cases the distances are over 200 kilometres. To address this problem, different methods are used for regionalization. Some of these transpose observed climate information from

beobachtete Klimainformationen von Klimastationen in die Zukunft, andere verfeinern die weltweiten Berechnungen mit Hilfe von physikalisch-numerischen Verfahren auf ein kleineres räumliches Gitter mit Abständen von bisher minimal zehn Kilometern. Für Deutschland werden heute vier regionale Klimamodelle REMO, CLM, WETTREG und STAR genutzt.

Wer über die Zukunft spricht, hat stets Unsicherheiten zu berücksichtigen. Bei den globalen und regionalen Klimamodellen bedeutet das: Mehrere schwer abzuschätzende Faktoren könnten sich letztendlich gegenseitig ausgleichen – oder auch aufaddieren.

Wie viele Treibhausgase künftig in die Atmosphäre gelangen werden, hängt von vielen Einflüssen ab und ist insofern nicht vorhersagbar. Hier spielt hinein, wie sich Bevölkerung, Wirtschaft und Energiepreise entwickeln, wie das Land genutzt wird und inwieweit sich Technologien für geringen Treibhausgas-Ausstoß durchsetzen können. Auch ist derzeit nicht sicher zu bestimmen, wie klimawirksam verschiedene Treibhausgas-Emissionen tatsächlich sind.

Um mit diesen Unsicherheiten umzugehen und dabei handlungsfähig zu bleiben, wurden Emissionsszenarien vereinbart, die der Weltklimarat definiert hat. Diese Szenarien beschreiben mögliche Entwicklungen der menschlichen Gesellschaft und unserer Umwelt. Sie bilden die Randbedingungen für die Klimamodellierung. Doch klar ist: Die Modelle können immer nur Annäherungen an die Wirklichkeit sein, denn das echte Klima ist weitaus komplizierter. Sämtliche Faktoren des Systems „Klima“ abzubilden ist unmöglich.

Je ferner man in die Zukunft blickt und je kleiner der regionale Ausschnitt ist, desto unsicherer werden die Prognosen. Dagegen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, die Wirklichkeit zu treffen, wenn mehrere Modelle übereinander gelegt werden können. In Deutschland gibt es immerhin vier Regionalmodelle, mit denen jeweils drei Emissionsszenarien durchgerechnet wurden. Weitere Berechnungen werden folgen.

climate stations to create a model for the future, others refine the global calculations using physical-numerical methods to create a small spatial grid with meshes of so far no less than 10 kilometres. For Germany, today there are four regional climate models in use: REMO, CLM, WETTREG and STAR.

Any debate about the future necessarily has to take various uncertainties into account. For global and regional climate models, these means that several factors which are difficult to predict could, in the final reckoning, either cancel each other out – or alternatively could add up together.

Just how much greenhouse gas will find its way into the atmosphere in the future depends on a whole series of influences, and consequently cannot be predicted. Influencing factors are how the population, the economy and the fuel prices develop, the development of land use and the impact of new technologies developed to reduce greenhouse gas emissions. It is also not possible today to determine with any certainty what impact the different greenhouse gas emissions actually have on the climate.

In order to work with these uncertainty factors and still remain ready to take any necessary action, a series of emission scenarios have been agreed and defined by the IPCC. These scenarios describe possible different future developments in society and in our environment. These form outline conditions for climate modelling. But one thing is clear: the models can only ever represent approximations of reality, as the real climate is far more complex. It is impossible to depict the whole bandwidth of different factors affecting the system "climate".

The further we look into the future, and the smaller the regional extract we are looking at, the more uncertain the forecasts. However, the likelihood of making an accurate production is increased by superposing different models over each other. There are no fewer than four regional models applied in Germany, each of which has carried out calculations for three different emission scenarios. Further calculations are certain to follow.

3.2 Klimawandel in Baden-Württemberg

Über die Klimaveränderungen und ihre Auswirkungen in Baden-Württemberg sowie hinsichtlich der regionalen Unterschiede liegen derzeit folgende Erkenntnisse vor:

In Baden-Württemberg lag das Temperaturmittel für den Zeitraum 1931 bis 2005 1,0 °C über dem Mittel des Zeitraums 1961 bis 1990, der als Referenzzeitraum für die Klimaentwicklung international vereinbart ist. Für die Zeit von 2000 bis 2008 lag das Mittel sogar um 1,1 °C über dem der Referenzperiode, was auf eine Beschleunigung der Entwicklung hindeutet. Damit wird in Baden-Württemberg der langjährige globale Trend der Klimaentwicklung (0,7 °C in den letzten 100 Jahren) deutlich überschritten. Diese Ergebnisse sind im Klimamonitoringbericht 2008, der im Rahmen des Kooperationsvorhabens „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ (KLIWA) unter Mitwirkung des Deutschen Wetterdienstes erstellt wurde, dokumentiert.

Die Temperaturzunahmen sind in Baden-Württemberg im Winterhalbjahr (November bis April) ausgeprägter (1,2 °C) als im Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober 1,0 °C). Das Hoch- und Oberrheingebiet ist mit 1,2 °C im Winter und 1,0 °C im Sommerhalbjahr am stärksten vom Temperaturanstieg betroffen, gefolgt vom Neckarraum (1,2 °C Winterhalbjahr, 0,9 °C Sommerhalbjahr) und dem Donau- und Bodenseeraum (1,0 °C Winterhalbjahr, 0,7 °C Sommerhalbjahr).

Auch bei den Niederschlägen machen sich die Klimaveränderungen deutlich bemerkbar. Es ist eine sehr ausgeprägte Erhöhung der Gebietsniederschläge im hydrologischen Winterhalbjahr um bis zu ca. 30 % zu beobachten, während die Gebietsniederschläge im Sommerhalbjahr eher abnehmen. Von besonderer Bedeutung ist, dass die Niederschläge vermehrt als Starkniederschläge auftreten. Im Winterhalbjahr wurden in Baden-Württemberg regional sehr unterschiedlich zwischen 5 % und 33 % mehr Starkniederschläge festgestellt. Im Sommer regnet es weniger häufig, dann jedoch mit höherer Intensität als Starkniederschlag. Die Sommertrends sind allerdings bislang überwiegend noch signifikant.

Für die Zukunft bis zum Jahr 2050 lassen die Ergebnisse der Klimamodelle für Baden-Württemberg einen weiteren Temperaturanstieg um 2 °C im Winter und ca. 1,5 °C im Sommer erwarten. Damit verbunden ist eine Zunahme der Sommer-

3.2 Climate change in Baden-Württemberg

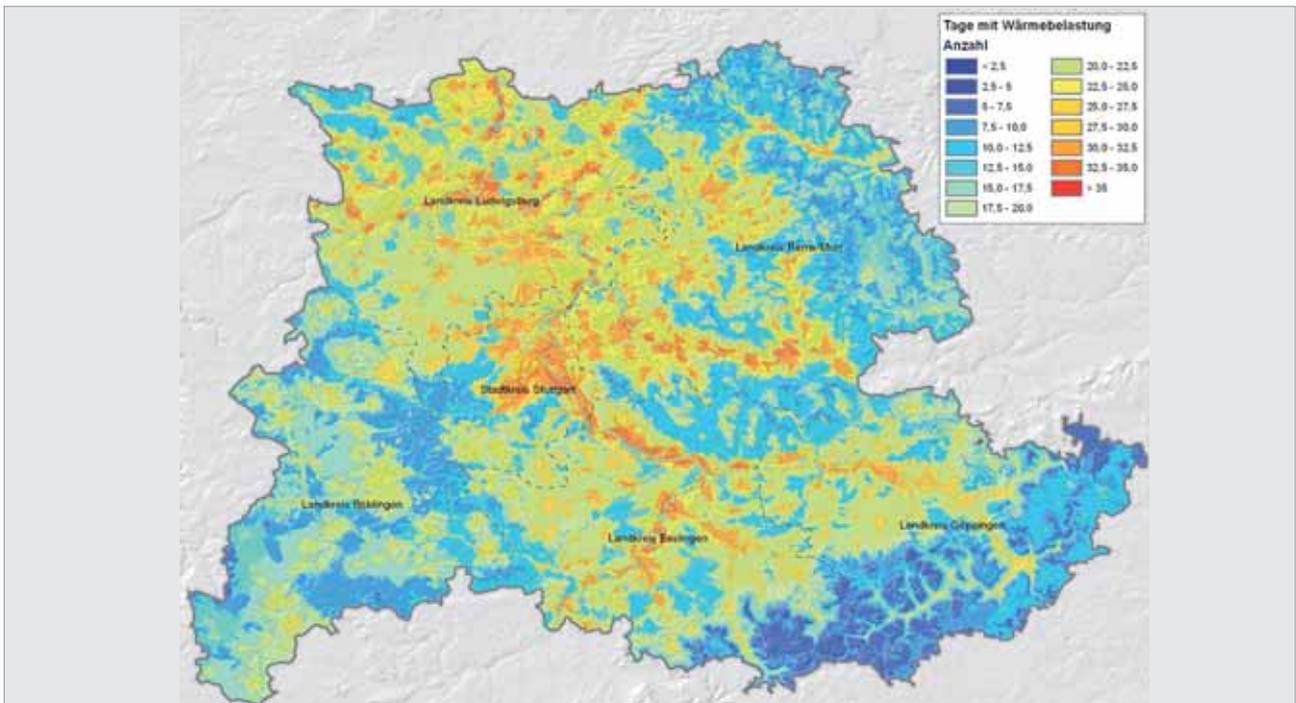
Regarding climate change and its repercussions in Baden-Württemberg and also in respect of regional differences, the following findings have been established:

The mean temperature for Baden-Württemberg over the period from 1931 to 2005 was 1.0 °C higher than the mean temperature for the period from 1961 to 1990, which has been internationally agreed as the reference period for climate development. For the period from 2000 to 2008, the mean temperature was actually 1.1 °C over the reference period, which would seem to indicate an acceleration of this development. These statistics place Baden-Württemberg well above the average long-term global trend in climate development (0.7 °C over the past 100 years). This result is documented in the 2008 climate monitoring report drawn up within the cooperation project "Climate Change and Consequences for Water Management" (KLIWA) in cooperation with the Germany Meteorological Service (DWD).

The increases in temperature are more pronounced (1.2 °C) in Baden-Württemberg during the winter months (November to April) than in summer (May to October 1.0 °C). Most affected by the temperature rise is the Upper and Lower Rhine region, followed by the Neckar region (1.2 °C in winter, 0.9 °C in summer) and the Danube and Lake Constance region (1.0 °C in winter, 0.7 °C in summer).

The climate-related changes have also noticeably affected precipitation. A very pronounced increase in local precipitation during the hydrological winter months of up to around 30% has been recorded, while these local precipitation levels tend to decrease in the summer months. Particularly noteworthy is the fact that a precipitation pattern of increasing torrential downpours is emerging. It rains less frequently in summer, but with a higher intensity in the form of very heavy rainfall. However, for the most part the summer trends to date have remained significant.

As for the future, up to the year 2050 the results of the Baden-Württemberg climate models would seem to indicate the probability of a further increase in temperature by around 2 °C in winter and around 1.5 °C in summer. Coupled to this is an approximately 30% increase in the number of summer days (max. temperature > 25 °C). The

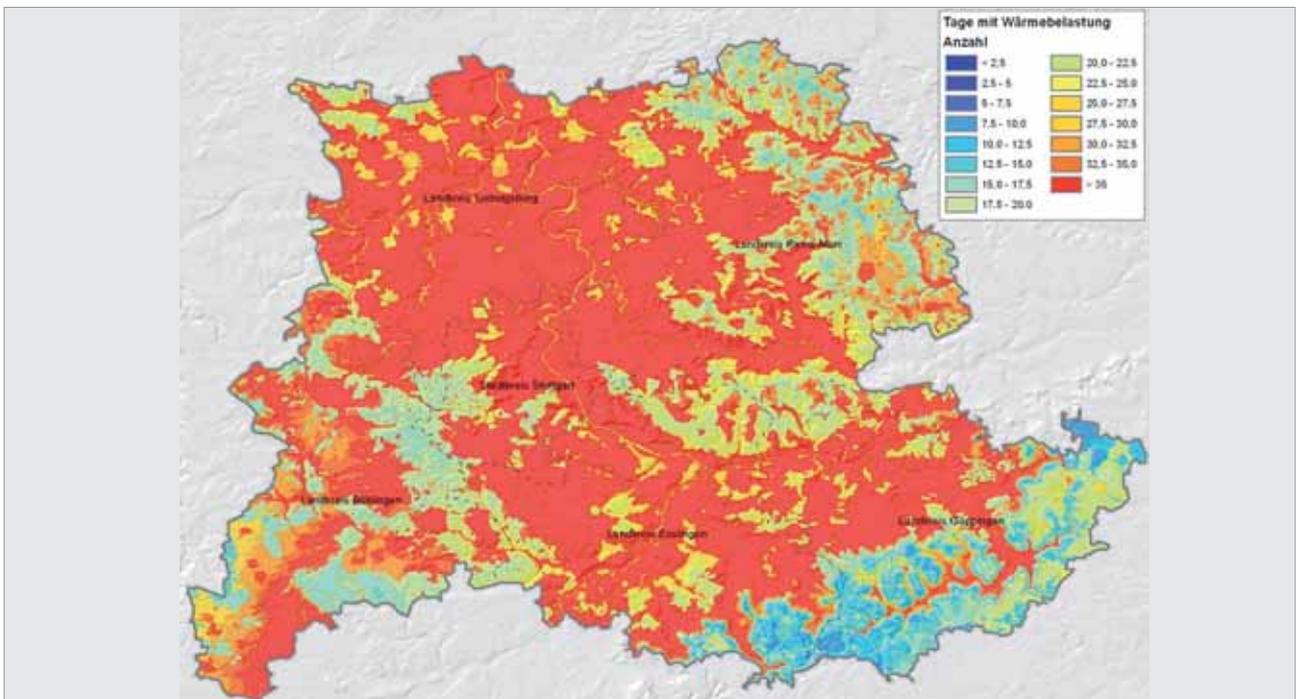


Wärmebelastung Region Stuttgart

Heat stress in the Stuttgart region

Quelle: Klimaatlas Verband Region Stuttgart
 Datengrundlage: Daten zum Bioklima, DWD; DHM
 Verwaltungsgrenzen; Verband Region Stuttgart
 Bearbeitung und Kartographie: Dipl.-Geogr. Heide
 Esswein 2007

Source: Climate Atlas Regional Association of Stuttgart
 Data basis: Bioclimate data, DWD; DHM administrative
 boundaries; Regional Association of Stuttgart
 Processing and cartography: Dipl.-Geogr. Heide
 Esswein 2007



Wärmebelastung Region Stuttgart künftig

Predicted heat stress in the Stuttgart Region

Quelle: Klimaatlas Verband Region Stuttgart
 Datengrundlage: Daten zum Bioklima, DWD; DHM
 Verwaltungsgrenzen; Verband Region Stuttgart
 Bearbeitung und Kartographie: Dipl.-Geogr. Heide
 Esswein 2007

Source: Climate Atlas Regional Association of Stuttgart
 Data basis: Bioclimate data, DWD; DHM administrative
 boundaries; Regional Association of Stuttgart
 Processing and cartography: Dipl.-Geogr. Heide
 Esswein 2007

tage (Maximaltemperatur > 25 °C) um ca. 30 %. Die Anzahl der heißen Tage (Maximaltemperatur > 30 °C) wird – teilweise um nahezu das Doppelte – zunehmen. Es deutet einiges darauf hin, dass sich Hitzesommer wie im Jahr 2003 künftig öfter wiederholen könnten.

Die beiden Abbildungen auf Seite 34 zeigen für die Region Stuttgart die Zahl der Tage mit Wärmebelastung heute und künftig. Dabei wurde eine durchaus zu erwartende Verdoppelung der Hitzetage angenommen. Während heute 6 % der Fläche mit mehr als 30 Tagen mit Hitzestress belastet ist, sind dies künftig 57 % der Fläche mit einem entsprechend höheren Bevölkerungsanteil.

Die Niederschläge werden sich im Allgemeinen im Sommer weniger verändern (Abnahme < 10 %), im Winter jedoch regional unterschiedlich um bis zu 35 % zunehmen. In den Hochlagen des Schwarzwaldes wird sich in den Monaten Dezember bis Februar die Zahl der Tage mit hohen Niederschlägen fast verdoppeln.

Die Klimaveränderungen treffen mit ihren Auswirkungen praktisch alle Lebensbereiche in Baden-Württemberg. Besonders betroffen sind die menschliche Gesundheit, die Land- und Forstwirtschaft, der Bodenschutz, die Wasserwirtschaft, die Schifffahrt und die Energieversorgung, der Naturschutz und die biologische Vielfalt sowie der Tourismus.

Menschliche Gesundheit

Die Zunahme von Tagen mit hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit hat thermische Belastungen (Hitzestress) der Bevölkerung zufolge. Dies kann vor allem für ältere und kranke Menschen gefährlich sein. Im Sommer 2003 waren schätzungsweise 2000 Sterbefälle der hitzebedingten Mortalität zuzurechnen.

Außerdem bringen die Klimaveränderungen die Zuwanderung und Ausbreitung Wärme liebender, tierischer Krankheitserreger und –überträger (u. a. Insekten und Zecken) insbesondere aus der Mittelmeerregion mit sich. Ebenso werden heimische Krankheitsüberträger (Zecken) durch den Klimawandel gefördert. Dies kann zu einer Zunahme des gesundheitlichen Infektionsrisikos führen.

Auch die Ausbreitung nicht heimischer Pflanzenarten (Neophyten) wird durch den Klimawandel gefördert. Bei den Neophyten kann es sich, wie im Fall der Beifuß-Ambrosie, um Pflanzen handeln, die für den Menschen ein hohes allergenes Potenzial besitzen.

number of hot days (maximum temperature > 30 °C) will increase – in some cases by almost double. There are indications that heat wave summers such as the one in 2003 could recur more frequently in the future.

The two illustrations on page 34 show the number of days on which heat stress occurs in the Stuttgart today and the projection for the future. This anticipates that the number of heat stress days is set to double. While today around 6% of the surface area is exposed to heat stress on more than 30 days, this is likely to affect 57% of the surface area in the future with a correspondingly higher number of inhabitants.

Precipitation in general will be less subject to change in summer (reduction < 10 %), but will increase by up to 35% in winter, with marked regional differences. In the upper reaches of the Black Forest, the number of days of high precipitation is set to almost double over the months December to February.

The impact of climate change is set to affect almost all areas of life in Baden-Württemberg. Particular effects will be felt in terms of human health, agriculture and forestry, soil protection, water management, shipping and the energy supply, nature conservation and biological diversity as well as tourism.

Human health

The increase in the number of days exposed to high temperatures and high humidity will result in heat stress for the population. This can pose a danger, particularly for the elderly and those in poor health. In the summer of 2003, the extreme conditions accounted for an estimated 2000 additional deaths.

The changes taking place in climatic conditions also encourage the influx and spread of animal pathogens and carriers (including insects and ticks) which thrive in heat, in particular from the Mediterranean region. Indigenous disease carriers (ticks) also thrive as a result of climate change. This can result in an increase in the risk of disease and infection.

The spread of non-indigenous plant species (neophytes) is also encouraged by climate change. As has occurred in the case of the common ragweed, this includes certain plant species with a high allergenic potential for humans.

Die Zunahme der Häufigkeit von Hitzebelastungen der Bevölkerung macht auch in Baden-Württemberg Maßnahmen zur Reduktion der gesundheitlichen Beeinträchtigungen dringend notwendig. Zu den bereits kurzfristig umgesetzten, wirksamen Maßnahmen zählt die Einrichtung eines gesundheitsbezogenen Hitzewarnsystems, das mit Interventionsmaßnahmen im Gesundheitswesen gekoppelt ist. Seit dem Sommer 2005 gibt der Deutsche Wetterdienst entsprechende Hitzewarnungen routinemäßig auf Landkreisebene für ganz Deutschland heraus. In Baden-Württemberg sind über 1200 Pflegeeinrichtungen direkt an dieses System angeschlossen.

Die Erarbeitung von Anpassungsmaßnahmen zu tierischen Krankheitsträgern und -überträgern sowie für Allergien auslösende Neophyten steht noch am Anfang. In dem seit 2006 laufenden Forschungsprogramm „Herausforderung Klimawandel“ werden solche Fragestellungen mit den Zielen einer Risikoabschätzung und einer Erarbeitung von Anpassungs- und Risikominderungsmaßnahmen untersucht.

Wasserwirtschaft, Schifffahrt und Energieversorgung

Der Klimawandel wirkt sich bereits heute auf den Wasserhaushalt in Baden-Württemberg aus. Einerseits wird erkennbar, dass sich die Hochwassergefahr verschärft, andererseits haben auch Hitze- und Trockenperioden deutlich zugenommen, die zu Niedrigwassersituationen in den Gewässern führen können. Daraus ergeben sich – neben ökologischen Beeinträchtigungen der Wasserlebewelt – auch ökonomische Beeinträchtigungen. So können Niedrigwasserphasen zu Nutzungseinschränkungen bei der Energieerzeugung führen, ebenso hohe Gewässertemperaturen in den Sommermonaten zu Kühlungsproblemen bei thermischen Kraftwerken an Rhein und Neckar. Sowohl Hoch- als auch Niedrigwasserphasen stellen eine Beeinträchtigung für die Schifffahrt dar.

Die bisherigen Erkenntnisse zeigen, dass es notwendig ist, Instrumentarien für Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln, um den zu erwartenden Auswirkungen der Klimaveränderung begegnen zu können.

Land- und Forstwirtschaft

Für den Bereich der Land- und Forstwirtschaft kommt es neben positiven Auswirkungen durch die Klimaveränderungen auch zu negativen

The increase in the frequency of heat stress for the population has given rise to an urgent need also in Baden-Württemberg for action to reduce potential health problems. One of the effective measures already undertaken at short notice has been to set up a health-related heat wave warning system linked to an intervention program which is triggered in the health system. Since the summer of 2005, the German Meteorological Service issues heat warnings routinely on the district level throughout the whole of Germany. Over 1200 care institutions are directly linked to the system in Baden-Württemberg.

The process of determining adjustment strategies to combat the spread of disease carriers and transmitters and also to deal with allergy-giving neophytes is still in the very early stages. As part of the “Climate change challenge” research program in operation since 2006 this type of issue is being researched with a view to assessing the risk and elaborating adjustment and risk minimization strategies.

Water management, shipping and energy supply

Climate change is already having an effect on the water supply in Baden-Württemberg. While there is a noticeably increased risk of flooding, at the same time periods of extreme heat and drought which can lead to water shortages and low levels in waterways and reservoirs have clearly increased. Alongside the ecological damage this can cause to plant and animal life populating the waterways, this also brings it an economic cost. Phases of water shortage can result in restricted use in the generation of energy, while high temperatures in the waterways during the summer months can give rise to cooling problems in the thermal power plants along the Rhine and Neckar rivers. Both high and low water levels serve to impair shipping.

