



**Bahmann & Schmonsees GbR**

**Arbeitsgemeinschaft für  
Umwelt-Meteorologie  
und Luftreinhaltung**



Dipl.-Met. Wolfram Bahmann  
von der IHK Aachen öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für  
Ausbreitung von Luftbeimengungen

Dipl.-Met. Nicole Schmonsees  
von der IHK Flensburg öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für  
Luftreinhaltung (Ausbreitung von Luftbeimengungen) und Mikroklima

**E.ON Kraftwerk Staudinger**

**Gutachten  
zum Einfluss des Kraftwerks Staudinger  
auf den Kaltfluthaushalt**

Auswirkungen des Kühlturbetriebs und der Bauwerke des  
Kraftwerks im Bereich von Klein- und Groß-Auheim

**(Rev00)**

---

Proj. W0108/09/02

28. April 2008

**ArguMet - Büro West** • Dipl.-Met. Wolfram Bahmann  
Tacitusweg 12 • D-50321 Brühl • Tel. 02232 209 114 • Fax 02232 209 123 • eMail west@argumet.de

**ArguMet - Büro Nord** • Dipl.-Met. Nicole Schmonsees  
Dorfstr. 5d • D-24857 Borgwedel • Tel. 04621 360431 • Fax 04621 934705 • eMail nord@argumet.de

www.argumet.de

**Titel** : **Gutachten zum Einfluss des Kraftwerks Staudinger  
auf den Kaltlufthaushalt**

Auswirkungen des Kühlturbetriebs und der Bauwerke des  
Kraftwerks im Bereich von Klein- und Groß-Auheim

**(Rev00)**

**Auftraggeber** : E.ON Kraftwerke GmbH  
Postfach 1120  
63534 Großkrotzenburg

**Auftrag vom** : 25.02.2008

**Bestellnummer** : 4530402260/KN3/0346/NB

**Auftragnehmer** : [argumet](#)  
Arbeitsgemeinschaft für Umweltmeteorologie und Luftreinhaltung  
Bahmann & Schmonsees GbR  
Büro West  
Tacitusweg 12  
50321 Brühl

**Bearbeiter** : Dipl.-Met. Wolfram Bahmann

**Projekt-Nr.** : W0108/09/02

**Stand** : 28.04.2008

**Seitenumfang** : 21

## Inhalt

1	Situation und Aufgabenstellung .....	4
2	Beurteilung von Mikroklima.....	5
3	Lokale Windverhältnisse.....	6
4	Topographie am Standort.....	10
5	Windschwache Wetterlagen, Kaltluftströmungen .....	12
6	Größenvergleiche am Standort.....	17
7	Einfluss der geplanten Änderungen auf Luftströmung und Luftqualität .....	19
8	Daten, Unterlagen und Literatur .....	21

## 1 Situation und Aufgabenstellung

Aufgrund der Ausführungen des RA Möller-Meinecke und der Bedenken verschiedener Einwender im Verfahren zum Neubau des Kohlelagers am Standort Staudinger erhob die Genehmigungsbehörde die Forderung nach einer Stellungnahme zum Kaltlufthaushalt im Bereich des Kraftwerks, insbesondere im Hinblick auf die Ortslagen Klein- und Groß-Auheim. Wesentliche Grundlagen für die Bedenken sind in der Studie zum Bioklima in Hanau [1] und dem Luftreinhalteplan Untermain [2] aufgeführt. Diese Ausführungen werden in Ihrem Zusammenhang mit dem Kraftwerksneubau hinsichtlich ihrer Relevanz näher betrachtet.



**Bild 1: Lage des Standorts**

Folgende Schritte werden zur Klärung der Frage unternommen:

- Analyse des Klimagutachtens Stadt Hanau speziell bzgl. Kaltluftfluss im Standortbereich
- Topographiekartierung mit Geländesteigung sowie Landnutzung auf Basis des Geländemodells DGM50 und des CORINE-Katasters
- Auswertung von Erfahrungen zu schwerkraftgetriebenen Luftströmungen
- Größenvergleich von Querschnitten und Geschwindigkeiten bzgl. Baukörper und Kühlturbetrieb
- Beschreibung des Einflusses der geplanten Maßnahmen auf Strömungsverhältnisse und Luftqualität / Bioklima

## 2 Beurteilung von Mikroklima

Für die klimatologischen Parameter des Bioklimas wie Temperatur, Feuchte, Windgeschwindigkeit oder solare Einstrahlung gibt es keinen Bewertungsmaßstab im Hinblick auf die Veränderung durch Planungsmaßnahmen.

Der Immissionsschutz kennt solche Maßstäbe für die Luftgüte/Schadstoffbelastung und für den Lärm in Form der Technischen Anleitungen im Rahmen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Es gibt ebensowenig verbindliche, allgemein anerkannte und praxisbewährte Methoden zur Ermittlung von Einflüssen auf das Bioklima.

Oft wird der von einer Maßnahme wahrscheinlich verursachte Einfluss den natürlichen Schwankungsbreiten der jeweiligen Parameter gegenüber gestellt. Liegen die Einflüsse deutlich innerhalb dieser Schwankungsbreite, so werden sie vielfach als unbedeutend oder zumindest zumutbar angesehen.