Experience gathered to date indicates the need for a set of instruments with which to develop the means to both diminish and adjust to these effects if we are to successfully tackle the anticipated repercussions of climate change.

Agriculture and forestry

Alongside the positive impacts of climate change for the field of agriculture and forestry there are also plenty of negative consequences. Climate

Folgen. Der Klimawandel wird die Anbauwürdigkeit der derzeit angebauten landwirtschaftlichen Nutzpflanzen verändern, bietet aber auch Chancen für neue Kulturarten. Mit einer Begünstigung des Maisanbaus im Norden und Westen des Landes rechnet man aufgrund günstigerer Klimabedingungen (Temperaturanstieg, CO₂-Düngung). In anderen Landesteilen und für die meisten Kulturen muss allerdings mit klimabedingten Ertragseinbußen durch Trockenstress während der Vegetationsperiode gerechnet werden. Aufgrund der Klimaänderungen muss von einem höheren Schad-erregendruck ausgegangen werden, beispielsweise konnte dies in der Bodensee-Region bezüglich des Apfelanbaus für den Apfelwickler und den Apfelschorf gezeigt werden. Darüber hinaus führen heiße Sommer mit lang anhaltenden Hitzeperioden auch bei landwirtschaftlichen Nutztieren zu Hitzestress. Ihre Leistung nimmt ab und ihre Gesundheit wird beeinträchtigt.

Insgesamt muss sich die Landwirtschaft auf Änderungen des Sorten- und Anbauspektrums, der Fruchtfolge, der Bodenbearbeitung, Düngung, Wasserversorgung und des Pflanzenschutzes einstellen und neue Anbaustrategien zur Anpassung an den Klimawandel entwickeln.

Die Forstwirtschaft steht angesichts der bereits feststellbaren und prognostizierten Klimaveränderungen vor besonderen Herausforderungen. Dabei geht es einerseits um die sogenannte Nutzfunktion der Wälder, andererseits um ihre ökologische und gesellschaftliche Funktion. Ebenso ist die Rolle der Wälder beim Schutz vor Erosionen, bei der Reinhaltung des Wassers und der Luft sowie als Artenreservoir in der bisherigen Form gefährdet.

Naturschutz und biologische Vielfalt

Aufgrund des Klimawandels sind bereits heute Veränderungen der Verbreitungsareale von Tier- und Pflanzenarten sowie Veränderungen im Verhalten der Tierarten (z. B. Zugverhalten) festzustellen. Klimaveränderungen stellen eine Bedrohung vor allem für Lebensräume und Arten dar, die an kältere und feuchtere Bedingungen angepasst sind.

Schätzungen des Bundesamtes für Naturschutz gehen davon aus, dass durch Klimaveränderungen in den nächsten Jahrzehnten ca. 30 % der Arten deutschlandweit aussterben könnten. Umgekehrt können sich Verbreitungsareale von Wärme liebenden Arten nach Baden-Württemberg hinein ausdehnen, darunter auch gebietsfremde Arten. Die Ausbreitung einiger Zuwanderer wird nicht ohne

change will impact on the future viability of the agricultural crops currently cultivated, but at the same time offers opportunities to plant new crop species. Conditions for the cultivation of maize are expected to improve in the north and west of the region due to more favourable climate conditions (rise in temperature, CO₂ fertilization). However, in other parts of the region and for most crop types, a climate-related drop in yield is anticipated due to drought stress during the vegetation period. As a result of climate changes, increased pressure from pathogens must be assumed. In the Lake Constance apple growing region, for instance, this effect is already in evidence with an increased incidence of damage due to the codling moth and apple scab. Hot summers with protracted periods of heat also lead to heat stress in productive livestock, with a lowering of productivity levels and health impairment.

Generally speaking, agriculture will need to adjust to changes in the spectrum of species and crop cultivation, fruiting sequences, soil processing, fertilization, water supply and pest control, and to develop cultivation strategies to adapt to the process of climate change.

Already recorded and forecast climate change also poses a special challenge to the forestry industry. At issue here are the so-called utility function of the forests on the one hand, and their ecological and social function on the other. The role of the forests in safeguarding against erosion, helping to maintain water and air purity and as a species reservoir in their present form is also at risk.

Nature conservation and biological diversity

Changes in the distribution of animal and plant species as well as behavioural changes in animal species (such as migration patterns) are already in evidence today as a result of climate change. Climate change represents a threat primarily to habitats and species which have adapted to colder and wetter conditions.

Estimates by the Federal Agency for Natural Conservation assume that climate change could result in the eradication of around 30% of species throughout Germany over the coming decades. Conversely, the distribution of species which thrive in heat could extend to Baden-Württemberg, including certain non-indigenous species. The spread of some immigrant species will have an

Folgen für die Lebensräume und –gemeinschaften der heimischen Arten infolge der neuen Konkurrenzsituation sowie für die Gesundheit von Mensch und Tier bleiben.

Tourismus

Der Tourismus ist im Vergleich zu anderen Wirtschaftszweigen stärker von witterungsbedingten Einflüssen betroffen. In Baden-Württemberg könnte der Sommertourismus vom Klimawandel profitieren. Es ist mit einer Zunahme der Anzahl der „potenziellen Badetage“ und zusätzlich mit einer Verlängerung der Badesaison in der Bodensee-region zu rechnen. Der Wandertourismus im südlichen Schwarzwald kann ebenfalls mit mehr „potenziellen Wandertagen“ rechnen.

Dagegen könnte der Klimawandel für den Wintertourismus erhebliche Nachteile mit sich bringen. Gerade die sich abzeichnende Zunahme der Lufttemperaturen, insbesondere in den Wintermonaten, könnte dazu führen, dass es zukünftig weniger beständig gute natürliche Schneelagen bis in 1000 m Höhe geben wird.

Klimapolitik muss alles tun, um diese Entwicklung zu bekämpfen. Sie muss aber auch Risiken erkennen und sich auf unvermeidbare Folgen vorbereiten. Dazu gehört auch die Raumplanung. Raumpläne haben das Ziel, die verschiedenen Ansprüche an den Raum zu vereinbaren. Neben der Abwägung aktueller Ansprüche müssen hier auch Klimaschutzaspekte einbezogen werden. In der Stadtplanung geht es unter anderem darum, Frischluftschneisen freizuhalten und Grünflächen zu sichern, um eine Überhitzung im Sommer zu verhindern.

impact on the habitats and communities of indigenous species as a result of competition, and could also impact on human and animal health.

Tourism

Compared to other branches of industry, tourism is more exposed to the weather-related influences. Summer tourism could benefit from climate change in Baden-Württemberg. An increased number of “potential bathing days” and also an extension of the bathing season in the Lake Constance region may be anticipated. The hiking-related tourism industry in the southern Black Forest region may also expect to benefit from a higher number of “potential hiking days”.

Conversely, climate change can entail substantial drawbacks for winter tourism. The evident increase in air temperatures, particularly during the winter months, could lead to a reduction in future in the spread of good, natural snow cover up to an altitude of 1000 metres.

Climate change policies must be devised to combat this development, but also to recognize risks and prepare for inevitable consequences. This also includes Land Use Planning. The aim of Land Use Plans is to reconcile different expectations and claims on the available space. As well as considering current claims, it is essential for climate protection aspects to be included in this process of deliberation. One of the aims of urban planning is to maintain clear fresh air corridors and to secure green spaces in order to prevent overheating effects in summer.

4. Rechtliche Grundlagen für den Klimaschutz

Ein eigenständiges „Klimaschutzgesetz“ existiert nicht. Vielmehr ist dieses Anliegen in die Systematik des bestehenden Umweltrechts integriert worden. Dies ist dem Sachverhalt geschuldet, dass in der Tat etliche klassische Disziplinen des Umweltschutzes bzw. der Ökologie zugleich auch positive Nebenwirkungen für den Klimaschutz ausüben und der Klimaschutz in den Rahmen bestehender Gesetze verankert werden kann. Beispiele dafür sind das Bundes-Naturschutzgesetz (BNatSchG), das Baugesetzbuch (BauGB) sowie verschiedene Regelungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG). Darüber hinaus existieren inzwischen eine Reihe von Gesetzen und Rechtsverordnungen wie das Energieeinsparungsgesetz (EEG) und die Energie-Einsparverordnung, die mit Ihren Regelungen speziell zum Klimaschutz beitragen, wie auch das „Gesetz über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen (TEHG)“. Nicht unerwähnt bleiben darf in diesem Zusammenhang das Abfallwirtschafts- und Kreislaufgesetz, das die grundsätzliche Vermeidung und Verminderung von Abfällen sowie die Verwertung der entstehenden Reste vorschreibt.

Im Folgenden sollen jedoch die überwiegend planerisch orientierten rechtlichen Vorgaben behandelt werden, wobei es gleichermaßen um die Minderung des Klimawandels als auch um die Anpassung an denselben geht.

4.1 Immissionsschutzrecht

Das „Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge“ (kurz: **BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz**) hat trotz seiner grundlegenden Prinzipien des Verursacherprinzips und des Vorsorgeprinzips für den Klimaschutz nicht die gleiche zentrale Bedeutung wie für den Umweltschutz, wie er sich seit 1974 etabliert hat. Der in diesem Gesetz etwas unglücklich definierte Begriff der Luftverunreinigung als „Veränderung der natürlichen Zusammensetzung der Luft“ zielt nämlich einzig auf Luftschadstoffe im Sinne von Immissionen. Die für den Klimaschutz bedeutsamen sog. Treibhausgase können jedoch nur sehr bedingt als Luftschadstoffe betrachtet werden, weil sie wegen fehlender biologischer Giftigkeit üblicherweise

4. Legal foundations for climate protection

No independent “Climate Protection Act” exists in its own right. Instead, this concern has been integrated into the structure of existing environmental legislation. This is due to the circumstance that many of the classical disciplines of environmental protection or rather ecology simultaneously exercise positive repercussions for climate change and that a firm foothold can be provided for climate protection within the framework of existing legislation. Examples of this include the Federal Nature Conservation Act (BNatSchG), the Federal Building Code (BauGB) and a variety of regulations issued by the Federal Immission Control Act (BImSchG). There are now also a series of laws and regulations such as the Energy Saving Act (EEG) and the Energy Saving Ordinance, whose rulings make a specific contribution to climate protection, as well as the “Greenhouse Gas Emissions Trading Act” (TEHG). The Waste Management and Recycling Act also deserves a mention in this context, as it prescribes the fundamental prevention and reduction of wastes and the recycling of remaining waste residues.

The following discussion deals predominantly with planning-oriented stipulations, however, which are aimed equally at reducing climate change and also adjusting to it.

4.1 Immission Control Act

Despite advancing the fundamental polluter pays and precautionary principles, the “Act on the Prevention of Harmful Effects on the Environment Caused by Air Pollution, Noise, Vibration and Similar Phenomena” (or in short **BImSchG –Federal Immission Control Act**) does not have the same central significance for climate protection as it has established for environmental protection since 1974. The slightly unfortunately coined definition of air pollution as a “change in the natural composition of the air” is directed solely at air pollutants in the form of immissions. The so-called greenhouse gases of significance for climate change can only be very conditionally considered air pollutants, as the absence of biological toxicity generally means that they do not represent any direct health hazard to mankind, and in some

keine unmittelbare Gesundheitsgefahr für den Menschen darstellen und teilweise als natürliche Luftbestandteile vorhanden sind.

Im BImSchG werden u. a. die Zulässigkeit von Anlagen und Produkten durch Emissionsbegrenzungen geregelt, womit letztlich die Freisetzung klimaschädlicher Stoffe reduziert wird.

Der mit § 50 BImSchG formulierte Planungsgrundsatz, nach dem „bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen die für eine bestimmte Nutzung vorgesehenen Flächen einander so zuzuordnen sind, dass schädliche Umwelteinwirkungen auf die ausschließlich oder überwiegend dem Wohnen dienenden Gebiete sowie auf sonstige schutzbedürftige Gebiete soweit wie möglich vermieden werden“, dient zwar vorrangig der Nutzungstrennung im engen Sinne des Immissionsschutzes. Dennoch wird durch diese Forderung die planerische Begründung für unbebaute Abstandsflächen und Freiräume unterstützt.

4.2 Bauleitplanung (Baugesetzbuch)

Zur Verwirklichung der Ziele von Naturschutz und Landschaftspflege dienen im Rahmen der Bauleitplanung **Landschaftspläne und Grünordnungspläne**. Sie umfassen eine Bestandsaufnahme der natürlichen Gegebenheiten sowie der Nutzungsansprüche an das betreffende Gebiet. Zu den zu untersuchenden Naturpotenzialen zählen u. a. Klima und Lufthygiene. In diesem Sinne formuliert das **Bundesnaturschutzgesetz** in seiner novellierten Form vom 29.07.2009 unter § 1 Abs. 3 den Grundsatz: „Zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes sind insbesondere ...Nr.4) Luft und Klima auch durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege zu schützen; dies gilt insbesondere für Flächen mit günstiger lufthygienischer Wirkung wie Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete oder Luftaustauschbahnen; dem Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung insbesondere durch zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien kommt besondere Bedeutung zu.“

Die im Landschaftsplan enthaltenen Elemente werden in den Flächennutzungsplan eingearbeitet. Darstellungen im Landschaftsplan bzw. im Grünordnungsplan werden, soweit erforderlich und geeignet, in die Bebauungspläne aufgenommen

cases are present as natural components of the air.

The BImSchG regulates the admissibility of plants and products using factors such as emission limits, which in the final reckoning does reduce the release of substances damaging to the climate.

The planning principle formulated by article 50 BImSchG, according to which “in the case of regional planning projects and associated measures, the land earmarked for specific types of use shall be zoned in such a manner that harmful environmental effects on areas that are exclusively or predominantly used for residential purposes as well as on any other areas worthy of protection are kept to a minimum” primarily serves the primary purpose of separating land use within the narrow definition of immission protection. However, this requirement does support the planning-related justification for undeveloped distances and open spaces.

4.2 Development planning (Building Code)

Within the framework of development planning, **landscape and green space plans** are used as a way of implementing the objectives of nature and landscape conservation. These encompass an inventory of natural conditions in the relevant area and the claims made for its use. Natural phenomena examined by Land Use Planning include factors such as climate and air hygiene. With this aim in view, Article 1 para. 3 of the **Federal Nature Conservation Act** in its revised version dated July 29, 2009, formulates the following principle: “To sustainably ensure the efficiency and functional capability of the natural balance, in particular ...no. 4) the air and climate must be protected by nature and landscape conservation measures. This applies in particular to areas with a favourable effect on air hygiene such as areas producing fresh air and cold air, as well as air exchange corridors; special importance is attached to the development of a sustainable energy supply in particular through the increased use of renewable energies.”

The elements contained in the landscape plan are integrated into the Land Use Plan. Where necessary and suitable, representations in the landscape plan / green space plan are adopted

und durch entsprechende Festsetzungen rechtsverbindlich.

In § 1 Abs. 5 Satz 2 BauGB werden die Grundsätze und Ziele der Bauleitplanung formuliert. So wird u. a. die „Verantwortung für den allgemeinen Klimaschutz“ genannt. Ferner enthält § 1 Abs. 6 BauGB eine Liste der „besonders zu berücksichtigenden Belange“, wobei unter Nr. 7 „die Belange des Umweltschutzes, einschließlich des Naturschutzes und der Landschaftspflege“ hinsichtlich der im vorliegenden Zusammenhang interessierenden Punkte wie folgt konkretisiert werden:

- „(a) die Auswirkungen auf Tiere Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und das Wirkungsgefüge zwischen Ihnen sowie die Landschaft und die biologische Vielfalt,...
- (c) umweltbezogene Auswirkungen auf den Menschen und seine Gesundheit sowie die Bevölkerung insgesamt,...
- (d) umweltbezogene Auswirkungen auf Kulturgüter und sonstige Sachgüter,...
- (f) die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie,..."

Der gesetzliche Katalog zulässiger Festsetzungen in den Bebauungsplänen (§ 9 Abs. 1, Nrn.1 bis 26 BauGB) eröffnet effektive Möglichkeiten, um sowohl aus Sicht der Stadtklimatologie wie auch des Klimaschutzes entwickelte Postulate planerisch zu realisieren:

Mit der Festsetzung von Art und Maß der baulichen Nutzung (§ 9 Abs.1 Nr. 1) entscheidet sich z.B., ob Grund und Boden im Sinne des Klimaschutzes genutzt wird.

Für die „Grünausstattung“ städtischer Ballungsräume, für die Grün- und Freiflächenplanung mit Berücksichtigung der Sicherung von Kaltluftentstehungsgebieten und Frischluftschneisen sind die folgenden Festsetzungsmöglichkeiten von Bedeutung:

- Nr.10 die Flächen, die von Bebauung freizuhalten sind und ihre Nutzung,
- Nr.15 die öffentlichen und privaten Grünflächen, wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe,
- Nr.18 (a) die Flächen für Landwirtschaft und (b) Wald,
- Nr.20 die Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden,

in the development plans and become legally binding following the relevant designations.

Article 1 paragraph 5 sentence 2 of the Federal Building Code (BauGB) sets out the principles and aims of development planning, which include “responsibility for general climate protection”. In addition, Article 1 para. 6 of the code notes that “attention is to be paid in particular to” a number of concerns, including under no. 7, “the requirements of environmental protection through the use of renewable energy sources, nature protection and the preservation of the countryside”, detailing the following aspects of interest in relation to the points outlined above:

- “(a) the impact on animal and plant life, the soil, water, air, climate and the interaction between them as well as the landscape and biological diversity, ...
- (c) environmental repercussions on humans and their health, and on the population as a whole,....
- (d) environmental repercussions on cultural and other assets,...
- (f) utilization of renewable energy sources and the economical and efficient use of energy,..."

The statutory category of designations which may be admissibly listed in development plans (Art. 9 para. 1, nos.1 to 26 BauGB) opens up a range of effective possibilities for the implementation of principles developed from the aspect of urban climatology and of climate protection:

The designation of the type and degree of building and land use (Art. 9 para.1 no. 1) determines, for instance, whether the land is utilized with due consideration to climate protection.

Also of significance are the following possible designations admitted by the Code in relation to the creation of green spaces in urban conurbations, providing scope for the planning of green areas and open spaces with due consideration of areas for cold air generation and fresh air corridors:

- No.10 spaces to be kept free from built development, with their use
- No.15 public and private green spaces, such as parks, allotment gardens, sports grounds and playgrounds, camping sites and bathing areas, cemeteries
- No.18 (a) agricultural land and (b) woodland,
- No.20 measures for the protection, conservation

Natur und Landschaft,
Nr.25 (a) das Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern und sonstige Bepflanzungen
(b) Bindungen für Bepflanzungen und für die Erhaltung von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen sowie von Gewässern.

Mit § 9 Abs. 1 Nr. 23 besteht die Möglichkeit, Gebiete festzusetzen, in denen

- a) zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes bestimmte Luft verunreinigende Stoffe nicht oder nur beschränkt verwendet werden dürfen,
- b) bei der Errichtung von Gebäuden bestimmte bauliche Maßnahmen für den Einsatz erneuerbarer Energien wie insbesondere Solarenergie getroffen werden müssen.

In diesem Sinne, nämlich die Nutzung erneuerbarer Energien, etwa zur Versorgung ganzer Wohnquartiere weiter zu entwickeln, besteht auch die Option, auf der Grundlage von §9 Abs.1 Nr. 1 BauGB (Art und Maß der baulichen Nutzung, vgl. oben) Sondergebiete mit besonderer Zweckbestimmung (gem. § 11 Abs. 2 Baunutzungsverordnung) festzusetzen.

and development of topsoil, of the natural environment and of the landscape,
No.25 (a) planting of trees, shrubs and greenery of any other kind
(b) obligations relating to planting and to the preservation of trees, shrubs and greenery of any other kind and of water bodies.

Article 9 para. 1 no. 23 opens up the possibility of determining areas in which

- a) certain polluting substances may not be used or their use may be restricted in order to protect against harmful environmental impact as defined by the Federal Immission Control Act,
- b) certain structural measures for the use of renewable energies such as, in particular, solar energy must be undertaken when constructing buildings.

To this end, in other words further development of the utilization of renewable energy sources, for instance to supply whole residential districts, Article 9 para. 1 no. 1 of the Building Code (the type and degree of building and land use) also opens up the option of designating areas earmarked for special purposes (as per Art. 11 para. 2 Federal Land Use Ordinance)

5. Grün in der Stadt

Mit der Grünplanung bzw. Grünflächenpolitik wird diejenige stadtklimatische und klimaschützende kommunale Maßnahme angesprochen, die sich in jeder Hinsicht als die Erfolg versprechendste erweist.



Durchgrünte Stadtlandschaft

Die Anlage von Grün- und Freiflächen fördert gleichermaßen Attraktivität und Stadtklima.

Die stadtklimatisch günstigen und zugleich das Klima schützenden Eigenschaften von Grünflächen in der Stadt können wie folgt zusammengefasst werden:

- Vegetationsflächen binden aufgrund ihres Stoffwechsels das Treibhausgas CO₂, bevor dieses bei Verrottungs- oder Verbrennungsprozessen wieder freigesetzt wird. Auf diese Weise wird die CO₂-Bilanz der Erdatmosphäre durch die Vegetation erheblich stabilisiert.
- Die von der Vegetation erzeugte Biomasse, besonders in Form von Holz sorgt als nachwachsender Rohstoff für die Verfügbarkeit so genannter regenerativer Energie. Darüber

5. Urban green

Green belt policy and green space planning are the most promising areas of municipal influence in respect of their impact on urban climatology and climate protection.

Green urban landscape

The provision of green areas and open spaces benefits the urban climate and the appeal of the city in equal measure.

The characteristics of green spaces in the city which benefit both climate protection as a whole and also help to improve the urban climate may be summarized as follows:

- Because of their metabolic activity, areas of vegetation bind the greenhouse gas CO₂, before it is released again by the rotting or burning process. In this way, vegetation exerts a significant stabilizing effect on the CO₂ balance in the earth's atmosphere.
- The biomass created by the vegetation, particularly in the form of wood, provides a renewable raw material allowing the provision of so-called

hinaus ist Holz ein hochwertiger Baustoff, dessen Bedeutung im Zusammenhang umweltbewussten Bauens wieder zunimmt. Aus dem Begriff der „nachwachsenden Rohstoffe“ folgt jedoch unmittelbar auch die Verpflichtung, für das Nachwachsen dieser „Stoffe“ durch Anpflanzungen Sorge zu tragen, da andernfalls bzgl. der eingesparten CO₂-Freisetzung eine Hypothek auf die Zukunft aufgenommen wird.

- Grünflächen wirken als Platzhalter und schließen auf diese Weise andere Nutzungen aus, die sich aufgrund ihrer klimarelevanten Emissionen nachteilig auf den Klimaschutz auswirken, nämlich Gebäude, Anlagen (auch Gebäudeheizungen) und Straßen. Dieser an sich triviale Zusammenhang dürfte jedoch die Hauptursache dafür sein, dass Grünflächen im Siedlungsraum als Senken der CO₂-Freisetzung zu betrachten sind.
 - Im Falle niedriger und weniger dichter Vegetation fördern Grünflächen die Ventilation des Siedlungsraumes, was Minderung der Schadstoffbelastung sowie Abbau von Wärmestau und thermischer Belastung bedeutet, insbesondere bei Hitzeperioden. Die Förderung der Ventilation ergibt sich sowohl durch die Eigenschaft von Grünflächen als Hindernisfreiflächen zum Aufleben der im Stadtgebiet ansonsten stark verminderten Windgeschwindigkeit beizutragen als auch durch ihre Eigenschaft als Kaltluftentstehungsgebiete thermisch induzierte lokale Windsysteme wie nächtliche Flurwinde, Hangabwinde und Bergwinde in Gang zu setzen und als Frischluftschneisen zu wirken.
 - Im Falle hoher und dichter Vegetation werden die Windverhältnisse dahingehend beeinflusst, dass eine Minderung der hohen, bei Stürmen auftretenden Geschwindigkeiten im Sinne eines wirksamen Windschutzes gegeben ist. Auch wenn die wirtschaftlichen Schäden durch Windbruch in den stadtnahen Wäldern zu bedauern sind, kann durch dieses Opfer Schaden an der Bausubstanz des Siedlungsraumes abgewendet werden. Wälder erzeugen ebenfalls nächtliche Kaltluft, jedoch mit geringerem Abkühlungsbeitrag als Wiesen und Grasland. Ihr großer Nutzen für die Ausbildung von Frischluftströmen ist lufthygienischer Art, indem Luftschadstoffe, insbesondere Staub, gefiltert werden, wobei die große Blattoberfläche des belaubten Waldes ein entsprechend großes Luftvolumen zu kühlen und zu reinigen im Stande ist. Im Hinblick auf die für den Klimawandel entworfenen Szenarien
- renewable energy. Wood is also a high-quality building material whose significance is on the rise again with the increasing popularity of environmentally conscious building methods. The concept of “renewable raw materials” brings with it a commitment to ensure that these “materials” are indeed renewed by reforestation: Failure to do so would mean storing up a debt for the future in terms of released CO₂.
 - Green spaces serve as place-keepers, and in this way eliminate other uses which could impact negatively on climate protection due to potential emissions of relevance for the climate, in other words buildings, plant and equipment (such as heating systems for buildings) and roads. What may appear to be a trivial connection may well be the main causal factor for green spaces in built-up areas being viewed as a sink for the release of CO₂.
 - Where lower-level and less dense vegetation exists, green spaces also promote ventilation within built-up areas. This in turn reduces exposure to pollutants and dissipates the build-up of heat and thermal stress, in particular during periods of extreme heat. Improved ventilation is brought about in this case both by the fact that green spaces are free of obstacles and so promote increased wind speeds which are otherwise substantially reduced in built-up areas, and also because they promote the generation of cold air through thermally induced local wind systems such as ground wind and downslope winds and so act as fresh air corridors.
 - Where vegetation is higher and denser, the wind conditions are affected to the extent that they reduce the high wind speeds occurring during storm activity, so providing an effective wind shield. Although the economic damage of trees felled by high winds in woodlands close to the city may be regrettable, this sacrifice does allow damage to the substance of buildings to be averted in built-up areas. Forests also generate cold air at night, although they cool to a lesser degree than meadows and grassland. The main benefit they produce for the creation of fresh air currents relates to air hygiene, due to the filtration of air pollutants, in particular dust, as the large leaf surface of leafy forests is capable of cooling and cleaning a correspondingly high volume of air. As far as the different climate change scenarios are concerned, woodland plays a major role in terms

kommt dem Wald große Bedeutung hinsichtlich des Schutzes gegen Bodenerosion als Folge von Starkniederschlägen und Stürmen zu.

- Die Temperatur senkende Bedeutung von Vegetationsflächen kann mit der engen Korrelation zwischen dem thermischen Wirkungskomplex einer Ansiedlung und dem dort realisierten Versiegelungsgrad aufgezeigt werden:

Nach Bründl et al. (1986) steigt der langfristige Mittelwert der Lufttemperatur im Baugebiet nach Vollzug aller Baumaßnahmen je 10% Versiegelungsgrad um ca. 0,2 Grad über die Lufttemperatur der unbebauten Umgebung. Bei Strahlungswetterlagen erhöht sich je 10% Versiegelungsgrad die mittlere Tagesmitteltemperatur um 0,3 bis 0,4 Grad, das mittlere Tagesmaximum um ca. 0,3 Grad und das mittlere Tagesminimum der Lufttemperatur um 0,5 bis 0,6 Grad. Damit ist gezeigt, dass die Grünausstattung der Stadt bzw. der unversiegelte Flächenanteil dem urbanen Wärmeinseleffekt entgegenwirkt.

- Grundsätzlich mindern Grünflächen als Versickerungs- und Retentionsflächen die Folgen von Starkregen und Überschwemmungen; sie unterstützen somit entsprechende Maßnahmen des Siedlungswasserbaus. Unentbehrlich sind Grünflächen für die Grundwasserneubildung, ein Gesichtspunkt, der zum Überleben ganzer Ökosysteme in Zeiten großer Dürre beitragen kann.
- Nicht unerwähnt bleiben darf der soziale Nutzen des öffentlichen und privaten Grüns in der Stadt. Parks und Gärten helfen, das Zusammenleben der Menschen in städtischen Verdichtungsräumen zu verbessern. Die damit verbundenen Freizeitaktivitäten und die Möglichkeit stadtnaher Erholung wirken Flächen und Energie zehrender Stadtflucht entgegen. In diesem Zusammenhang ist auf den Ursprung von Schrebergärten sowie auf die Volksparkbewegung hinzuweisen.

Je nach Art und Zweckbestimmung von Grünflächen soll im Folgenden ihre klimatische Wirksamkeit typisierend behandelt werden. Dabei sind jedoch immer auch Ausnahmen denkbar, da bei einer typisierenden Darstellung spezielle Fallgestaltungen, beispielsweise Pflegezustand und flächenhafte Ausdehnung der Objekte unberücksichtigt bleiben müssen.

Dazu kommt, dass sich die lebende Pflanze ständig verändert, d. h. sie keimt, wächst, hat Ruhe-

of protection against soil erosion as a result of heavy rainfall and storms.

- The temperature-sinking significance of areas of vegetation may be demonstrated by the close correlation between the thermal effect complex of a settlement and the degree of soil capping which has taken place there.

According to Bründl et al. (1986), the long-term mean air temperature value in a built-up area following completion of all planned building measures for each 10% degree of capping rises by around 0.2 degrees over the air temperature of the undeveloped surroundings. In clear weather conditions with direct sun radiation, per 10% degree of soil capping, the mean daily average air temperature rises by 0.3 to 0.4 degrees, the mean daily maximum by 0.3 degrees and the mean daily minimum air temperature by 0.5 to 0.6 degrees. This provides clear evidence that the existence of vegetation in cities / uncapped areas of the soil serves to counteract urban heat islands.

- On principle, as percolation and retention surfaces, green spaces reduce the impact of heavy rain and floods, taking on a supporting role in the management of urban water systems. Green spaces are indispensable for the reformation of ground water, a factor which can effect the survival of whole eco systems in times of severe drought.
- The social benefits of public and private green spaces in cities should also not pass unmentioned. Parks and gardens help to improve the cohabitation of people in densely populated urban conurbations. The associated leisure activities and the scope they offer for relaxation and recuperation within easy reach serve to counteract the space and energy wasting effects of the mass exodus from the city of people seeking relaxation elsewhere.

Depending on the type and intended purpose of green spaces, their climatic effectiveness will be dealt with in the following by categorization according to type. Exceptions to these categorizations are always conceivable, as this kind of type analysis cannot, by its nature, take into account special case scenarios such as the condition and expanse of the different spaces.

An added problem is that the living plant stock is continuously changing, in other words it germinates,

und Vegetationsperioden, wirft das Laub ab oder behält es viele Jahre, altert und stirbt schließlich. Vor diesem Hintergrund ist es nachvollziehbar, wenn man versucht, durch eine wie auch immer definierte „Pflanzen-Mengen-Zahl das Verhältnis von Vegetation zur Fläche des betrachteten Grundstücks darzustellen. Dies führt zum Beispiel der „Phytomassenzahl (PMZ)“ nach Scherer (1973), an der das Prinzip der Pflanzenmengenberechnung (Phytomasse) in der Form einer Hierarchie der Vegetationsformen abgelesen werden kann. Damit soll die ökologische Leistungsfähigkeit der genannten Vegetationsformen beschrieben werden (z. B. Staubfiltereffekt, Verdunstung, Windschutz, Schattenspende). Es dürfte nichts dagegen sprechen, den Aspekt der ökologischen Leistungsfähigkeit der Vegetation zugleich auch für die Beurteilung der klimaschützenden Wirkung (CO₂-Aufnahme) heranzuziehen.

5.1 Wald

Waldflächen stellen ein komplexes Ökosystem dar, das wegen seiner vielfältigen Nutzfunktionen und wegen seiner Bedeutung für die Umwelt - insbesondere für die dauernde Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, für das Klima, den Wasserhaushalt, die Reinhaltung der Luft, die Bodenfruchtbarkeit, das Landschaftsbild, die Agrar- und Infrastruktur sowie die Erholung der Bevölkerung - unter dem Schutz des Bundeswaldgesetzes steht. Damit sollen seine Erhaltung und Mehrung sowie seine ordnungsgemäße Bewirtschaftung nachhaltig gesichert werden.



Wald – viele Nutzfunktionen unter einem Blätterdach

Forest – an array of useful functions under a single leafy canopy

grows, goes through dormant and vegetative periods, drops its leaves or keeps them over many years, ages and finally dies. Against this background there have been varied attempts to represent the ratio of vegetation to surface area using some kind of “plant quantity factor”. One such result was the “phytomass coefficient (PMZ)” devised by Scherer (1973), using the principle of plant quantity calculation (phytomass) deducted in the form of a hierarchy of vegetation types. The intention is to allow the ecological efficiency of the given vegetation types to be described (for instance dust filtration effect, evaporation, wind protection, shading). There is no reason why the aspect of ecological efficiency of different types of vegetation cannot be used as a method for assessing their climate protecting effect (CO₂ absorption).

5.1 Forests

Forested areas represent a complex eco system which, due to its varied beneficial functions and its significance for the environment – in particular for the continued efficiency of the eco system as a whole, for the climate, water management, air purification, soil fertility, the landscape, agriculture and infrastructure as well as its role as a place of relaxation and regeneration for the population – is protected by the Federal Forestry Preservation Act. This protection is intended to ensure that the forests are maintained and extended and to provide for proper and sustainable forest management.



Fachliche Grundlage dafür sind Waldfunktionskartierungen, die in Baden-Württemberg in das Jahr 1975 zurückreichen und seitdem von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt mehrfach überarbeitet und fachlich fortgeschrieben wurden, aktuell 2008/2009.

In den Darstellungen des Flächennutzungsplanes wird zwischen den nicht bewirtschafteten und bewirtschafteten Waldflächen (Forstflächen) nicht unterschieden.

Im Hinblick auf eine klimaschützende Funktion dürfte den Forstflächen die größere Bedeutung zukommen als etwa Bannwäldern. Wälder stellen nämlich vor allem im Wachstum bzw. nach der Anpflanzung oder Rekultivierung eine reale Kohlenstoffsенке dar, während alter Baumbestand zur CO₂-Reduzierung weniger beiträgt. Insofern sind Aufforstungen im Bereich von Acker- und Grünlandflächen sowie der Begrünung von Brachflächen für die Kohlenstoffbindung und Speicherung und somit für den Klimaschutz besonders wichtig.

In Stuttgart entfallen 23,6% der Stadtkreisfläche von 207 km² auf Wald, womit ein beachtlich positiver Beitrag zur CO₂- Bilanz geleistet wird. Da nur 0,4% des Stadtgebietes Ödland sind, besteht für Neuaufforstungen hingegen nur wenig Spielraum. Der Klimaschutz muss sich deshalb bzgl. des Waldes auf dessen langfristige Erhaltung bzw. Wiederaufforstung nach Einschlägen beschränken.

Da der Wald unter gesetzlichem Schutz steht und Forstbehörden die entsprechenden Belange wahrnehmen, hat die Siedlungsentwicklung in Stuttgart keine größeren Waldverluste verursacht, wenn man von verschiedenen begrenzten Eingriffen für Bauvorhaben (z. B. Fasanenhof-Ost, EnBW-Ansiedlung) oder Stadtbahntrassierungen (Trasse der U 15, Ruhbank – Stelle) absieht.

Eingriffe in den Waldbestand haben sich auch aus dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherungspflicht ergeben. Es besteht diesbezüglich ein großes forstliches Interesse, den Waldtrauf und damit die Kontaktfläche zwischen dem Waldbestand und anderen Nutzungen, insbesondere Verkehrswegen so kompakt wie möglich zu gestalten und eventuelle durch Astbruch verursachte Konflikte zu vermeiden.

Weitere Probleme für den Wald ergeben sich aus dem Erholungsdruck, den die Einwohner eines städtischen Ballungsraumes ausüben und der das Ökosystem Wald erheblich zu schädigen vermag.

The factual basis for this is forest site mapping, which stretches back in Baden-Württemberg to as long ago as 1975, and which has been revised and extended by the Forestry Research Agency on several occasions, the last being 2008/2009.

The Land Use Plan no longer distinguishes between unmanaged and managed woodlands (forests). In respect of their climate protection effect, greater significance is attached to forests than to other types of wooded area such as small protected strips of woodland. Woods represent a real carbon sink primarily in the growth phase / after planting or recultivation, while old tree stocks make a lower contribution towards reducing CO₂. To this extent, the reforestation of agriculturally used land and grassland and greening fallow land are of particular importance for binding and storing carbon, and so for their contribution towards climate protection.

Woodland accounts for 23.6% of Stuttgart's total 207 km² area. This exerts a significant positive impact on the town's carbon footprint. As wasteland accounts for only 0.4% of the city's total area, however, the scope for reforestation is minimal. Consequently, forestry-related climate protection measures are restricted to ensuring long-term preservation of the city's existing woodlands and a program of reforestation following felling.

As woodland is protected by law and forestry authorities are rigorous in defending it from attack, settlement-related development has not resulted in any appreciable loss of woodlands in Stuttgart, apart from a number of restricted cases of encroachment in favour of building projects such as the Fasanenhof-Ost industrial estate, ENBW high-rise residential settlement or laying tracks for the city railway (track U 15 between Ruhbank and Stelle).

Cases of encroachment into established forest stocks have occurred out of the city's legal duty to maintain safety. As a result, there is a major incentive from the forestry view point to keep forest borders and consequently the interface between forest stocks and other land uses, in particular transport routes, as compact as possible and to avoid any possible conflict caused by falling boughs.

Other problems besetting the city's woodlands are caused by pressure from the recreational use which is particularly prevalent in urban conurbations, and which has the potential to cause considerable damage to the forest ecosystem.

Da sich im Rahmen der Energiewende hin zum Klimaschutz der Einsatz von Holz als nachwachsender Brennstoff zunehmender Beliebtheit erfreut und insbesondere auch eine preiswerte Alternative darstellt, muss von einem großen wirtschaftlichen Interesse ausgegangen werden, diesen steigenden Bedarf durch vermehrten Holzeinschlag zu decken. Dem steht der Grundsatz entgegen, dem Wald nie mehr Holz zu entnehmen als nachwachsen kann. In diesem Zusammenhang darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Baden-Württembergische Forstverwaltung in kommunale Zuständigkeit übergegangen ist. Die Zukunft wird zeigen, ob die Befürchtung von Umweltverbänden berechtigt ist, wonach wirtschaftliche Gründe bzw. die kommunale Haushaltssituation künftig einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung entgegenstehen könnten.

Im Hinblick auf die Minderung von Auswirkungen des Klimawandels kommt dem Waldbestand, insbesondere den zahlreichen Hangwäldern Stuttgarts die wichtige Funktion zu, Bodenerosion als Folge von Starkregenfällen zu verhindern und den Abfluss von Niederschlagswasser in die tieferen Lagen der Stadt zu mindern und damit Überschwemmungen zu verhindern.

Der Klimawandel bedeutet für die Nachhaltigkeit forstlichen Handelns eine große Herausforderung, da bereits heute Entscheidungen zu treffen sind, die sich unter den Umweltbedingungen der nächsten 80 bis 100 Jahre bewähren müssen. Temperaturerhöhung und Sommertrockenheit verschlechtern die Wuchsbedingungen vor allem für die Fichte, die als schnellwüchsige Holzart wirtschaftliche Vorteile bietet, jedoch gegenüber Sturm, Trockenheit und Schädlingsbefall anfällig ist. So bedeutet eine Zunahme der Sturmhäufigkeit von nur 1% bei Fichten eine Zunahme des Anbaurisikos von 10%. Die Umwandlung von Fichtenbeständen in Laubwald kann jedoch nicht unmittelbar durch Aufforstung entsprechender Kahlschläge erfolgen. Forstliches Handeln zielt darauf ab, einen gesunden, gegen äußere Einflüsse widerstandsfähigen Wald zu erhalten bzw. zu entwickeln. Dieser soll naturnah sein, ökologische Vielfalt aufweisen, eine hohe Erholungseignung haben und dazu eine wirtschaftliche Holzproduktion ermöglichen.

As the use of timber as a renewable fuel is enjoying increasing popularity with the energy revolution and changing attitudes to climate protection, and also represents a low-cost alternative, it must be assumed that great economic interest exists in supplying this growing demand by increased timber felling. This is in direct contradiction to the principle that more timber should never be removed from the forests than can be replaced with new growth. It should be mentioned in this context that the Forestry Commission of Baden-Württemberg has now been moved under the jurisdiction of the municipality. Only time will confirm or refute the fear expressed by environmental pressure groups that economic motivations / the constraints of the municipal budget situation could compromise sustainable forest management in the future.

In terms of reducing the impact of climate change, forest stocks, and particular Stuttgart's many hillside forests, fulfil the important function of preventing soil erosion as a result of heavy rainfall, reducing the flow of precipitable water to the lower reaches of the city and so preventing flooding.

Climate change poses a major challenge for the sustainability of forest management, as already today, decisions need to be taken which will have to be effective under the environmental conditions of the next 80 to 100 years. Rising temperatures and summer droughts impair the growth conditions, particularly for instance for the spruce. As a fast-growing timber species, the spruce offers economic benefits but is at the same time susceptible to storms, drought and pest infestation. Consequently, an increase of just 1% in the frequency of storms would increase the risk attached to cultivating spruce by 10%. It is, however, not possible to convert spruce stocks into deciduous forest directly by clear cutting and reforestation. The aim of forest management is to maintain or develop healthy woodlands capable of resisting damaging outside influences. These should be as close to nature as possible, demonstrate ecological diversity, be suitable for recreational use and also permit economical timber production.

5.2 Landwirtschaftlich genutzte Flächen

Im Flächennutzungsplan Stuttgarts finden sich Darstellungen von

- Allgemeinen Flächen für die Landwirtschaft, z. B. Ackerflächen (9,6 % der Gemarkungsfläche) und Rebland (1,9 % der Gemarkungsfläche),
- Flächen für Landwirtschaft mit Ergänzungsfunktionen, z. B. Erholung, Klima, Wasser, Boden oder Flora/Fauna sowie
- Landwirtschaftliche Betriebe im Außenbereich (Erwerbsgartenbau und Glashäuser).

Allen Flächen gemeinsam ist, dass sie der stadtnahen Produktion von Nahrungsmitteln und Zierpflanzen dienen. Kurze Transportwege helfen Energie einzusparen und garantieren krisensichere Versorgung der Bevölkerung. Auch bedeutet der mit landwirtschaftlicher Nutzung verbundene Vegetationsbestand eine echte CO₂-Senke, wozu noch der Platzhalter-Effekt gegenüber klimaschädlichen Nutzungen tritt. Schließlich gilt der allen Vegetationsflächen zuzuordnende Vorteil, den Abfluss des Regenwassers insbesondere bei Starkniederschlägen zu reduzieren und über die Versickerungsmöglichkeiten zur Grundwasserbildung beizutragen.



5.2 Agriculturally used spaces

Stuttgart's Land Use Plan includes an indication of

- General spaces used for agriculture, such as arable land (9.6 % of the territory) and vineyards (1.9 % of the territory),
- Spaces for agriculture with supplementary functions such as recreation, climate, water, soil or flora and fauna, as well as
- Outdoor agricultural businesses (horticulture, greenhouse cultivation).

What all these spaces have in common is that they produce food and ornamental plants locally. Short transportation distances help to save energy and guarantee a crisis-proof supply of provisions to the local population. In addition, the vegetation stock associated with agricultural use also provides a real CO₂ sink, as well as providing a space-keeping effect which restricts the expansion of land uses with detrimental effects on the climate. And finally, here too the benefit attributable to all spaces given over to vegetation applies in that it impedes the flow of rainwater, in particular as a result of heavy rainfall, and contributes towards the formation of ground water by encouraging percolation.



Ackerland auf den Höhen über dem Neckartal

Arable land on the uplands above the Neckar valley

Schließlich geht von den landwirtschaftlichen Flächen in vielen Fällen eine für die stadtnahe Erholung bedeutsame Freiraumfunktion aus, was gegebenenfalls die o. g. Darstellung einer Ergänzungsfunktion rechtfertigt. Bezüglich des damit verbundenen Klimaschutzaspektes ist auf die Reduzierung von Freizeit- bzw. Ausflugsverkehr hinzuweisen.

Die für das Stuttgarter Neckartal typischen Weinberge sind für die Ausbildung des dortigen Hangklimas mit seinen nächtlichen Hangabwinden maßgeblich. Diese sind in austauscharmen Strahlungsnächten ein willkommener Belüftungsbeitrag, der die Minderung sommerlichen Hitzestresses bewirkt.

Andererseits bedarf der mit diesen Darstellungen verbundene Nutzen für den Klimaschutz einer differenzierten Beurteilung:

Die Kultivierung von Blumen und Gemüse in Gewächshäusern ist wegen des damit verbundenen Energieeinsatzes aus Sicht des Klimaschutzes als bedenklich einzustufen. Die Glashauslandschaften stellen mit ihrer versiegelten Erdoberfläche bebauten Gebiet ohne ökologischen Nutzen dar, wobei freilich die niedrigen Bauwerkshöhen die Windströmung weniger beeinflussen als reguläre Gebäude.

Die maschinelle Bearbeitung der Ackerflächen erfolgt keinesfalls emissionsfrei, zumal Landwirtschaftsmaschinen als Arbeitsgeräte keinen Abgasgrenzwerten unterworfen sind. Im Hinblick auf den Klimaschutz steht hier die CO₂-Emission im Mittelpunkt, wobei auch auf die Bedeutung von Verrottungs- und Kompostierungsvorgänge hinzuweisen ist. Im Gegensatz zu früheren Jahrhunderten, werden heutzutage in Deutschland keine Acker- oder Viehzuchtflächen mehr durch Rodung von Wäldern hinzugewonnen; eher gehen landwirtschaftliche Flächen als Bauland verloren, so dass die Erträge durch intensive Bewirtschaftung kleinerer Flächen erzielt werden müssen. Dies bedingt umfangreichen Maschineneinsatz und damit zusammenhängend, aber auch durch Überdüngung bedingte Bodenschutzprobleme, was im Zusammenhang mit dem Klimawandel fatale Folgen für die Erzeugung von Nahrungsmitteln haben kann.

Auch mit der Intensiv-Tierhaltung sind Klimaschutz-Probleme verbunden, insbesondere durch die energieintensive Erzeugung von Futtermitteln.

Die Arbeitsgebiete Stadtklimatologie und Klimaschutz werden deshalb vermehrt darauf hinwirken,

And finally, agriculturally used spaces frequently offer a significant opportunity for the enjoyment of open spaces close to the city. Where applicable, this usage justifies the depiction in the Land Use Plan as an area with a supplementary function. In terms of the associated climate protection impact, the resulting reduction in the volume of leisure and excursion traffic should be mentioned.

The vineyards which are a characteristic feature of Stuttgart's Neckar valley play an authoritative role in formation of the hillside climate in these areas and their nightly downslope winds. On clear nights with minimal exchange of air, these provide a welcome contribution to ventilation and help to counteract heat stress in the summer months.

However, in terms of their effect on climate protection, a differentiated assessment is required regarding the areas represented on the plan by this type of land use:

Because of the use of energy associated with the cultivation of flowers and vegetables in greenhouses, as far as climate protection is concerned this land use must be categorized as questionable. Because greenhouse landscapes cap the soil surface, they must be classed as built-up areas without ecological benefit, although it is certainly true to say that the low height of the structures does not impact on wind flow in the same way as regular buildings.

The use of agricultural machinery on arable land certainly produces emissions, particularly considering that as industrial equipment, agricultural machinery does not fall under any exhaust emission restrictions. As regards climate protection, the focus here is on CO₂ emissions, notably caused by rotting and composting processes. In contrast to former centuries, today additional arable or grazing land is no longer acquired by eradicating woodland; it is rather the case that agriculturally used areas are lost to building development. This means that yields have to be achieved by high-intensity cultivation of smaller areas, which gives rise to the extensive use of machinery. This, together with excessive fertilization, produces soil conservation problems, which in conjunction with climate change can have fatal consequences for food production.

Factory farming is also associated with climate protection problems, in particular due to the energy-intensive production of fodder.

The fields of urban climatology and climate protection are consequently working increasingly

dass der zu Lasten der traditionellen Landwirtschaft erfolgende Flächenverbrauch eingedämmt wird und der Fortbestand von „Bauernland“ gewährleistet bleibt. Im Zusammenhang mit Großprojekten wie Flughafen- und Messe-Erweiterung auf den Fildern steht damit eine Konfliktsituation im Raum.

5.3 Grünflächen

Zu den Grünflächen im Sinne der Bauleitplanung zählen

- Parkanlagen und Landschaftsparks
- Sonstige Grünflächen mit Angabe der Zweckbestimmung (z. B: Waldheim)
- Sportflächen
- Freibäder
- Friedhöfe
- Dauerkleingärten
- Kleintierzuchtanlagen
- Jugendfarmen/Aktivspielplätze
- Zelt- und Campingplätze
- Grünkorridore und Grünnetzungen durch Siedlungsbereiche hindurch
- Grünanierungsbereiche
- und Gartenhausgebiete

Die oben zusammengefassten das Klima schützenden Funktionen sind hier - mit wenigen Ausnahmen - als gegeben zu betrachten. Ausnahme dürften verschiedene Sportstätten sein, die sich durch einen großen Versiegelungsgrad, umfangreiche bauliche Anlagen und ökologische Armut hervorheben. Wenn man sich beispielhaft ein Fußball-Stadion oder einem Golfplatz vor Augen führt, wird deutlich, dass oft ein Kriterium besonders deutlich hervorsticht.



towards containing land degradation at the expense of traditional farming methods and guaranteeing the continued existence of traditional "farmland".

This gives rise to a conflict situation vis-à-vis large-scale projects such as the airport expansion and new trade fair grounds on the Filder plain.

5.3 Green spaces

Green spaces as defined by Land Use Planning include

- Public parks and gardens
- Other green spaces with an indicated purpose (such as Waldheim)
- Recreation and sports grounds
- Open-air swimming pools
- Cemeteries
- Permanent allotments
- Pet breeding centres
- Petting farms/adventure playgrounds
- Camp sites
- Green corridors and green networks through built-up areas
- Green remediation areas
- Allotments for the construction of garden chalets

The climate protecting functions summarized above may be considered fulfilled here with only a few exceptions. These would include certain types of sports facilities whose extensive soil capping, widespread use of buildings and ecological poverty should be mentioned. If we consider for instance a football stadium or golf course, one of these criteria is often clearly in evidence.



Innerstädtische Parkanlage – Rekreation für Stadtluft, Klima und Mensch

Inner city park – recreational benefit for the city air, climate and the human population

Andere der Grünflächen werden ebenfalls durch bauliche Anlagen und Versiegelung bzw. Erschließungsanlagen aus klimatischer Sicht stark abgewertet (z. B. Freibäder, Campingplätze, Gartenhausgebiete, Kleintierzuchtanlagen). Zu Gunsten dieser Pseudo-Grünflächen sollte jedoch berücksichtigt werden, dass deren bauliche Nutzungsmaße i. d. R. weit unterhalb der sonst im Stadtgebiet realisierten Werte liegen und eine vergleichsweise umfangreiche Grünausstattung gegeben ist.

Zudem entsprechen diese Nutzungen der Bedürfnislage vieler Menschen, die auf diese Weise ihre Freizeit gestalten und sich stadtnah erholen können. Dadurch wird die intakte Naturlandschaft z. B. stadtnahe Wälder und Gewässer vom Freizeitdruck entlastet; auch werden Fahrten ins Umland der Stadt vermieden.

5.3.1 Kleingärten

Kleingärten sind ökologisch und sozial nützlich sowohl für die Allgemeinheit in Form von Auflockerung und Durchgrünung von Stadtquartieren als auch für die Nutzer dieser Gärten.

Wie bei früheren Bauerngärten oder Arbeitergärten kann durch den Anbau von Obst und Gemüse zur preiswerten und Ressourcen schonenden Nahrungsmittelversorgung beigetragen werden. In Zeiten hoher Arbeitslosigkeit bedeutet dies nicht nur eine wirtschaftliche Entlastung der betreffenden Haushalte, sondern auch das Vorhandensein sinnvoller Betätigungsmöglichkeiten.



Kleingärten als Orte sinnvoller Freizeitaktivität

Allotments as an outlet for productive leisure activity

Other green spaces are often severely devalued from the climatic viewpoint by building development, soil capping surfaces and other facilities (for instance open-air swimming pools, camp sites, allotments, animal breeding facilities). However, a point in favour of this type of pseudo green space is the fact that their degree of building usage is generally far lower than the values applicable overall in urban areas and that they provide a comparatively extensive greening effect.

In addition, the described usages do satisfy a demand for a large proportion of the population who use these facilities in which to spend their leisure time close to the city. This helps relieve pressure on unspoilt natural landscapes such as local forests and waterways and avoids additional travel to the city's outlying areas.

5.3.1 Allotments

Allotments provide an ecological and social benefit for the public as a whole, as they help to break up the cityscape with a welcome greening effect, as well as the direct benefit for the individuals who use them.

In keeping with the original function of allotments, the cultivation of fruit and vegetables can make a contribution towards providing a low-cost, low-resource food supply. In periods of high unemployment, this provides not only economic relief for affected households but also a profitable and worthwhile pastime.



5.3.2 Friedhöfe

Der klimatisch relevante Wert von Friedhöfen liegt in ihrer Einbindung in den Siedlungsraum, den sie quasi als Oasen der Natur auflockern. Auch hier spielen die Gesichtspunkte stadtnaher Erholung in Ruhe sowie die Möglichkeit innerer Einkehr eine wichtige Rolle, zumal diese Funktion durch Gesichtspunkte der Pietät wie sonst nirgends unterstützt wird. Friedhöfe besitzen zudem eine gewisse Infrastruktur (z. B. Toilettenanlagen) und sind durch den ÖPNV erschlossen, was insbesondere ältere Menschen zu schätzen wissen.



Friedhöfe, Oasen der Ruhe und inneren Einkehr in der Hektik der Stadtlandschaft

5.3.3 Grünkorridore und Grünvernetzungen

Grünkorridore und Grünvernetzungen sind als Planungsziele des Landschaftsplanes für bebauten Bereiche zugleich wichtige Bausteine stadtklimagerechter Planung. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass kleine Grünflächen für sich alleine betrachtet in Bezug auf Ihre Umgebung nur eine geringe Fernwirkung ausüben, was dem sog. Oaseneffekt geschuldet ist:

Wegen des im wärmeren überbauten Gebiet verminderten Wasserdampf-Partialdruckes stellt sich zur feuchteren und kühleren Umgebung der Grünfläche ein starker Dampfdruckgradient ein, was als sog. Oaseneffekt am Rande des bebauten Gebietes die Lufttemperatur geringer ansteigen lässt und gleichzeitig die Verdunstung im benachbarten feuchteren Gebiet erhöht. Insofern übt städtische Bebauung, in die eine Grünfläche eingebettet ist, eine nachteilige „Fernwirkung“ auf die Grünfläche aus. (Eine Oase kann die Wüste

5.3.2 Cemeteries

The value of cemeteries as regards their climatic relevance lies in their integration in the fabric of the city, creating natural oases and breaking up the cityscape. Here too, the aspects of local recreation and quiet introspection play an important role, particularly given that nowhere else these needs are accorded the same aspect of reverence. Cemeteries also possess a certain infrastructure (such as lavatory facilities) and are linked into the public transport network, a factor much appreciated by older members of the population.



Cemeteries, oases of peace and introspection amid the bustle of the cityscape

5.3.3 Green corridors and green networks

As planning objectives outlined by the Land Use Plan for built-up areas, green corridors and green networks constitute important elements of planning for optimization of the urban climate. This aspect takes due account of the fact that small green spaces in isolation have only a minimal remote impact in respect of their environment, for which the so-called oasis effect is to blame:

Due to the reduced water vapour partial pressure which exists in warmer built-up areas, a marked so-called vapour pressure gradient sets in relative to the damper and cooler surrounding green space. Known as the oasis effect, this causes the air temperature to rise to a lesser degree on the edge of the built-up area and at the same time increases evaporation in the neighbouring damper area. To this extent, urban development in which there is an isolated island of green space exerts a disadvantageous "remote effect" on the green space, by the

nicht befeuchten; umgekehrt jedoch wird die Wüste die Oase austrocknen.)

Diese Überlegung soll jedoch die Temperatur senkende Bedeutung von Vegetationsflächen nicht schmälern, wobei auf die oben dargestellte enge Korrelation zwischen dem thermischen Wirkungskomplex einer Ansiedelung und dem dort realisierten Versiegelungsanteil zu verweisen ist.

Im Falle von Grünstreifen, Grünkorridoren und Grünnetzungen ist außer der einfachen Summationswirkung zur Erhöhung des unversiegelten Flächenanteils auch eine positive Fernwirkung zu Gunsten angrenzender Stadtquartiere gegeben, sofern die entsprechenden Grünachsen mit den bevorzugten Bahnen des Luftaustausches korrespondieren und eine starke Verzahnung mit dem Siedlungsbereich als Wirkungsraum erreicht wird. Auf diese Weise können Frischluftschneisen bewahrt oder entwickelt werden, denen hier als Stuttgarter Besonderheit ein gesondertes Kapitel gewidmet wird.

same token that an oasis cannot provide the desert with moisture, but conversely the desert can dry out the oasis.

However, this consideration does not in any way detract from the temperature-sinking importance of vegetation areas. Reference is made in this context to the above described correlation between the thermal interaction of a thermal effect complex of a settlement and the degree of soil capping which has taken place there.

In the case of green belts, corridors and networks, apart from the simple summation effect of increasing the proportion of uncapped ground, in addition a positive remote effect is achieved benefiting adjacent city districts, provided the relevant green axis coincides with the preferred air exchange pathways, and interlocks with the built-up area. In this way fresh air corridors can be maintained or developed. A special chapter is dedicated to this phenomenon as a special feature of Stuttgart.

6. Frischluftschneisen

Als natürliche Grünzüge bieten sich topographische Strukturen wie Bach- und Wiesentäler an, die gleichzeitig bevorzugte Durchlüftungsbahnen darstellen. Als deren bedeutendste Repräsentanten können in Stuttgart das Nesenbachtal, das Feuerbacher Tal, das Lindenbachtal und das Rohracker Talsystem gelten. Diese von störenden baulichen Eingriffen freizuhalten, bedarf es keiner schwierigen Überzeugungsarbeit, zumal Gesichtspunkte des Landschafts- und Naturschutzes die stadtklimatischen Argumente unterstützen. Letzteres war in ganz besonderem Maße bei den Diskussionen zur Erhaltung des Streuobstwiesen-Gebietes Greutterwald (Stuttgart-Weilimdorf) der Fall.

Die Weichenstellung zu Gunsten unverbauter Frischluftschneisen erfolgt im Rahmen des Flächennutzungsplanes, wobei sich die zu entwickelnden Strukturen bereits im übergeordneten Regionalplan in Form der dort wiedergegebenen Grünzüge und Grünzäsuren abbilden.

Wichtige Grünzüge und Grünzäsuren verlaufen in Stuttgart u. a. zwischen den Siedlungsbereichen der Stadtbezirke Vaihingen und Möhringen (Roher Weg), zwischen Sillenbuch und Heumaden (Schwende), in Bad Cannstatt im Bereich der Gebiete Espan und Kreutelstein, in Untertürkheim entlang des Dietbachtals, in Feuerbach im Gebiet Schelmenäcker.

Frischluftversorgung und Minderung thermischer Belastungen sind die Gewichte in der Waagschale, die gegenüber den Bestrebungen nach Siedlungserweiterung und Baulandgewinnung auszubalancieren ist. Den Ausschlag sollten letztlich die zu erwartenden Folgen des Klimawandels geben, der die bekannten Wirkungen des Stadtklimas weit übertreffen wird. Derzeit liegt in Stuttgart die Temperatur erhöhende Wirkung des Klimawandels noch im gleichen Bereich wie der urbane Wärmeinsel-Effekt (0,9 Grad höhenkorrigierte Jahresmittel-Übertemperatur der Innenstadt).

Die Zielsetzung, kleinräumige Luftaustauschprozesse durch die Erhaltung bzw. Schaffung von Grünnetzungen zu fördern, kann durch die im Folgenden dargestellten zurückliegenden Beispiele aus der Stuttgarter Planungspraxis verdeutlicht werden:

6. Fresh air corridors

Topographic structures such as stream and meadow valleys provide natural green belts which at the same time represent preferred pathways for ventilation. These are most notably represented in Stuttgart by the Nesenbachtal valley, Feuerbacher Tal valley, the Lindenbachtal valley and the Rohracker valley system. Keeping these free of encroachment by buildings does not necessitate a great deal of persuasion, given that aspects of landscape and nature conservation also support the urban climatology arguments. This joint argumentation featured predominantly in the debate surrounding conservation of the Greutterwald orchard district (Stuttgart-Weilimdorf).

The course is set in favour of retaining undeveloped fresh air corridors within the framework of the Land Use Plan, in which the structures to be developed are already set out in the overriding regional plan by the depicted green belts and green divides.

In Stuttgart, important green belts and green divides stretch for instance between the built-up settlement areas of the Vaihingen and Möhringen districts (Roher Weg), between Sillenbuch and Heumaden (Schwende), in Bad Cannstatt in the area of the Espan and Kreutelstein districts, in Untertürkheim along the Dietbachtal valley, and in Feuerbach in the Schelmenäcker district.

The supply of fresh air and reduction of thermal stress on the one side of the scale must be weighed up against endeavours to provide additional housing and acquire building land on the other. It is likely to be the anticipated impact on climate change which will tip the balance, as this will exceed by far the known effects on urban climate. The temperature elevating effect of climate change is currently still on a par in Stuttgart with the urban heat island effect (mean annual excess temperature in the inner city corrected upward by 0.9 of a degree).

The objective of promoting small-scale air exchange processes by conserving or creating green networks can be illustrated by the following past examples of planning practice in Stuttgart:

6.1 Gebiet Unterer Grund (Stuttgart-Vaihingen)

Der auf der Filderplatte gelegene nord-nordöstliche Ortsrand von Vaihingen fällt in Form einer Stufenlandschaft zum Ortsteil Kaltental ab. Dieser Übergang von den Lias-Schichten der Filderhochfläche zur Stuttgarter Bucht umfasst die ganze Schichtenfolge des Keupers vom Gipskeuper bis zum Rhätsandstein. Im Bereich des Gebietes Unterer Grund findet dieser Übergang von der Filderplatte in Form eines Nesenbachzuflusses, des Elsental, statt. Dieses mündet in Kaltental von links bzw. von Westen her in das topographisch dominierende, südwest-nordost-orientierte Tal des Nesenbaches ein. Die beschriebene Höhenstufe zwischen den Fildern und der Stuttgarter Bucht sowie das Vorhandensein Kaltluft produzierender Flächen auf den Fildern im Einzugsgebiet des Nesenbaches bilden die Gegebenheiten, auf welchen das große, die Innenstadt nächtlich belüftende thermisch induzierte Berg- und Talwind-system beruht.

Die Orientierung des Nesenbaches in Südwest-Nordost-Richtung bewirkt eine Kanalisierung der klimageographisch ohnehin häufigsten Windrich-

6.1 Unterer Grund district (Stuttgart-Vaihingen)

The north-north-eastern outskirts of Vaihingen located on the Filder plain drop down to the Kaltental district in the form of a stepped landscape. This transition from the lias stratum which forms the Filder plain to the Stuttgart lowland takes in the entire Keuper strata sequence from the Gipskeuper or middle stratum as far as the rhaet sandstone. In the Unterer Grund area, this transition from the Filder plain takes the form of a tributary of the Nesenbach stream in the Elsental valley. In Kaltental, this flows from the left, i.e. from the west, into the topographically dominant southwest to north-east aligned Nesenbachtal valley. The described drop in altitude between the Filder plains and the Stuttgart lowland, and the existence of cold air-producing surfaces on the Filder plain in the drainage basin of the Nesenbachtal valley together create the circumstances which produce the main thermally induced mountain-valley wind system which ventilates the inner city at night.

The southwest-northwest alignment of the Nesenbach valley serves to channel what is in any case the most frequent wind direction in terms of climate

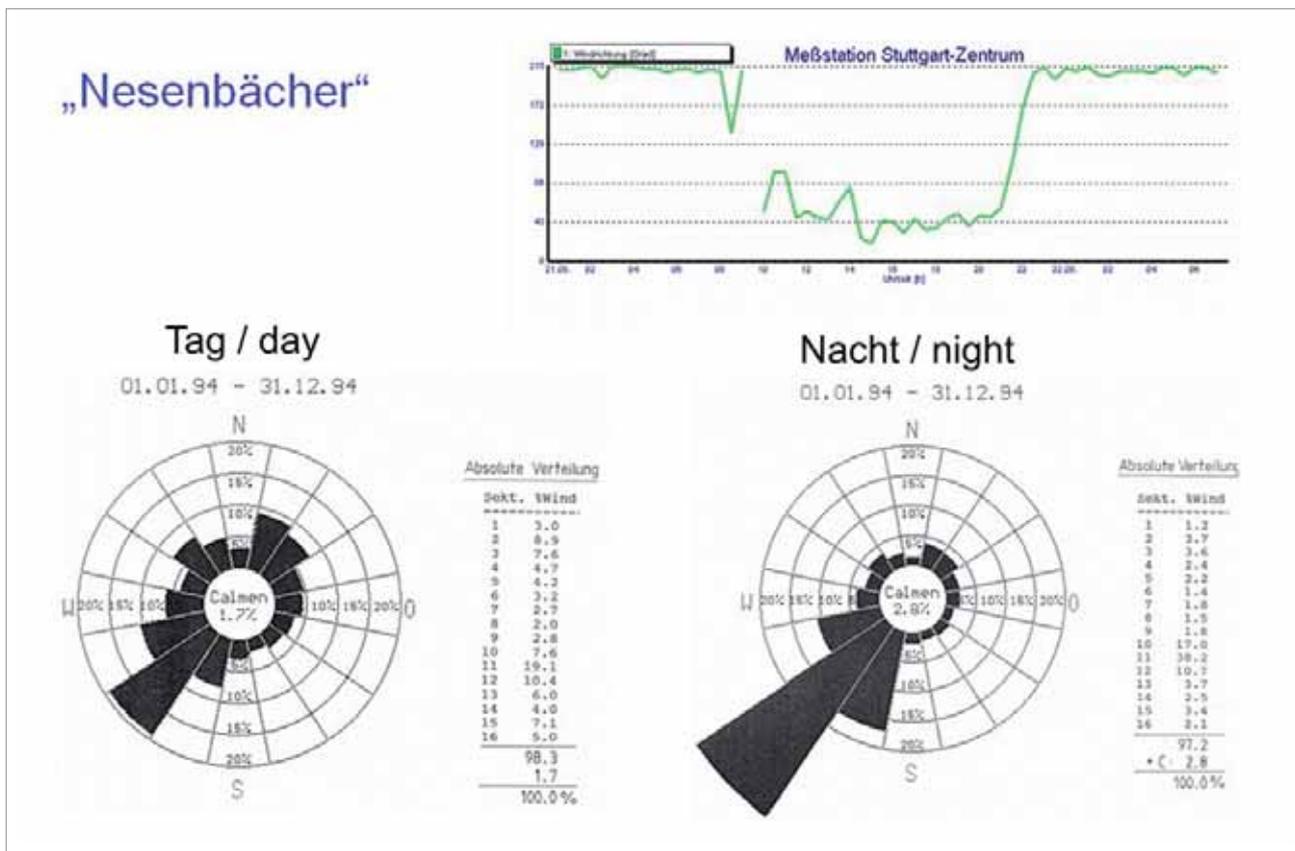


Das Nesenbachtal bei Heselach (Blick vom Fernsehturm zum Birkenkopf)

The Nesenbach valley near Heselach (view from the television tower to Birkenkopf)

tung. Dieser Ventilationsbeitrag des Nesenbachtals wird durch häufigen nächtlichen Kaltluftabfluss bzw. den sich daraus speisenden Bergwind noch verstärkt, so dass der entsprechende Windrichtungssektor in der Stuttgarter Innenstadt tagsüber mit rd. 20 % Häufigkeit und nachts mit rd. 40 % Häufigkeit in Erscheinung tritt und die Bedeutung des Nesenbachtals als Frischluftschneise begründet. Für den Klimaschutz geht es dabei vor allem um die thermische Ausgleichsfunktion zu Gunsten der Innenstadt.

geography. This contribution towards ventilation of the Nesenbach valley is reinforced by the frequent nightly cold air downflow / the mountain wind which feeds from it, resulting in a situation in which the relevant wind direction sector in Stuttgart's inner city occurs with around 20% frequency during the day and around 40% frequency at night, justifying the significance of the Nesenbach valley as a fresh air corridor. From the climate protection viewpoint, the most important aspect here is the thermal balancing function in favour of the inner city.



Windstatistik vom Schwabenzentrum (Stuttgart-Mitte) mit tagesperiodischer Windrichtungshäufigkeit als Hinweis auf nächtlichen Kaltluftabfluss (Bergwind)

Wind statistics from Schwabenzentrum (Stuttgart city centre) showing wind direction frequency at different periods during the day as an indication of nightly cold air downflow (mountain wind)

Vor diesem Hintergrund sind die Randbereiche des Nesenbachtals und dessen Einzugsgebiet von großem stadtklimatischen Interesse, das sich in Einwänden gegen die erweiterte bauliche Inanspruchnahme dortiger Grün- und Freiflächen manifestiert. Bei dem für die Ansiedlung eines Weltunternehmens der Computerbranche ausgewählten Gebiet Unterer Grund konnten sich die Stadtklimatologen mit ihrer Auffassung nicht durchsetzen, dass durch bauliche Freihaltung der Hangzone der Kaltluftabfluss in das Elsental und

Against this background the peripheral areas of the Nesenbach valley and its drainage basin are of great urban climatological interest which is manifested in the form of substantiated objections to extended building usage of green and open spaces existing in this area. In the case of the area known as Unterer Grund chosen as the preferred location for settlement of a global computer corporation, the urban climatologists were unable to assert their viewpoint that the downflow of cold air into the Elsental valley and consequently the function of the

damit die Funktion der Frischluftschneise Nesenbachtal unterstützt werden sollte. Da die Abteilung Stadtklimatologie auch der kommunalpolitischen Alternative einer Flächennutzungsplan-Änderung mit Darstellung von Wohnbaufläche nicht zu folgen vermochte, blieb die Forderung einer Nichtbebauung schließlich unberücksichtigt. Es sollte lediglich noch zur Frage nach der Art und Weise einer künftigen Bebauung des Unteren Grundes Stellung bezogen werden. Eingehende Besichtigungen des Geländes und seiner Umgebung, insbesondere aber die Durchführung abendlicher Rauchnebelversuche führten dann doch zur Empfehlung, die Masse der geplanten Bauvorhaben so weit wie möglich in der Mitte des geplanten Baugebietes zu konzentrieren und dafür im Norden (beim Johannesgraben) und Süden (in Verlängerung des Vaihinger Friedhofes entlang der Bodensenke bei der Paradiesstraße) Freiflächen unbebaut zu belassen.

Nesenbach valley fresh air corridor should be supported by keeping the hillside zone free of buildings. As the Section of Urban Climatology was not in a position to pursue the alternative local government route of a change to the Land Use Plan showing residential building areas, the recommendation not to develop the site was not taken into consideration. The experts were requested only to submit a statement on the issue of the type and method of future development on the Unterer Grund site. Detailed inspections of the territory and its surroundings, and in particular the execution of evening smog tests resulted in a recommendation that the bulk of the planned building measures be concentrated as far as possible to the centre of the envisaged building site, while to the north (near the Johannesgraben ditch) and south (as an extension of the Vaihingen cemetery along the hollow by Paradiesstraße), open spaces should be left free of development.



***Kaltluftabfluss über freigehaltene Ventilationsachse, Unterer Grund, Stuttgart-Vaihingen
Quelle Luftbildaufnahme: Stadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, 2003***



***Cold air downflow along the ventilation axis left free of buildings at Unterer Grund, Stuttgart-Vaihingen
Aerial photo courtesy of: City of Stuttgart, Office of City Planning and Urban Renewal, 2003***

Damit waren die Schwerpunkte des örtlichen Kaltluftabflusses zum Elsental hinab bezeichnet. Als Herkunftsbereich der Kaltluft ergab sich der Büsnauer Wiesenrain, von wo aus die sich dort wegen extremer nächtlicher Abkühlung ansammelnden Kaltluftmassen auf unterschiedlichen Wegen zur Stuttgarter Bucht abfließen.

Durch diese Empfehlung für die Baumassenverteilung im Unteren Grund konnte ein Kompromiss hergestellt werden zwischen den Bauabsichten einerseits und den Belangen des lokalen Luftaustausches andererseits. Im Übrigen konnte die geplante Gewerbeansiedlung auf Grund geänderter Pläne des Investors nicht realisiert werden,

This described the focal points of the local cold air downflow to the Elsental valley. The area of origin of the cold air proved to be Büsnauer Wiesenrain. From here the cold air mass which collects as a result of extreme night-time drops in temperature flows down using different channels to the Stuttgart lowlands.

As a result of this recommendation for distribution of the building volumes on the Unterer Grund site, it was possible to obtain a workable compromise between the building intentions on the one hand and the interests of the local exchange of air on the other. In actual fact, a change of plans by the investors meant that the planned industrial settlement

wobei als Ergebnis einer notwendigen Umplanung STEP (Stuttgart Engeneering Park) entstanden ist.

was not implemented. Instead, following a necessary replanning process, the Stuttgart Engineering Park (STEP) was constructed.



Freigehaltene südliche Ventilationsachse (Kaltluftschneise) im Gebiet Unterer Grund, Stuttgart-Vaihingen

Southern ventilation axis (cold air corridor) kept free of buildings in the Unterer Grund area, Stuttgart-Vaihingen

6.2 Gebiet Schelmenäcker (Stuttgart-Feuerbach)

Im Gebiet Schelmenäcker in Stuttgart Feuerbach ging es um die Schaffung einer ausgedehnten Wohnbaufläche im Bereich einer zum Ortszentrum hin auslaufenden Hangzone des bewaldeten Lembergs. Die Wohnbaufläche sollte mittig durch eine den Hang hinaufführende Straße erschlossen werden. Von der Hangzone wäre ein 7 m breiter Streifen als Straßenbegleitgrün unbebaut geblieben.

Aus Sicht der Stadtklimatologie wurde im Rahmen von Bedenken und Anregungen zur Planung vorgebracht, dass der vorgesehene 7 m breite Pflanzstreifen keine stadtklimatisch sinnvolle Aufgabe erfüllen könne, wenn es darum ginge, die natürliche Landschaft des Höhenzuges Lemberg mit dem dicht bebauten Ortszentrum Feuerbachs zu

6.2 Schelmenäcker district (Stuttgart-Feuerbach)

In the Schelmenäcker area of Stuttgart Feuerbach, plans were presented for the extension of an existing residential building area near a hillside zone reaching down from the woodland-covered Lemberg mountain to the centre of the town. The plans envisaged development through the corridor leading up to the hillside. A strip just 7 metres wide would have remained undeveloped from the hillside zone in the form of roadside greenery.

During the course of the planning deliberations, the urban climatological viewpoint was put forward that the 7 m wide planted strip would not be capable of fulfilling any useful urban climatological function in terms of interlocking the natural landscape of the Lemberg range of hills with the densely developed town centre of Feuerbach. It was



*Gliederung der Wohnbaufläche Schelmenäcker durch Grünzäsur, Stuttgart-Feuerbach
Quelle Luftbildaufnahme: Stadt Stuttgart, Stadtmessungsamt, 2009*

*Structure of the Schelmenäcker residential building area separated by a green divide, Stuttgart-Feuerbach
Aerial photo courtesy of: City of Stuttgart, Surveying Office, 2009*



Grünzäsur im Gebiet Schelmenäcker, Stuttgart-Feuerbach

Green divide in the Schelmenäcker area, Stuttgart-Feuerbach

verzahnen. Nur durch Freihaltung einer ca. 100 m breiten Grünstreifen würde die Voraussetzung bestehen, dass sich klimaökologische Ausgleichsleistungen vom Lemberg-Gebiet auf den Wirkungsraum der Ortsmitte übertragen. Speziell wurde auf die Möglichkeit des Luftaustausches durch schwache nächtliche Hangabwinde als Folge bodennahen Kaltluftabflusses hingewiesen.

Die vorgetragenen stadtklimatischen Argumente fielen seitens der Stadtplanung auf fruchtbaren Boden und hatten schließlich ein vollkommen geändertes Baukonzept zur Folge. Dieses wurde nun in Form zweier durch eine breite Grünstreifen voneinander getrennte Bauinseln realisiert, die jeweils von ihren Außenrändern her und nicht mehr zentral über die Hangzone erschlossen werden. Die Abbildungen zeigen das Ergebnis des geänderten Flächennutzungskonzeptes sowie die Nutzung der gewonnenen Grünfläche. Diese wertet nicht nur die umgebenden Wohnlagen auf, sondern übernimmt auch eine auf die Ortsmitte übergreifende klimatische Funktion.

6.3 Gebiet Espan (Stuttgart–Bad Cannstatt)

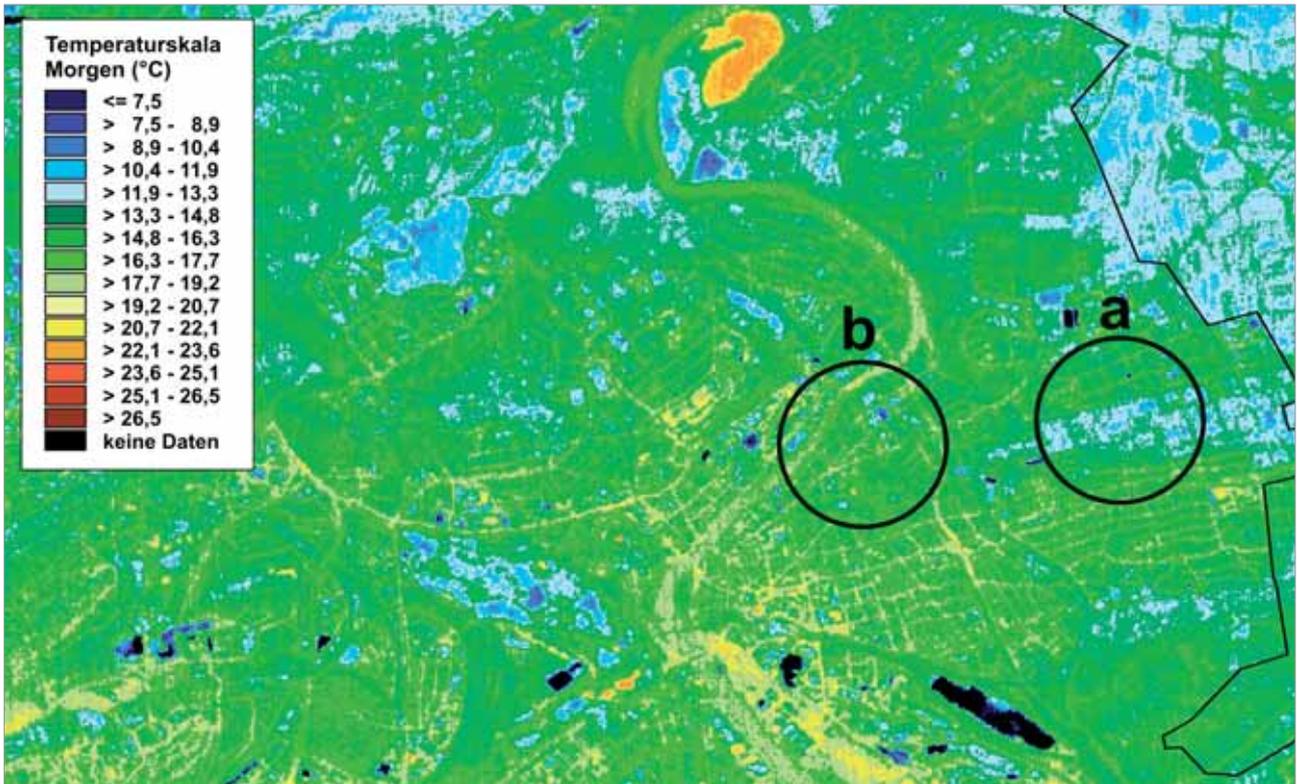
Im Zusammenhang mit der Aufstellung des Flächennutzungsplanes 1990 wurde seitens der Stadtplanung eine umfassende Darstellung der stadtklimatischen Verhältnisse Stuttgarts für erforderlich gehalten. Um flächenhaft verdichtete Aussagen zu ermöglichen, wurde erstmals die Methode der Infrarot-Thermographie-Messflüge für das gesamte Stadtgebiet angewandt. Damit bestand die Möglichkeit, geplante Nutzungsdarstellungen im stadträumlichen Zusammenhang beurteilen zu können. Im Mittelpunkt des Interesses standen insbesondere Nutzungserweiterungen, die geeignet waren, im Bereich der Siedlungsränder nachteilige strukturelle Veränderungen mit einer ungünstigen Neuverteilung des Verhältnisses von bebauten zu unbebauten Flächen herbeizuführen. Auch galt es, bei der Freiraumgestaltung Planungsvorhaben angrenzender Nachbargemeinden zu berücksichtigen. Auf diese Weise war der östlich an den Kurpark von Bad Cannstatt angrenzende und sich bis zur Markungsgrenze zu Fellbach erstreckende Freiraum Espan in das Visier der Stadtplaner geraten, wobei dort wegen des günstigen Nahverkehrsanschlusses (S-Bahn-Station Sommerrain) ursprünglich die Darstellung gewerblicher Baufläche beabsichtigt war.

only by maintaining a green divide of around 100 m in width that it would be possible to create the conditions in which the climatic and ecological balancing function of the Lemberg area could be able to impact effectively on the town centre. In particular, the urban climatology experts highlighted the possibility of air exchange due to weak night-time downslope winds as the result of a cold air downflow close to the ground.

The urban climatological arguments put forward fell on receptive ears in the urban planning department, and finally resulted in a completely changed development concept. This was then implemented in the form of two separate development islands, each developed outward from their outer boundaries instead of centrally across the hillside zone and separated by a wide green divide. The illustrations show the result of the changed land use concept and also the use made of the green space created by the changed plan. This not only upgrades the surrounding residential areas, but also assumes a climatic function which impacts positively on the town centre.

6.3 Espan district (Stuttgart–Bad Cannstatt)

In connection with compilation of the 1990 Land Use Plan, the urban planning department concluded that a comprehensive representation of urban climatological conditions in Stuttgart was required. To allow concise, extensive statements to be made, for the first time infrared thermography was carried out by an aircraft over the entire city. This opened up scope for allowing planned land use representations to be evaluated in an urban geographic context. Interest focussed particularly on extended land uses which could potentially bring about detrimental structural changes at the edges of settlements in terms of the unfavourable redistribution of the ratio of developed to undeveloped surfaces. Another aim was to allow the planning projects of adjacent neighbouring communities to also be taken into consideration in the planning of free spaces. It was as a result of this initiative that the open space known as Espan bordering onto the east of the Bad Cannstatt spa park and stretching as far as the district boundary to Fellbach came to the attention of the town planners. This area had originally been earmarked as commercially used building land due to its favourable local public transport connections (city railway station Sommerrain).



Infrarot-Thermographie Stuttgart, 30. Aug. 2005, 04:10 – 05:12 Uhr, Durchführung: Spacetec Steinicke & Streifeneder Umweltuntersuchungen GbR, Freiburg (a) Gebiet Espan (b) Kurpark und Kursaalanlagen, Stuttgart-Bad Cannstatt

Infrared thermographic image of Stuttgart, 30th Aug. 2005, 04:10 – 05:12 a.m., Taken by: Spacetec Steinicke & Streifeneder Umweltuntersuchungen GbR, Freiburg (a) Espan district (b) Spa park and spa centre, Stuttgart-Bad Cannstatt



Grünachse Gebiet Espan, Stuttgart-Bad Cannstatt Quelle Luftbildaufnahme: Stadt Stuttgart, Stadtmessungsamt, 2003

Green axis in the Espan district, Stuttgart-Bad Cannstatt Aerial photo courtesy of: City of Stuttgart, Surveying Office, 2003

Die Auswertung der Infrarot-Thermographie führte zur Erkenntnis, dass mit dem Freiraum des Gebietes Espan ein Paradebeispiel für die Verzahnung des unverbauten Ortsrandes mit den Grünflächen der dicht bebauten Innenstadt Bad Cannstatts gegeben ist. Bis in die Cannstatter Altstadt hinein konnte im infraroten Wärmebild die Temperatur erniedrigende Wirkung der kombinierten Grünschneise auf den mit dichter Bebauung verbundenen Wärmeinsel-Effekt aufgezeigt werden. Dabei übernimmt der Grünzug Espan die Funktion eines Bindegliedes zu klimatisch bedeutenden Freiraumelementen des Umlandes, hier zum Schmiedener Feld und dem Gebiet des Kappelberges. Diese Struktur fördert die Frischluftzufuhr zu Gunsten der Ortsmitte Cannstatts, so dass hier auftretende lufthygienisch-klimatische Belastungen vermindert werden.

6.4 Gebiet Greutterwald (Stuttgart–Weilimdorf)

Im Norden Stuttgarts besteht mit der ausgedehnten Streuobstwiese Greutterwald ein markantes Naturschutzgebiet gleichen Namens. Die Umstände dieser naturschutzrechtlichen Unterschutzstellung sind eng verbunden mit kontrovers diskutierten Überlegungen, dieses Gebiet im Flächennutzungsplan 1990 als Wohnbaufläche darzustellen.

Evaluation of the infrared thermographic image brought to light the fact that the free space provided by the Espan district offered up a model example of interlocking between the undeveloped city outskirts and the green spaces in the densely developed Bad Cannstatt town centre. The temperature-reducing effect of the combined green corridors on the heat island associated with the area of dense development is evident right into the old quarter of Canstatt. Here, the Espan green belt takes over the function of a link to climatically significant open space elements of the surrounding countryside, in this case the Schmiedener Feld and Kappelberg district. This structure promotes the influx of fresh air to benefit the Cannstatt town centre, improving air hygiene and climate quality.

6.4 Greutterwald district (Stuttgart–Weilimdorf)

In the extensive Greutterwald orchard to the north of Stuttgart is a striking nature reserve of the same name. The circumstances surrounding the legal background to this conservation order are closely linked with a controversial debate surrounding proposals to depict this area as earmarked for residential development in the 1990 Land Use



Streuobstwiese heutiges Naturschutzgebiet Greutterwald

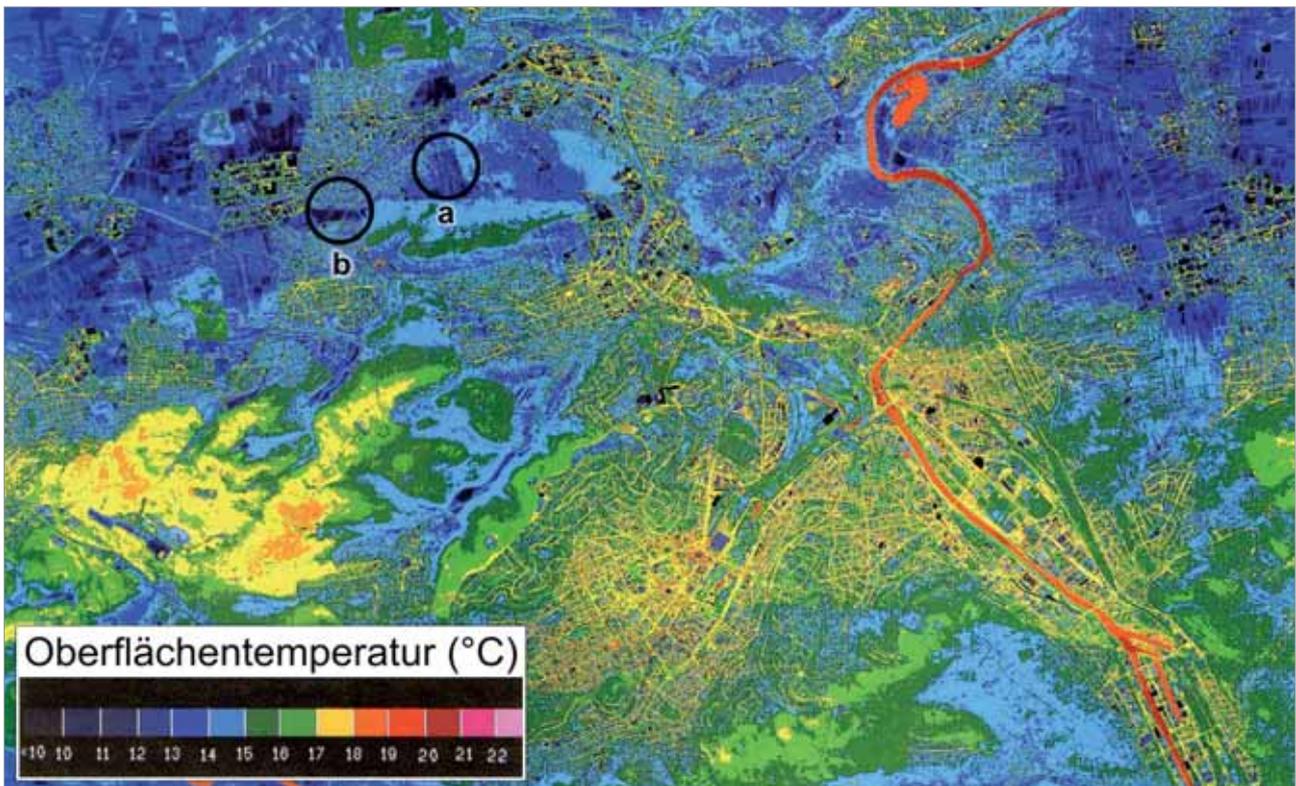
Orchard area of what is now the Greutterwald nature reserve

Die Befürworter einer solchen Planung traten unermüdlich für alle nur erdenklichen Arten einer Greutterwald-Bebauung ein, während sich im gleichen Maße für die Planungsgegner die Belange des Naturschutzes immer deutlicher abzuzeichnen begannen. Somit haben letztlich die Aktivitäten zugunsten von Wohnbaufläche das Gebiet Greutterwald in den Focus des Naturschutzes gerückt und die Unterschützstellung erheblich beschleunigt – ein Zusammenhang der bei diesem bemerkenswerten Triumph der Naturschützer nicht unerwähnt bleiben darf.

Die Erhaltung der Streuobstwiese Greutterwald als unbebautes Gebiet wurde seitens der Stadtklimatologie argumentativ voll unterstützt, was aus einem entsprechenden Beitrag zur naturschutzrechtlichen Würdigung des Gebietes hervorgeht (Naturschutzgebiet Greutterwald, herausgegeben vom Regierungspräsidium Stuttgart und der Landeshauptstadt Stuttgart 1984). Auch hier besteht die Situation einer Grünverbindung mit einer weiteren stadtklimatisch bemerkenswerten Fläche, nämlich der sog. Reisachmulde, die sich westlich vom Tachensee über die Solitudeallee hinweg bis

Plan. Those in favour of this plan were indefatigable in their attempts to pitch for every conceivable type of development in Greutterwald, while for those in opposition were equally concerned to voice their growing concerns on behalf of nature conservation. Activities undertaken to promote residential building development on the site brought the attention of the nature conservation lobby sharply into focus, and accelerated the process of placing the area under a nature conservation order. This remarkable achievement of nature conservation protagonists should not go unmentioned.

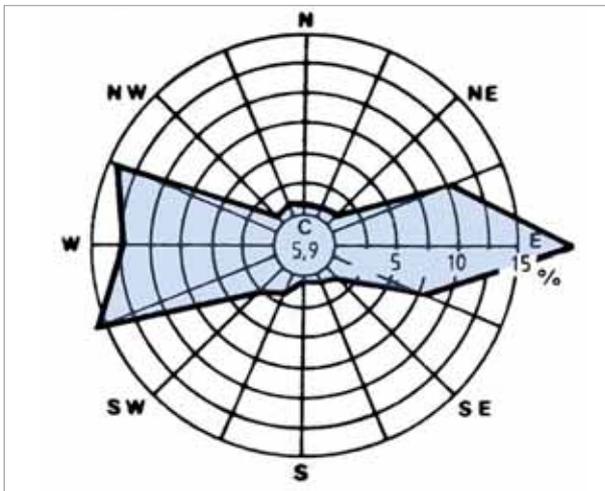
The urban climatology viewpoint was fully in support of protecting the Greutterwald orchard, as demonstrated by the part it played in acknowledging the credentials of the area as a site worthy of a nature conservation order (Greutterwald Nature Reserve, published by Regierungspräsidium Stuttgart and State Capital Stuttgart in 1984). Also in this case, the situation entailed a green connection with another area of urban climatological note, a site known as Reisachmulde. This stretches to the west from the Tachensee Lake across Solitude-



Infrarot-Thermographie Stuttgart ,19. Aug.1988, 03:30 – 05:30 Uhr, Durchführung: Spacetec Steinicke & Streifeneder Umweltuntersuchungen GbR, Freiburg (a) Gebiet Greutterwald; (b) Reisachmulde in Stuttgart-Weilimdorf

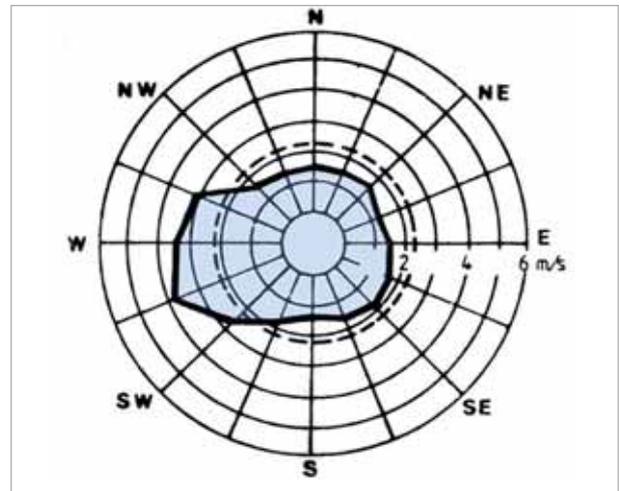
Infrared thermograph of Stuttgart ,19th Aug.1988, 03.30 – 05.30 a.m., Taken by: Spacetec Steinicke & Streifeneder Umweltuntersuchungen GbR, Freiburg (a) Greutterwald district; (b) Reisachmulde in Stuttgart-Weilimdorf

Windrosen in Stuttgart-Weilimdorf (Mähdachstraße, 1982 - 1984)

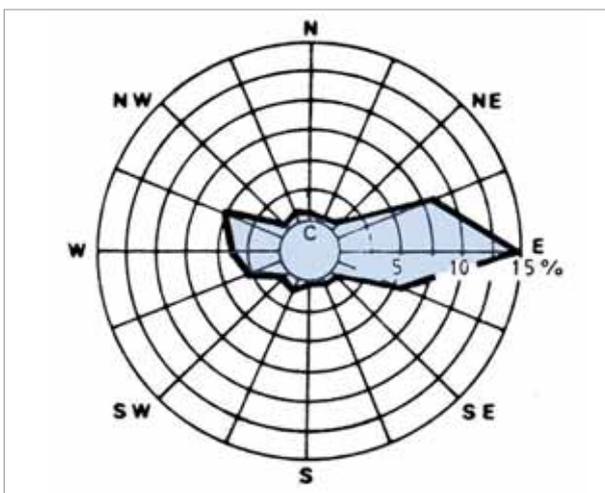


Häufigkeitswindrose (%), > 0,5 m/s
Frequency wind rose (%), > 0.5 m/s

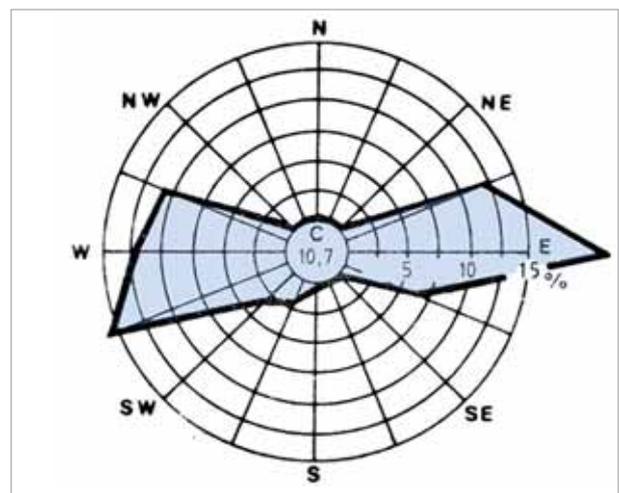
Wind roses in Stuttgart-Weilimdorf (Mähdachstraße, 1982 - 1984)



Stärkewindrose (m/s), - - - Gesamt-Mittelwert 2,3 m/s
Force wind rose (m/s), - - - Overall mean value 2.3 m/s



Schwachwindverteilung (%), > 0,5 - 2,0 m/s
Low wind distribution (%), > 0.5 - 2.0 m/s



Nachtwindverteilung (%), > 0,5 m/s
Night wind distribution (%), > 0.5 m/s

Windstatistiken vom Gebiet der „Reisachmulde“ (Messpunkt Mähdachstraße), eigene Messungen, 1982 - 1984

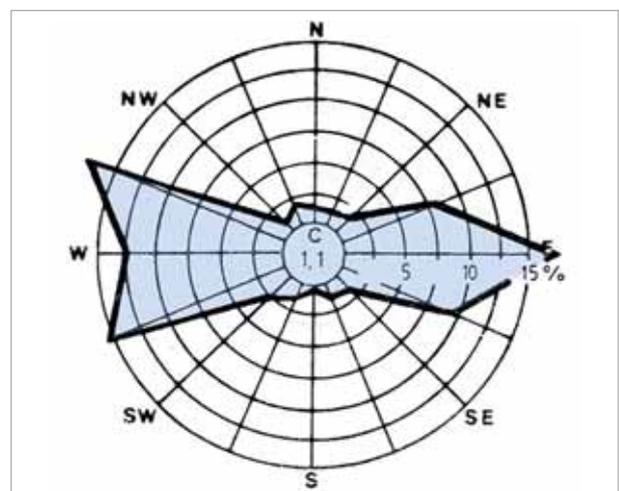
Man beachte die große Häufigkeit nächtlicher schwacher Ostwinde, was einen Hinweis auf den nächtlichen Kaltluftabfluss vom Gebiet Greutterwald darstellt.

(C: = Calmen : Windgeschwindigkeit 0,5 m/s und weniger)

Wind statistics for the "Reisachmulde" district (measurement point Mähdachstraße), own measurements, 1982 - 1984

Note the high frequency of low easterly night winds. These are an indication of the nightly downflow of cold air from the Greutterwald district.

(C: = Calms : Wind speeds of 0.5 m/s and below)



Day wind distribution (%), > 0,5 m/s
Tagwindverteilung (%), > 0,5 m/s

zur Glemsgaustraße erstreckt und im Zusammenhang mit einem klimatisch-lufthygienischen Messprogramm durch ihren Beitrag zum Luftaustausch durch nächtlichen Kaltluftabfluss aufgefallen war. Dieser Befund war insofern bemerkenswert, als die Reisachmulde für sich alleine als Kaltluftreservoir zu klein ist und die topographischen Verhältnisse einen Kaltluftzufluss aus dem östlich angrenzenden Gebiet Greutterwald eher nicht erwarten lassen. Das Infrarote Wärmebild liefert jedoch die Erklärung dafür, dass mit der Streuobstwiese Greutterwald durchaus noch ein weiteres Kaltluftentstehungsgebiet mit einbezogen ist: Die im Südosten etwas tiefer gelegen Bereiche der Streuobstwiese weisen ein besonders niedriges nächtliches Temperaturniveau auf, weil der angrenzende dichte Waldbestand von Schützenwiesenwald und Lemberg aufgrund seiner Hindernisstruktur das vertikale Anwachsen einer Kaltluftschicht bei nächtlicher Auskühlung begünstigt. Damit entsteht ein Kaltluftreservoir, das wegen seiner vertikalen Mächtigkeit Geländeschwellen auf dem Weg zur Reisachmulde zu überwinden vermag.

Diese hier für sinnvolle Grünvernetzungen aufgeführten Beispiele verdeutlichen, dass der mit der Grünnutzung verbundene klimahygienische Nutzen nicht allein von einer bestimmten Beschaffenheit der Grünflächen (z.B. Gartenland, Streuobstwiese, Wald), sondern in besonderem Maße von ihrer landschaftlich-topographischen Einbindung sowie von topographischen Merkmalen abhängig ist. Damit gelten auch im Zusammenhang von Fragestellungen des Klimaschutzes die gleichen geländeklimatischen Grundlagen wie im Falle der „klassischen“ Stadtklimatologie.

allee to Glemsgaustraße, and had come to the attention of the urban climatologists in connection with a climate and air hygiene measurement program for the contribution it made to the exchange of air due to a nightly cold air downflow. This finding was remarkable in as far as the Reichsachmulde area is too small by itself to act as a cold air reservoir, and because of the topographic circumstances, experts would not have expected a cold air inflow from the Greutterwald area bordering it to the east. It was infrared thermal imaging that provided the explanation: Contrary to expectation, the Greutterwald orchard area does, in fact, provide an extended area of cold air creation. The slightly lower lying areas of the orchard to the southeast demonstrate a particularly low nighttime temperature level, as by creating a barrier, the adjacent dense Schützenwiesenwald and Lemberg forest stocks provide ideal conditions for the vertical development of a cold air stratum. This produces a cold air reservoir whose vertical depth allows it to overcome rises in the terrain.

These examples of sensible green networks demonstrate that the benefits to climate hygiene associated with utilization of existing green depend not only on the particular properties of a green space (e.g. land used as gardens, orchards, woodland) but also in particular on their topographic integration into the landscape and their specific topographic features. The same principles of topographic climatology apply consequently in connection with questions of climate change as for "classical" urban climatology.

7. Grünanierungsbereiche

Grünanierungsbereiche werden dargestellt, wenn die Grünausstattung eines Stadtviertels insgesamt mangelhaft ist und deshalb durch verschiedenartige Maßnahmen verbessert werden sollte. In Frage kommen hier Straßenbegleitgrün, Vorgärten, Hofbegrünung und die Anlage von Spielplätzen. Zwei weitere Beispiele sollen den oft punktuellen Charakter entsprechender Maßnahmen detaillierter aufzeigen:

7.1 Verkehrsgrün

7.1.1 Begrünte Stadtbahngleise (Rasengleiskörper)



Rasengleiskörper der Stadtbahn in der Hohenheimer Straße

Mit dem Bau von Stadtbahnlinien mit Rasengleiskörper besteht in Stuttgart viel Erfahrung. Dies betrifft nicht allein Planung und Bauausführung, sondern auch die langfristige Unterhaltung und Pflege. Da aufgrund dieser Erfahrungen ein traditionelles Schwellen-Schotter-Gleisbett für die Realisierung begrünter Gleise nicht in Frage kommt, muss als Basis ein „fester“ Fahrweg gebaut werden, bei dem die Schienen am Rande einer trogartigen Betonkonstruktion fest verlegt werden. Der

7. Green remediation areas

Green remediation areas are shown wherever the presence of green in a particular city district is deemed inadequate overall and consequently needs to be improved by means of a variety of measures. Possible solutions here are roadside greening, front gardens, yard greening and the creation of playgrounds. Two other examples are provided to illustrate in more detail the often sporadic nature of some the measures undertaken in more detail:

7.1 Street planting

7.1.1 Greened-over urban railway tracks (grass tracks)

Grass tracks used by the tram service in Hohenheimer Straße

Stuttgart has plenty of experience in the construction of tram lines with grassed-over tracks. This applies not only to planning and construction, but also long-term maintenance. This experience has shown that a traditional sleeper and ballast track base is not suitable for the implementation of greened-over railway tracks, and consequently a “firm” base has to be constructed in which the rails are laid permanently in a trough-like concrete construction. This makes the track construction a com-

Gleisbau gestaltet sich entsprechend aufwändig und erhöht die Herstellungskosten einer neuen Strecke erheblich. Dafür ergeben sich auf lange Sicht Einsparungsbeträge bei der Gleisunterhaltung, weil Reinigung und Austausch des Schienenschotter und das Gleisstopfen entfallen können, während sich das heute noch manuelle Mähen des Gleisrasens problemlos gestaltet und künftig sicher auch durch technische Lösungen rationalisiert werden kann.

paratively complex process and increases the laying costs for a new track section considerably. In the long term, certain savings may be expected in the process of track maintenance, as cleaning and exchange of the rail ballast and tamping are no longer required. Mowing of the track lawn is still performed manually but is relatively simple, and in future this process is certain to be further rationalized through the use of mechanized alternatives.



Begrünte Stadtbahnstrecken bringen viel Grün in die Stadtstraßen, erfordern jedoch einen aufwändigen Gleisbau mit fest verlegten Schienen (sog. fester Fahrweg) hier: Stadtbahntrasse in Heumaden

Greened-over tramlines provide a large area of green to the city's streets, but necessitate a relatively costly process involving permanently laid tracks on a firm base. In this picture: Tramline in Heumaden

Nicht unerwähnt bleiben soll jedoch auch ein Versuch der Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB), mit Hilfe von Rasenmatten eine nachträgliche Begrünung vorhandener Schwellen-Schottergleise zu bewerkstelligen. Der Versuchsabschnitt befindet sich am Olgaek in der Abzweigung der U 15 zur Alexanderstraße. Sollte sich diese Methode bewähren, würden nicht nur Neubautrassen, sondern auch dafür geeignete Strecken im Bestand begrünt werden können.

Also worthy of mention is an experiment carried out by the tram company Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB) involving the use of turf to retroactively green over existing ballast and sleeper tracks. The experimental area is located in Olgaek at the junction of the U 15 line into Alexanderstraße. Should this method prove successful, then it would be possible to green over not only new track sections but also suitable stretches of existing stock.

7.1.2 Straßenbegleitgrün

Entlang der Straßen von Stuttgart stehen bereits rund 35 000 Bäume; fast alle Verkehrsinseln sind begrünt. Neben der Gesunderhaltung der Bäume und einem Lückenschluss sollen zukünftig v. a.

7.1.2 Roadside greenery

There are already around 35,000 trees planted alongside Stuttgart's streets. Almost all traffic islands have already been greened over. Alongside work to maintain healthy tree stocks and to close

Sanierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Wachstumsbedingungen der Bäume und des Wasserhaushaltes im Boden durchgeführt werden. Um den Wasserbedarf und den Pflegeaufwand hinsichtlich zu erwartender häufigerer Trocken- und Hitzeperioden zu reduzieren, werden Pflanzen angebaut, die gegenüber Trockenheit widerstandsfähiger sind.

Durch die Pflege und den Ausbau dieses bedeutenden Bestandes im Rahmen der Realisierung städtebaulich ansprechender Planungsvorschläge können stadtklimatisch-lufthygienische Ziele bzw. Ziele des kommunalen Klimaschutzes verfolgt werden. Insbesondere sind hier die Attraktivitätssteigerung für Fußgänger und Radfahrer sowie die Geschwindigkeits- und Mengenreduzierung für den motorisierten Individualverkehr im Falle eines Rückbaus (Reduzierung von Fahrspuren) zu nennen.

Durch eine umfangreiche Begrünung ergeben sich bioklimatische Vorteile und alleeartige Baumpflanzungen stellen hinsichtlich des Klimaschutzes sowohl eine Minderungsmaßnahme (CO₂-Reduzierung), als auch eine Anpassungsmaßnahme (Verschattung, Abkühlung, ausgeglichener Feuchtehaushalt) dar. Nicht zuletzt sind dichtbelaubte Straßenbäume auch in der Lage Luftschadstoffe zu absorbieren bzw. Partikel aus der Umgebungsluft zu filtern. Die unversiegelte Fläche im Bereich des Straßenbegleitgrüns nimmt Niederschlagswasser auf, puffert dies und sorgt damit auch für eine Entlastung der Kanalisation insbesondere bei häufiger zu erwartenden Starkniederschlägen.

7.2 Dachbegrünung

Die langfristige Erhaltung und Wiedergewinnung von Grünflächen erfolgt mit den Mitteln der Bauleitplanung. Auch Dachbegrünungen können im Bebauungsplan rechtsverbindlich festgesetzt werden. Dabei beruht die Dachform (Flachdach) auf § 74 Landesbauordnung und die Begründung auf § 9 Abs. 1 (25), wodurch die Gemeinde ermächtigt wird, u. a. Bepflanzungen für Teile baulicher Anlagen festzusetzen.

Der ökologische, bauphysikalische und architektonisch/städtebauliche Nutzen von Dachbegrünung wurde in der Vergangenheit vielfach untersucht und ist wissenschaftlich belegt. Die dokumentierten Nutzeffekte sprechen dafür, Dachbegrünung in den Rang eines Postulats zu erheben.

any still remaining gaps, future measures will also include remediation work to improve growth conditions for trees and the hydrologic balance of the soil. In order to reduce water requirement and the level of care needed during the anticipated extended periods of drought and heat, plant species will be chosen which have greater resistance to dry conditions.

By maintaining and expanding this significant existing plant stock, major urban climatological air hygiene objectives and also municipal climate protection targets can be pursued alongside the process of implementing attractive urban planning proposals. The enhanced attraction of these areas for pedestrians and cyclists and also the associated reduction in the traffic speed and volume of private road users where renaturation projects are implemented (reduced lane widths for cars) deserve particular mention.

Extensive greening brings about bioclimatic benefits, and avenue-style tree planting not only provides a CO₂ reducing effect, which is beneficial as a means of climate protection, but also offers a way of adapting to climate change (providing shade, cooling, more even moisture balance). Importantly also, roadside trees with dense foliage help absorb air pollution and filter particulate from the ambient air. The uncapped soil area accommodating the roadside green is able to absorb and store rainwater, helping to relieve the stress on the sewage system which is likely to occur with the expected increasing frequency of heavy rainfall.

7.2 Roof greening

Long-term maintenance and recovery of green spaces are achieved by making use of land use management planning. Roof greening can also be set out as a legal requirement in the development plan. In this case, the roof type (flat roof) is based on Art. 74 of the State Building Ordinance and substantiated by Art. 9 para. 1 (25), which authorizes the local authority to stipulate measures including planting for parts of building structures.

The benefits of roof greening in terms of the ecology, building structure and architectural/urban planning, have been extensively analysed in the past and have been scientifically proven. The documented beneficial effects justify the stipulation of roof greening as a requirement.

Wie alle Festsetzungen eines Bebauungsplanes setzt auch diese eine Begründung voraus, mit der dem Grundsatz der Erforderlichkeit Rechnung getragen werden muss. Dabei ist die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung nach § 1 a BauGB i. V. mit § 21 BNatSchG zu berücksichtigen. Danach sind Eingriffe in Natur und Landschaft mit den zu erwartenden Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes und des Landschaftsbildes zu vermeiden, zu vermindern, auszugleichen oder zu ersetzen. In diesem Sinne werden in Stuttgart bereits seit längerer Zeit ganz gezielt bei neuen Baugebieten aus städtebaulichen Gründen Dachbegrünungen festgesetzt.

Städtebauliche Verträge - im Zusammenhang mit Bebauungsplänen bzw. Vorhaben - und Erschließungsplänen (VEP) - regeln die zu treffenden Maßnahmen und fixieren entsprechende Vereinbarungen. Hierbei kann Dachbegrünung ein Gegenstand der Vereinbarungen zwischen öffentlichem Planungsträger und Investor sein.

Für Dachbegrünung sprechen neben bauphysikalischen Vorteilen vorrangig Argumente der Ökologie und der Stadtklimatologie: Neben den städtischen Grünanlagen und sonstigen Grünflächen können

Like every determination set out in a development plan, stipulating such a measure requires reasons to be given which must be capable of being reconciled with the underlying principle of necessity, whereby the impact mitigation principle as outlined in Art. 1 a BauGB in conjunction with Art. 21 BNatSchG must be taken into consideration. According to this principle, any impact on nature and on the landscape entailing anticipated impairment to the natural eco balance and the landscape must be prevented, reduced, compensated for or made good. In complying with this principle, roof greening has been made a stipulation for many years already in any new areas earmarked for urban development in the Stuttgart area.

Urban development contracts, in conjunction with development plans and project and infrastructure plans, regulate the measures to be undertaken and define the relevant agreements. In this process, roof greening may form part of the agreements made between public planning authorities and investors.

As well as benefits in terms of construction physics, arguments in favour of roof greening are largely based on ecological and urban climatological



Dachbegrünung verwandelt auch eher öde Flachdachlandschaften in stadtklimatische Oasen



Roof greening transforms barren flat roof landscapes into urban climatological oases.

Dachbegrünungen stadtklimatische Defizite in Bezug auf den Feuchtigkeitshaushalt und das thermische Milieu mindern. Dächer bieten im Siedlungsraum vielfach ungenutzte Flächenreserven für die Schaffung von Grünflächen. Für eine mit geringem Aufwand mögliche Begrünung mit Schaffung einer vielgestaltigen Vegetation eignen sich Gebäude jedweder Art mit flachen oder gering geneigten Dach-

aspects: Alongside urban parks and gardens and other green spaces, roof greening can help to mitigate urban climatological deficits in terms of the moisture balance and thermal ambience. Roofs offer a largely unused potential in built-up areas for the creation of green spaces. All types of buildings with flat or slightly inclined roofs (up to 15°) are suitable for planting with a variety of vegetati-

flächen (bis ca. 15 Grad), insbesondere auch Garagen und Nebengebäude. Auch wenn begrünte Dächer nicht immer aktiv nutzbar sind, z. B. als Sitzplatz im Grünen, so erbringen im Gegensatz zu monotonen Kies-, Bitumen- oder Blechdächern begrünte Dächer stets klimatisch-lufthygienische Vorteile. Darüber hinaus tragen sie zur Verschönerung des Stadtbildes bei, was für Stuttgart mit seinen Aussichtslagen besonders wichtig ist.

Auch wenn begrünte Dächer den durch die Bebauung versiegelten Boden oder die zuvor vorhandene Vegetation wie etwa Wald oder Obstwiesen funktional nicht ersetzen können, ist durch die Verwendung autochthonen (einheimischen) Saat- und Pflanzgutes eine gewisse Aufwertung im Bezug auf den Artenschutz möglich. In jedem Fall ist aus naturschutzfachlicher Sicht, ein begrüntes Dach einem vegetations-losen vorzuziehen. Unabhängig davon stellen die Vegetationsflächen auf dem Dach einen Lebensraum für Pflanzen- und Tierarten dar und sind damit Ersatz für verloren gegangene Flächen zugunsten von Siedlungen, Straßen usw.

Auch im Zusammenhang mit dem Umgang mit Wasser haben Maßnahmen der Dachbegrünung eine erhebliche Bedeutung. Während Regenwasser, das auf eine harte Dacheindeckung fällt, ohne Verzögerung über die Kanalisation abgeführt und in Kläranlagen behandelt wird, wird bei der Dachbegrünung ein erheblicher Anteil des Wassers im Substrat zurückgehalten und über die Vegetation wieder an die Umgebung abgegeben und nur ein geringer Anteil wird - zudem noch verzögert - abgeführt. Dieses Wasser kann dann ohne Nachbehandlung in die Fließgewässer eingeleitet oder versickert werden. Insofern leisten Dachbegrünungen auch einen Beitrag zum Hochwasserschutz, indem sie helfen Hochwasserspitzen zu mindern. Diesem Aspekt trägt auch die inzwischen eingeführte gesplittete Abwassersatzung Rechnung.

Es ist deshalb sehr positiv zu bewerten, dass durch ein entsprechendes Förderprogramm der Stadt seit 1986 bis 2009 Dachbegrünungen im Flächenumfang von rd. 65.000 m² gefördert wurden. Dabei handelt es sich um Begrünungsmaßnahmen, die von den Antragstellern meist nachträglich im Rahmen baulicher Sanierungsmaßnahmen unabhängig von bebauungsplanmäßigen Verpflichtungen realisiert wurden.

Die nachfolgenden Ausführungen fassen themenorientiert die für Dachbegrünung sprechenden Argumente zusammen.

on at only modest expense, in particular garages and outbuildings. Even if greened roofs cannot be actively used, for example to sit on, they always offer benefits in climatic and air hygiene terms in comparison to monotone gravel, bitumen or corrugated roofs. They also help to enhance the appearance of the cityscape, a particularly important factor in Stuttgart given the views over the city basin from the surrounding hills.

Even if greened roofs cannot replace the function of ground capped by development or previously existing vegetation such as woodlands or orchards, it can bring about an enhancement through the use of indigenous seeds and plants in respect of species preservation. From the nature conservation viewpoint, a greened roof is preferable in any event to one devoid of vegetation. Irrespective of this benefit, areas of vegetation on roofs provide a habitat for flora and fauna and so may be considered a replacement for green areas lost to make room for roads, settlements and so on.

Also in the context of water management, roof greening measures can be of considerable importance. While rainwater falling on hard roof coverings flows away with no delay into the sewage system and is treated in sewage plants, on a greened roof a considerable proportion of the water is held in the substrate and returned to the environment through the vegetation. Only a small proportion drains away to the sewers, and this also takes place with a delay. This water can seep into or be fed into the waterways without requiring additional treatment. From this point of view, green roofs also make a contribution towards flood prevention measures by helping to even out flood peaks. This aspect is taken into account by the legislation stipulating a split in the charges made for waste water treatment which has now been introduced in Germany.

For these reasons, the total area of around 65,000 square metres of greened roofs which have been completed in the city since 1986 til 2009 as the result of a municipal support scheme must be seen as a highly positive development. These involve greening projects which were generally implemented at a later date independently of the obligation imposed by the development plan within the framework of building remediation measures.

Below, a number of arguments in favour of roof greening are set out on based on different themes.

7.2.1 Klimatisch-lufthygienische Gesichtspunkte

Dachbegrünungen bewirken eine Minderung der Extremwerte der Oberflächentemperaturen sowohl im tageszeitlichen als auch jahreszeitlichen Verlauf. Während sich Kiesdächer und schwarze Bitumenpappe an strahlungsreichen Sommertagen auf etwa 50 bis über 80°C aufheizen, betragen die maximalen Temperaturen bei bepflanzten Dächern etwa 20 bis 25°C. In klaren Winternächten sinkt die Temperatur unbepflanzter Dächer auf bis zu -20°C, während sich begrünte Dächer im Winter nur wenig unter 0°C abkühlen. Damit mindert sich die Jahreschwankung der Dachflächentemperatur von ungefähr 100°C im unbegrünten Fall auf nur 30°C bei Dachbegrünung. Durch die reduzierte thermische Belastung vermindert sich der Verschleiß der Materialien im Dachaufbau, was sich Kosten senkend auswirkt.

Im Sommer wird über einem begrünten Dach ein großer Teil der eingestrahltten Sonnenenergie zur Verdunstung von Wasser umgesetzt, was einen Schutz vor Sommerhitze bewirkt. Im Winter bewirken die Vegetationsschicht und das Dachsubstrat als eine zusätzliche Bauteilschicht eine Verminderung des Wärmedurchganges. Damit bedeutet Dachbegrünung einen kleinen Beitrag zur Heizenergieeinsparung im Winter sowie eine Einsparung von Kühlenergie im Sommer, was wiederum die Freisetzung schädlicher Treibhausgase mindert und dem Schutz des Klimas als natürliche Lebensgrundlage zu Gute kommt.

Der thermische Wirkungskomplex von Dachbegrünung ist in sommerlich überwärmten städtischen Ballungsräumen, insbesondere auch vor dem Hintergrund des eintretenden Klimawandels mit Zunahme sommerlicher Hitzeperioden mit ihren nachteiligen gesundheitlichen Folgen, positiv zu beurteilen. Wie alle Vegetationsflächen tragen auch begrünte Dachflächen zur Staubabscheidung bzw. Staubbindung bei. Dies wurde durch vergleichende Staubbmessungen vielfach belegt. Vor dem Hintergrund überhöhter Feinstaubbelastungswerte kommt deshalb der Ausweitung innerstädtischer Vegetationsflächen durchaus lufthygienische Bedeutung zu.

7.2.2 Gesichtspunkte des Wasserhaushalts

Begrünte Dächer können, wie alle offenen Vegetationsflächen, Oberflächenwasser bzw. Niederschläge

7.2.1 Climatic and air hygiene-related aspects

Roof greening helps to alleviate the extreme values of surface temperatures both over the different times of day and the different seasons. While gravelled roofs and black bitumenized roofing felt heat up to around 50 to over 80°C on clear summer days, the maximum temperatures measured on greened roofs are around 20 to 25°C. On clear winter nights, the temperature of unplanted roofs can drop to -20°C, while greened roofs cool to only just under 0°C. This brings the annual roof surface temperature fluctuation of around 100°C on ungreened roofs down to only 30°C where planting is present. The reduced thermal load means lower material wear in the roof construction, which serves to reduce costs.

In summer, a large proportion of the solar energy which radiates on a greened roof is used to evaporate water, which helps provide protection against summer heat. In winter, the vegetation layer and the roof substrate create an additional component layer to reduce the passage of heat. As a result, roof greening makes a modest contribution towards saving energy used for heating in winter, and for cooling in the summer. This in turn reduces the release of damaging greenhouse gases and helps protect the climate as one of the natural bases for life.

The thermal effect complex of roof greening may be assessed as positive in urban conurbations which are overheated in the summer months, particularly against the backdrop of impending climate change and the increase of extended summer heat waves and their detrimental effects on health.

Like all areas of vegetation, greened roofs also contribute towards the separation or bonding of dust from the atmosphere. This has been proven on many occasions by comparative dust measurements. Against the background of excessive dust pollution values, the expansion of innercity areas of vegetation must also be assessed as beneficial from the air hygiene viewpoint.

7.2.2 Water management aspects

Like all open areas of vegetation, green roofs are capable of storing surface water / precipitation.

speichern. Je nach Art des Dachbegrünungs-Aufbaus wird das Niederschlagswasser im Schichtaufbau gehalten. Ein Teil des Wassers wird über die Vegetation an die Luft abgegeben und mindert das Feuchtigkeitsdefizit der oberflächenversiegelten Stadt. Lediglich ein kleiner Teil des Wassers fließt zeitverzögert in die Kanalisation ab. Das bedeutet, dass von einem begrünten Dach im Vergleich zu einem konventionellen Dach nur etwa ein Drittel des Niederschlagswassers in die Kanalisation abgeleitet wird.

Durch den zeitverzögerten Abfluss der Niederschläge im Falle von Dachbegrünung wird die Stadtentwässerung erheblich entlastet. Insbesondere die Hochwassergefahr wird dadurch ebenfalls vermindert.

7.2.3 Gesichtspunkte des Artenschutzes

Wie andere Vegetationsflächen auch, kann ein begrüntes Dach Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten bieten. Je nach Lage und Ausrichtung des Daches, nach Substrat und technischem Aufwand sind verschiedenste Vegetationsaspekte möglich. Von einer einfachen Extensivbegrünung mit den auf derartigen Standorten vorkommenden Pflanzen bis hin zur Intensivbegrünung in Form von Strauch- ja sogar Baumpflanzungen oder Dachgärten bestehen unterschiedlichste vegetations-technische Möglichkeiten. Auf diesen Vegetationsflächen finden insbesondere Insekten, Schmetterlinge und Vögel einen Nahrungs- und Lebensraum.

7.2.4 Wirtschaftliche Gesichtspunkte

Die Ausführung eines flachen oder flach geneigten Daches als extensiv begrüntes Gründach mit einer Vegetationstragschicht von mind. 4 bis 8 cm bzw. 12 cm mit dem Ziel, die dort angesiedelten Pflanzen bei geringstem Pflegeaufwand sich selbst zu überlassen, ist im Vergleich zu alternativen Dachausführungen ohne Begrünung langfristig weitgehend kostenneutral.

Im Vergleich zu einem Flachdach mit Kiesschüttung ist ein Gründach häufig sogar leichter und hat dadurch statische Vorteile. Darüber hinaus ergibt sich ein beträchtlicher wirtschaftlicher Vorteil durch die wesentlich längere Haltbarkeit eines Gründaches gegenüber anderen Flachdachkonstruktio-

Depending on the type of roof greening structure, precipitated water is stored in the layer structure. Part of it is given off through the vegetation into the air, helping to reduce the humidity deficit in the inner city with its capped surface. Only a small proportion of the water flows into the sewage system, and this takes place with a time delay. This means that compared to a conventional roof, a greened roof delivers only around one third of the amount of precipitation water into the sewage system.

Because of the delay which occurs before precipitation water flows into the sewers, roof greening plays a considerable role in relieving strain on the sewage infrastructure, as well as helping to reduce the risk of flooding.

7.2.3 Species conservation aspects

Like other areas of vegetation, a greened roof can offer a habitat for many plant and animal species. Depending on the situation and alignment of the roof, and on the substrate and the technical expense involved, wide-ranging different types of vegetation can be cultivated. From simple extensive greening using plants common to the type of location through to intensive cultivation in the form of shrubs or even trees and complete roof gardens, enormous scope for planting is offered. These areas of vegetation provide a natural habitat in particular for insects, butterflies and birds.

7.2.4 Economic aspects

Compared to alternative ungreened roofing alternatives, the creation of a flat or slightly inclined roof in the form of an extensively greened area with a vegetation layer of at least 4 to 8 or 12 cm designed for the lowest possible running maintenance may be said to be largely cost-neutral.

Seen as against a flat gravel lined roof, a green roof can actually be lighter and so offer a benefit in terms of statics. Another considerable economic benefit is the longer durability of a green roof compared to other flat roof designs. For instance the renovation of a flat roof and exchanging the gravel is a highly costly and laborious process. In the case of green roofs, in most cases complete

nen. So ist beispielsweise die Sanierung eines Flachdaches mit Austausch der Kiesschüttung mit erheblichem Aufwand verbunden. Beim Gründach erübrigt sich in der Regel die Dachsanierung wegen der viel geringeren thermischen Beanspruchung der Dachhaut und wegen des besseren mechanischen Schutzes gegen die Auswirkungen von Niederschlagsereignissen. Dies setzt jedoch die fachmännische Ausführung des Daches und die handwerklich einwandfreie Verarbeitung der eigens dafür entwickelten Werkstoffe (Dachfolien) und des Substrataufbaus sowie eine sinnvolle Auswahl der anzusiedelnden Pflanzen voraus – Anforderungen, die in gleichem Maße auch für andere Dachformen bzw. Gewerke Gültigkeit haben.

Die Kostenneutralität einer Dachbegrünung ist bei Sanierungsobjekten nicht immer gegeben, da je im Einzelfall zusätzliche statische und konstruktive Voraussetzungen zu berücksichtigen sind. Insbesondere bei weit gespannten Dächern mit Spannweiten ab ca. 12 m können wirtschaftliche Gründe einer prinzipiell erwünschten Dachbegrünung entgegenstehen.

Ein wirtschaftlicher Faktor, der für Dachbegrünung spricht, besteht in der Energieeinsparung, da der Wärmeverlust über das Dach durch die zusätzlichen Schichten etwas vermindert werden kann. Natürlich würde unter rein energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten eine Erhöhung der Dämmstoffstärke zu einer größeren Reduktion der Wärmeverluste, bzw. Verminderung der sommerlichen Wärmeeinträge führen. Eine solche Erhöhung kann jedoch unabhängig von der Dachbegrünung durchgeführt werden.

Da begrünte Dächer die Menge des in das Kanalsystem abzuleitenden Oberflächenwassers im Vergleich zu versiegelten Oberflächen reduzieren, wird die in Stuttgart zu entrichtende Abwassergebühr in diesem Maße reduziert, was sich als deutliche Ersparnis auswirkt.

Die begrünte Überdachung von Kfz-Stellplatzanlagen und Parkhäusern trägt nicht nur zur Verschönerung dieser im Stadtbild oft als problematisch empfundenen Nutzungen bei, sondern erhöht deren Gebrauchswert beträchtlich. Die unter Dach abgestellten Fahrzeuge erhitzen sich bei Sonneneinstrahlung nicht auf extreme Temperaturen, was ihre Benutzbarkeit ohne Klimatisierung ermöglicht. Auch in den Fahrzeugen befindliche Gepäckstücke, Geräte und Waren nehmen während des Unterstellens keinen Schaden. Bei extremen Niederschlagsereignissen können beträchtliche Vermögensschäden etwa durch Hagelschlag vermieden werden, was insbe-

renovation is generally not required due to the far lower thermal stress on the roof skin, and due to the high standard of mechanical protection against the effects of precipitation events. Because of the far lower thermal exposure of the roof skin and due to the better mechanical protection against the effects of precipitation, greened roofs generally require less renovation and repair work. However, this does depend on correctly executed roof construction and professional laying of the specially developed materials required (special green roofing felt), as well as the structure of the substrate and sensible planting: all requirements which apply analogously to other types of roof structure and other trades.

Roof greening is not always cost neutral in the case of refurbished properties, as in individual cases static and structural conditions have to be taken into account. In particular when dealing with wide spanning roofs with spans from around 12 metres and over, the cost involved in greening an existing roof may in some cases be prohibitive.

One economic factor which speaks out in favour of roof greening is its potential for energy saving. Heat losses through the roof can be reduced to a certain extent by the additional layers. However, undeniably in terms of pure energy costs, greater reduction of heat losses and overheating in summer would be achieved by using thicker insulating materials, and this effect can be achieved independently of roof greening.

As greened roofs help to reduce the quantity of surface water diverted to the sewage system in comparison with capped surfaces, in Stuttgart the waste water treatment charges levied are reduced accordingly. This represents a significant saving.

Greened roofs over open air and multi-storey car parks not only improve the appearance of what are often considered a blot on the cityscape, but also help to enhance conditions inside. Vehicles standing under roofs do not heat to such extremes of temperature in the sunshine, which means they can be used without air conditioning, and luggage, equipment or goods left in parked cars are less likely to sustain damage. In case of extreme precipitation, green roofing helps prevent damage caused by hailstones – a serious consideration for the new car models lined up on dealership forecourts. Vehicles under a greened roof are

sondere für Ansammlungen von Neufahrzeugen bei Autohändlern gilt. Auch Eisregen und Schnee bedeuten für unter Dach abgestellte Fahrzeuge keine Beeinträchtigung der Verfügbarkeit.

also immediately ready for use in case of frozen rain or snow.

7.2.5 Errichtung von Solaranlagen

Um den positiven Umweltaspekten einer Nutzung von Sonnenenergie gerecht zu werden, beinhaltet die Forderung nach einer Dachbegrünung gleichwohl auch die Möglichkeit auf dem jeweiligen Dach eine Anlage zur Nutzung von Sonnenenergie zur errichten (solarthermische Anlage oder Photovoltaikanlage).

7.2.5 Installation of solar systems

In order to maximize on the positive environmental aspects of using solar energy, alongside scope for greening, flat roofs also offer ideal conditions for using solar energy with the installation of a solar thermal or photovoltaic system.



Dachbegrünung der Rathausgarage mit Photovoltaik-Anlage

Greened roof on the City Hall multi-storey car park with photovoltaic system

8. Weitere Planungsinstrumente

8.1 Rahmenplan

Mit dem Rahmenplan Halbhöhenlagen (vom 02.10.2007/01.02.2008) besteht für die Stadtbezirke des Stuttgarter Innenstadtkessels eine sog. „andere Planung“, die - im Vorfeld der Bauleitplanung angesiedelt – gleichwohl eine abwägungsrelevante Bedeutung für städtebauliche Planungen hat und der notwendigen Schaffung und Erhaltung von Grün- und Freiflächen im sensiblen System der Hanglagen dient.

Die baulich nicht genutzten klimaaktiven Vegetationsflächen der Hanglagen unterstützen den bodennahen thermisch induzierten Luftaustausch, der in Form nächtlicher Hangabwinde zur Verbesserung der lufthygienischen Verhältnisse in Stuttgart beiträgt. Thermal-Luftbilder zeigen in diesem Zusammenhang den Temperatur mindernden Effekt der Hanglagen. Dieser Einfluss auf die nächtliche Abkühlung kann bis in die angrenzenden Wohnquartiere verfolgt werden.



Beispiel für stadtklimatisch vertretbare Hangbebauung mit Erhaltung zusammenhängender Grün- und Freiflächen, Quelle Luftbild: Stadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, 2003

Bauliche Erweiterungen im Bereich der Hänge würden sich sowohl aus winddynamischen als auch aus thermischen Gründen auf den nächtlichen Kaltluftabfluss nachteilig auswirken. Die Folge hohen Versiegelungsgrades und hoher Bebauungsdichte sind bekanntermaßen bioklimatisch belastende Überwärmung bzw. häufigere Schwüleempfindung.

8. Other planning instruments

8.1 Outline plan

In the form of the Hillside Development Outline Plan (dated 02/10/2007 / 01/02/2008) what has been termed a “different planning model” exists for the districts of Stuttgart’s inner city basin formation. Performed prior to the process of urban Land Use Planning, this model has a relevant role to play in urban planning and has helped to ensure the creation and maintenance of green and open spaces in the sensitive system existing in the hillside areas.

The climate-active areas of vegetation on the hillsides which are not used for building help support thermally induced air exchange close to the ground, which contributes towards producing improved air hygiene conditions in Stuttgart in the form of nightly downslope winds. Thermal aerial images clearly demonstrate the temperature-reducing effect of the hillside areas in this context. This influence on nightly cooling can be traced through into the adjacent residential quarters.



Example of responsible hillside development in terms of its effect on the urban climate with maintained green and open spaces, aerial photo courtesy of: City of Stuttgart, Office of City Planning and Urban Renewal, 2003

Both in terms of wind dynamics and also thermally, extended building development in the hillside areas would impact negatively on the nightly downflow of cold air. The consequences of a high degree of soil capping and a greater building density are known to be overheating to the detriment of the bio climate and the frequent occurrence of a sweltering and oppressive atmosphere.

Beim Rahmenplan Halbhöhenlagen handelt es sich um ein Planungsinstrument, welches unter Berücksichtigung der Aussagen zum Umweltschutz (Boden, Klima, Freiraum, Naherholung, Landschaftsbild) Bereiche definiert, die aus einer Zusammenfassung der Kaltluftbahnen und der Grünzüge bestehen und somit wichtige Umweltqualitäten der Hangflächen darstellen.

The Hillside Development Outline Plan is a planning instrument which on the basis of statements relating to environmental protection (soil, climate, free space, local recreation, landscape) defines areas comprising a combination of cold air channels and green belts which consequently depict the environmental quality of Stuttgart's hillsides.



Durchgrünte Hanglagen als Charakteristikum Stuttgarts

Wooded, green hillsides surrounding the city centre are a characteristic feature of Stuttgart

Die stadtklimatischen und ökologischen Argumente werden in Form von Qualitätsbereichen zusammengefasst. Diesen Qualitätsbereichen sind differenzierte Anforderungen und Maßnahmen des Rahmenplans zugeordnet. Die zu Grunde liegenden Sachverhalte sind geeignet, um unmittelbar als Abwägungsmaterial in städtebauliche Planverfahren eingestellt zu werden, was im Ergebnis für die an der Planung beteiligten Stellen unter Beachtung einheitlicher Qualitätsstandards und der zu fordernden Transparenz eine erhebliche Arbeitserleichterung bedeutet und Planverfahren beschleunigen hilft. Dabei liegt die Stärke dieses Planungsinstruments in seiner engen Verknüpfung von Umweltbelangen mit den zu berücksichtigenden städtebaulichen Erfordernissen der einzelnen Qualitätsbereiche.

The urban climatological and ecological arguments are summarized in the form of quality areas. These quality areas are assigned to distinctive requirements and measures outlined by the outline plan. The facts and circumstances used as a basis in this process are suitable to be used directly as material for consideration in urban planning procedures. Taking into account uniform quality standards and the required degree of transparency, this considerably lightens the workload of those departments involved in planning, and helps to accelerate planning processes. The real strength of this planning instrument is the close link between environmental considerations and the urban planning requirements of the individual quality areas which have to be taken into consideration.

Gleichzeitig trägt der Rahmenplan dem Umstand Rechnung, dass eine isolierte stadtklimatische Begutachtung kleinerer Einzelbauvorhaben auf Probleme der Maßstabsgröße stößt, wenn die durch das Bauvorhaben zu erwartenden Veränderungen quantitativ beschrieben werden sollen.

At the same time, the outline plan also takes consideration of the fact that isolated urban climatological assessments of minor individual building projects encounter problems of scale if the changes anticipated as a result of the building project have to be described in quantitative terms.

8.2 Nachhaltiges Bauflächenmanagement

Insgesamt ist eine verstärkte Innenentwicklung zugunsten größer zusammenhängender Freiflächen und Kaltluftentstehungsgebiete im Außenbereich grundsätzlich positiv zu sehen. Dennoch muss - insbesondere auch vor dem Hintergrund der gesetzlich geregelten Erleichterung von Planungsvorhaben für die Innenentwicklung - eine klimaoptimierte Verdichtung von Stadtstrukturen gefordert werden.

Verdichtung kann zwar zu einem reduzierten Energieverbrauch und damit auch zum Klimaschutz beitragen, hat aber auch eine Verstärkung des Wärmeinseleffektes zur Folge und ist damit hinsichtlich der Anpassung an den Klimawandel kontraproduktiv. Um negativen Effekten der Verdichtung entgegenzuwirken, sind funktional vernetzte Freiräume und eine sorgfältige Gestaltung dieser von Nöten, ebenso eine geringe Bodenversiegelung, die Wärmedämmung der Häuser sowie die Begrünung und Beschattung mit Laubbäumen,.

Zur Erreichung dieser „qualifizierten Dichte“ bedarf es einer entsprechenden strategischen Ausrichtung der Stadtentwicklung, die mit dem Stuttgarter Innenentwicklungsmodell (SIM) grundsätzlich vorliegt und als „doppelte Innenentwicklung“ bezeichnet wird.

Zur Umsetzung kann ein Software-Werkzeug zur erfolgreichen Mobilisierung von Bauflächenpotenzialen im Bestand (Nachhaltiges Bauflächenmanagement Stuttgart, kurz NBS) einen wichtigen Beitrag leisten. Das im Rahmen eines Modellvorhabens entwickelte NBS ermöglicht eine umfassende EDV-gestützte Bestandsanalyse, Dokumentation und regelmäßige Fortschreibung der vorhandenen Brachen, Baulücken und Nachverdichtungspotenziale. Die geschaffene Informationsplattform dient als Basis einer nachhaltigen strategischen Stadtentwicklung und dazu, den Informationsfluss zu bündeln und zu verbessern bzw. Projektentwickler und Makler auf wiedernutzbare Flächen und sonstige Bauflächenpotenziale aufmerksam zu machen.

8.2 Sustainable building land management

Taken overall, greater concentration of dense inner city development in favour of larger cohesive free spaces and cold air generating areas should be greeted in principle as a positive development. Despite this – particularly also against the background of the legally regulated simplification of planning projects for inner development – it is important to work towards a climate-optimized concentration of urban structures.

Although concentration can contribute towards reduced energy consumption and so also help to protect the climate, it also serves to intensify the heat island effect and so may be considered counter productive in terms of adjustment to climate change. In order to counteract the negative effects of concentration, functionally networked free spaces and their careful design are needed, as well as minimal soil capping, thermal insulation of houses, and also greening and shading effects using deciduous trees.

To achieve this type of “qualified density”, urban development requires suitable strategic alignment. This exists in principle in Stuttgart in the form of the Stuttgart inner city development model (SIM) which describes a “dual inner city development”.

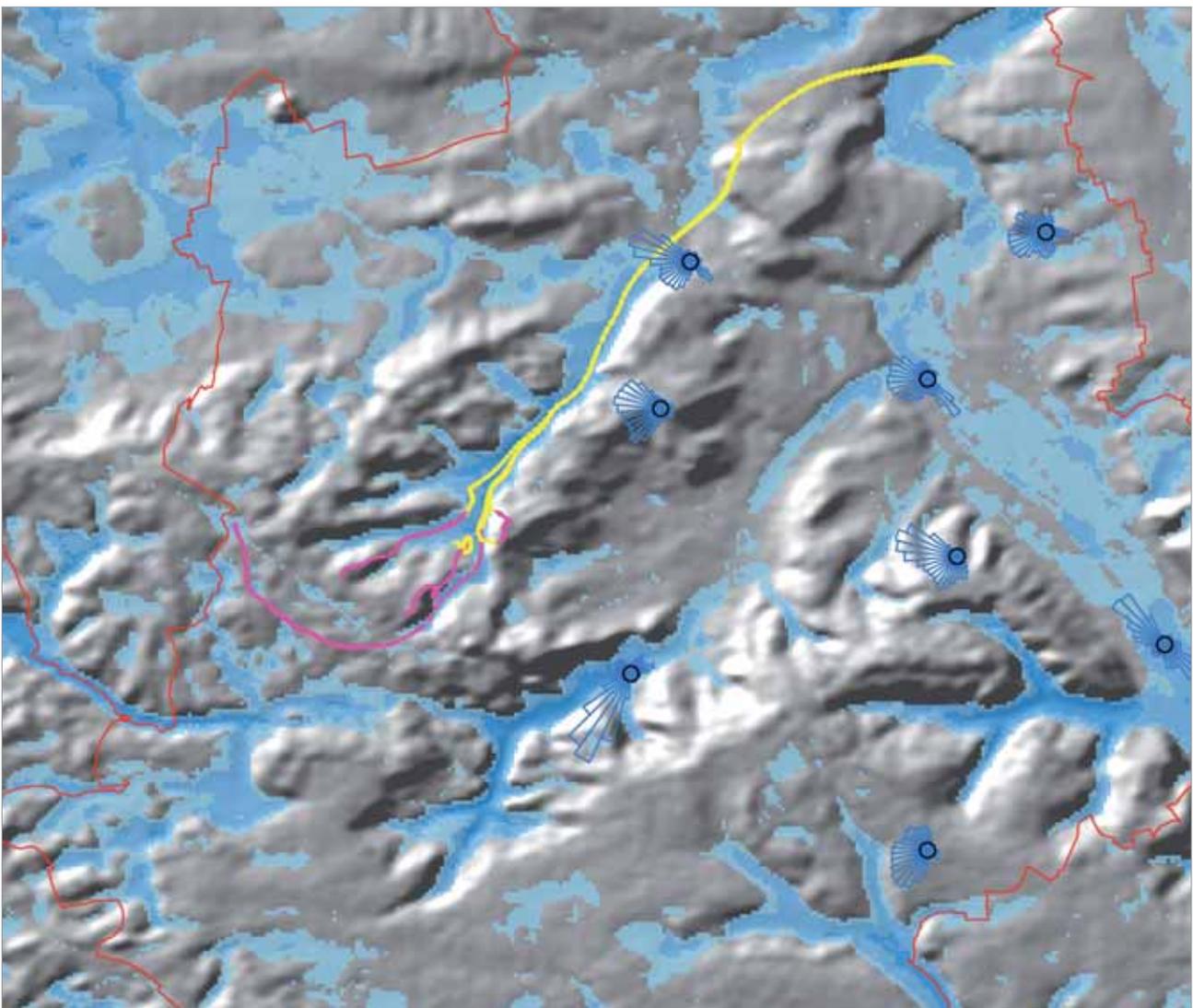
A software tool which can be used for successful mobilization of existing brownfield potential (Sustainable Brownfield Development Stuttgart, German abbreviation NBS) makes an important contribution here. NBS, developed within the framework of a model project, permits comprehensive computer-aided analysis of existing brownfield sites, documentation and regular tracking of existing fallow land, gaps between buildings and further concentration potential. The generated information platform serves as a basis for sustainable strategic urban development, to collate and improve the flow of information and make project developers and estate agents aware of reusable sites and other building land potential.

9. Fazit und Ausblick

Vom planerischen Standpunkt ist es von großer Bedeutung, das Kaltluftsystem in einem Gebiet qualitativ und auch quantitativ beschreiben zu können. Hierzu dienen entsprechende Modellberechnungen, wobei hinsichtlich der Kaltluftproduktionsraten und damit der möglichen Volumenströme noch erheblicher Untersuchungsbedarf besteht. Im Einzelfall sind deshalb auch Tracergasversuche und Messungen erforderlich.

9. Summary and outlook

From the standpoint of urban planning, the ability to describe the cold air system in a district in both qualitative and quantitative terms is of major significance. Various model calculations are used for this purpose, although in respect of cold air production rates and consequently possible volumetric flows, considerable research still remains to be performed. As a result, in individual cases, methods such as tracer gas tests and measurements also have to be used.



GIS-integrierte Simulation von Kaltluftflüssen, Klimaatlas Verband Region Stuttgart, 2008

GIS-integrated simulation of cold air flows, Climate Atlas Regional Association of Stuttgart, 2008

Ziel muss es dabei sein, das vorhandene natürliche Belüftungs- und Kühlungs-system aufrechtzuerhalten und wo möglich zu verbessern, um die durch den Klimawandel bedingte verstärkte Aufheizung der Stadt und damit Hitzestress durch übermäßige Erwärmung von Gebäuden und Erholungsflächen zu lindern.

The aim here must be to maintain the existing natural ventilation and cooling system and where possible to improve it in order to diminish the effects of increases in temperature in the city resulting from climate change and consequently relieve heat stress brought about by excessive heating of buildings and recreational areas.

Der planerische Schutz kaltluftrelevanter Flächen kann im Rahmen einer urbanen Anpassungsstrategie also ein probates Mittel sein, die Verwundbarkeit im Bereich Überhitzung von Stadtquartieren durch Sicherstellung von Kaltlufterträgen zu reduzieren, sofern dabei der Gesamtsystemschutz im Mittelpunkt steht.

Dies widerspricht einer kleinräumigen auf den Einzelfall bezogenen Erheblichkeitsbetrachtung mit einem festen Schwellwert im Rahmen der Abwägung. Die Folge wäre hier eine Fülle von Einzelplanungen, die - für sich betrachtet - unerheblich in ein Kaltluftsystem eingreifen, aber in der Summe und über längere Sicht das System wesentlich beeinträchtigen.

Dieser -wie dargelegt- notwendige Systemschutz verlangt im Grunde nach einer Verankerung in einer gesamtstädtischen Konzeption, also in einem Stadtentwicklungskonzept, da trotz hoher Relevanz für die Planung der Begriff „Klimaanpassung“ bisher im BauGB gar nicht vorkommt. Über das Leitbild einer nachhaltigen städtebaulichen Entwicklung könnte so eine Verankerung hergestellt werden. Dieses Leitbild ist mit der Einsicht verbunden, dass auch moderne Gesellschaften vom Bestand und dem Funktionieren ökologischer Systeme abhängen und nachhaltig nur funktionieren können, wenn sie die Systemressourcen nicht über Gebühr belasten.

Im Zusammenhang mit Klimavorsorge und -anpassung könnten dann beispielsweise Leitbilder wie „Klimaverantwortung“, „Katastrophenresistenz“ (gilt für durch den Klimawandel verstärkte Extremereignisse) oder „Resiliente Gesellschaft“ formuliert werden, wobei „resilient“ neben Klimawandel auch andere städtische Änderungsprozesse im Zusammenhang mit Globalisierung, demographischem Wandel etc. berücksichtigt.

Zu fordern wäre demnach die Entwicklung eines Leitbilds „Klimaverantwortung“, eingebettet in ein Stadtentwicklungskonzept mit entsprechenden Umsetzungsstrategien.

Der Schwerpunkt der Lösungskonzepte muss dabei auf der Prävention liegen sowie auf der Ausrichtung der gesellschaftlichen und ökonomischen Strukturen dahingehend, dass eine dauerhafte umweltgerechte Entwicklung gesichert ist.

As part of an urban adjustment strategy, the preservation of areas of relevance for cold air generation in the development plans can consequently serve as an effective means of reducing vulnerability to excess heat in city districts by ensuring an adequate influx of cold air, where this focuses on overall system protection.

This stands in contradiction to a small-scale method of determining relevance relating only to individual cases and involving fixed threshold values. The consequence of this approach would be an array of individual plans which – each taken on its own merits – would have only an insignificant impact on a cold air system but which in total and taken over the long term would exert a substantially detrimental impact on the system.

This requirement for system protection as outlined here fundamentally needs to be anchored in a city-wide concept, in other words in an urban development concept, as despite its major relevance for planning, the term “climate adjustment” does not feature to date in the Federal Building Code (BauGB).

This firm anchorage could be established using the model of sustainable urban building development. This model is linked to the realization that even modern societies depend on the existence and function of ecological systems and can only continue to operate sustainably if they refrain from placing an unreasonable burden on system resources. In the context of climate protection and adjustment, models such as for instance “climate responsibility”, “disaster resilience” (applies to extreme events exacerbated by climate change) or “resilient society” could be formulated, whereby “resilient” takes account of other urban change processes connected with globalization, demographic transformation etc. as well as climate change.

As a consequence, the obvious way forward would be the development of a “climate responsibility” model embedded in an urban development concept with suitable implementation strategies. The focus of the proposed solution concepts must be on prevention and on the alignment of social and economic structures towards safeguarding sustainable environmentally responsible development.

Literatur:

Bibliography:

- Baugesetzbuch (BauGB): i.d.F. der Bekanntmachung vom 23.09.2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geänd. durch Art. 4 des Ges. vom 31.07.2009 (BGBl. I S. 2585).
- Baunutzungsverordnung (BauNVO): Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke i.d.F. der Bekanntmachung vom 23.01.1990 (BGBl. I S. 132), zuletzt geänd. durch Ges. vom 22.04.1993 (BGBl. I S. 466)
- Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge; i.d.F. der Bekanntmachung vom 26. 09.2002 (BGBl. I S. 3830, zuletzt geänd. durch Artikel 2 des Ges. vom 11.08.2009 (BGBl. 1 S. 2723)
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung - Rolle der bestehenden städtebaulichen Leitbilder und Instrumente. Skizzierung einer klimawandelgerechten Stadtentwicklung. BBSR-Online-Publikation 24/09, November 2009
- BMU: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Dem Klimawandel begegnen – Die Deutsche Anpassungsstrategie, Berlin, März 2009
- Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege vom 25.03.2002 (BGBl. I S. 1193), zuletzt geänd. durch Artikel 3 des Ges. vom 22.12.2008 (BGBl. I S. 2986)
- Bunzel A. (1992): Begrenzung der Bodenversiegelung; Planungsziele und Instrumente. Deutsches Institut für Urbanistik, Beiträge zur Stadtforschung (8) Berlin
- Bunzel A., Hinzen A., Ohligschläger G. (1997): Umweltschutz in der Bebauungsplanung. Umweltbundesamt (Hrsg.) Bauverlag Wiesbaden u. Berlin
- Bründl W., Mayer H., Baumgartner A. (1986): Untersuchung des Einflusses von Bebauung und Bewuchs auf das Klima und die lufthygienischen Verhältnisse in bayerischen Großstädten; Abschlussbericht zum Teilprogramm „Klimamessungen München“. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC 2007, SPM WG I, S. 10, dt. Fassung
- IPCC 2008: Klimaänderung 2007; Synthesebericht; Deutsche Übersetzung, Hrsg.: Dt. IPCC Koordinierungsstelle, Berlin, 109 S.
- Kaule (2002): Umweltplanung, UTB, Ulmer Verlag Stuttgart
- Landtag von Baden-Württemberg Drucksache 14/4389 vom 23.04.2009
- Nachbarschaftsverband Stuttgart (Hrsg.) (1992): Klimauntersuchung für das Gebiet des Nachbarschaftsverbandes. Stuttgart und angrenzende Teile der Region Stuttgart, Klimaatlas
- Ohlwein K. (1984): Dachbegrünung – ökologisch und funktionsgerecht. Bauverlag Wiesbaden und Berlin
- Pohl W., Schulze H.-D., Großmann M. (1984): Gutachten: Werte für die Landschaftsplanung – Grünvolumenzahl und Bodenfunktionszahl. Schriftenreihe der Umweltbehörde Hamburg (Heft 9/1984)
- Robel F., Hoffmann U., Riekert A., 1978: Daten und Aussagen zum Stadtklima von Stuttgart auf der Grundlage der Infrarot-Thermographie. Beiträge zur Stadtentwicklung Nr. 15. Landeshauptstadt Stuttgart

Städtebauliche Klimafibel (1998): Hinweise für die Bauleitplanung. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.), auch www.staedtebauliche-klimafibel.de

Verband Region Stuttgart (Hrsg.): Klimaatlas Region Stuttgart, 2008

Vogt U., Baumbach G., Hansen S., Rühling A.: Messungen der Kaltluftströme und Luftverunreinigungs-Vertikalprofile im Plangebiet „Stuttgart 21“, Heft 15, Untersuchungen zur Umwelt „Stuttgart 21“, Landeshauptstadt Stuttgart

In der Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz sind bisher erschienen:

Publications to date from the series by the Environmental Protection Office:

Jahresbericht 1992, Chemisches Institut	(Heft 1/1993) - vergriffen -
Energiesparendes Bauen	(Heft 2/1993)
Stadtklimatologische Stadtrundfahrt in Stuttgart	(Heft 3/1993)
Luftschadstoffbelastung an ausgewählten Straßen in Stuttgart	(Heft 4/1993)
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1992	(Heft 5/1993) - vergriffen -
Jahresbericht 1993, Chemisches Institut	(Heft 1/1994)
Das Mineral- und Heilwasser von Stuttgart	(Heft 2/1994) - vergriffen -
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1993	(Heft 3/1994)
Unser Beitrag zur V. Internationalen Gartenbaustellung IGA '93 in Stuttgart	(Heft 4/1994)
Jahresbericht 1994, Chemisches Institut	(Heft 1/1995)
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1994	(Heft 2/1995)
Die Böden Stuttgarts - Erläuterung zur Bodenkarte	(Heft 3/1995)
Energiekonzept Viesenhäuser Hof	(Heft 4/1995)
Der Steinkrebs im Eisenbach	(Heft 5/1995)
Jahresbericht 1995, Chemisches Institut	(Heft 1/1996)
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1995	(Heft 2/1996)
Altlastenverdachtsflächen in Stuttgart	(Heft 3/1996) - vergriffen -
Altlastenverdachtsflächen in Stuttgart - Kurzfassung -	(Heft 3/1996) - vergriffen -
Stuttgarter Biotopatlas - Methodik, Beispiele und Anwendung	(Heft 4/1996) - vergriffen -
Jahresbericht 1996, Chemisches Institut	(Heft 1/1997)
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1996	(Heft 2/1997)
Klimaschutzkonzept Stuttgart (KLIKS)	(Heft 3/1997) - vergriffen -
Das Stuttgarter Mineralwasser - Herkunft und Genese	(Heft 1/1998) - vergriffen -
Jahresbericht 1997, Chemisches Institut	(Heft 2/1998)
Schallimmissionsplan Stuttgart - Vaihingen	(Heft 3/1998)
Stuttgarter Flusskrebse - vereinfachter Nachdruck -	(Heft 4/1998) - vergriffen -
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1997	(Heft 5/1998)
Verkehrslärmkartierung Stuttgart 1998	(Heft 6/1998)
Sprengbomben und andere Kampfmittelaltlasten 1945 - 1998	(Heft 7/1998)
Pflege- und Entwicklungsplan Vördere	(Heft 8/1998)
Kalibrierung regionaler Grundwasserströmungsmodelle	(Heft 1/1999)
Jahresbericht 1998, Chemisches Institut	(Heft 2/1999)
Lärminderungsplan Stuttgart-Vaihingen, Runder Tisch	(Heft 3/1999)

Altlastenerkundung Neckartalaue, Abschlussbericht	(Heft 4/1999)
Die Wildbienen Stuttgarts	(Heft 5/1999)
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1998	(Heft 6/1999) - vergriffen -
Pilotprojekt Lärminderungsplan Stuttgart-Vaihingen	(Heft 1/2000) - vergriffen -
Stuttgarter Biotopatlas - Methodik, Beispiele und Anwendung - überarbeitete Neuauflage -	(Heft 2/2000)
Kombinierte Markierungsversuche im Mineralwasseraquifer Oberer Muschelkalk, Stadtgebiet Stuttgart	(Heft 1/2001)
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 1999/2000	(Heft 2/2001)
ISAS - Informationssystem Altlasten Stuttgart	(Heft 3/2001)
Die Amphibien und Reptilien in Stuttgart	(Heft 1/2002) - vergriffen -
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2001	(Heft 2/2002)
Das Grundwasser in Stuttgart	(Heft 1/2003) - vergriffen -
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2002	(Heft 2/2003)
Lärminderungsplan Stuttgart-Zuffenhausen	(Heft 1/2004)
Gewässerbericht 2003	(Heft 2/2004)
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2003	(Heft 3/2004)
Technischer Heilquellenschutz in Stuttgart	(Heft 4/2004)
Nutzung der Geothermie in Stuttgart	(Heft 1/2005) - vergriffen -
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2004	(Heft 2/2005)
Die Heuschrecken Stuttgarts Verbreitung, Gefährdung und Schutz	(Heft 3/2005)
Biotopverbundplanung in Stuttgart Ziele, Vorgehen und Umsetzung	(Heft 1/2006) - vergriffen -
Energiebericht - Fortschreibung für das Jahr 2005	(Heft 2/2006)
Hydrogeologie des Stuttgarter Mineralwassersystems	(Heft 3/2006)
Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS)	(Heft 4/2006)
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2006	(Heft 1/2007)
Gaswerke in Stuttgart - Auswirkungen auf Boden und Grundwasser	(Heft 2/2007)
Umweltaspekte in der räumlichen Planung in Stuttgart	(Heft 1/2008)
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2007	(Heft 2/2008)
Öffentlichkeitsbeteiligung für den Lärmaktionsplan Stuttgart - Ergebnisbericht -	(Heft 3/2008)
Environmental aspects in spatial planning in Stuttgart	(Heft 1/2009)
Untersuchungen an der Alten Inselquelle	(Heft 2/2009)
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2008	(Heft 3/2009)

Integrale Grundwasseruntersuchung in Stuttgart-Feuerbach	(Heft 4/2009)
Lärmaktionsplan der Landeshauptstadt Stuttgart 2009	(Heft 1/2010)
Energiebericht, Fortschreibung für das Jahr 2009	(Heft 2/2010)
Der Klimawandel – Herausforderung für die Stadtklimatologie	(Heft 3/2010)
Climate change – challenge facing urban climatology	

Die Ausgaben der Schriftenreihe erscheinen in begrenzter Auflage. Sie sind gegen eine Schutzgebühr, zuzüglich 3,00 € für den Postversand erhältlich bei: Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Gaisburgstraße 4, 70182 Stuttgart.

The above publication series were issued in a limited edition and may be purchased for a nominal fee plus 3.00 € p+p from: Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Gaisburgstraße 4, 70182 Stuttgart, Germany

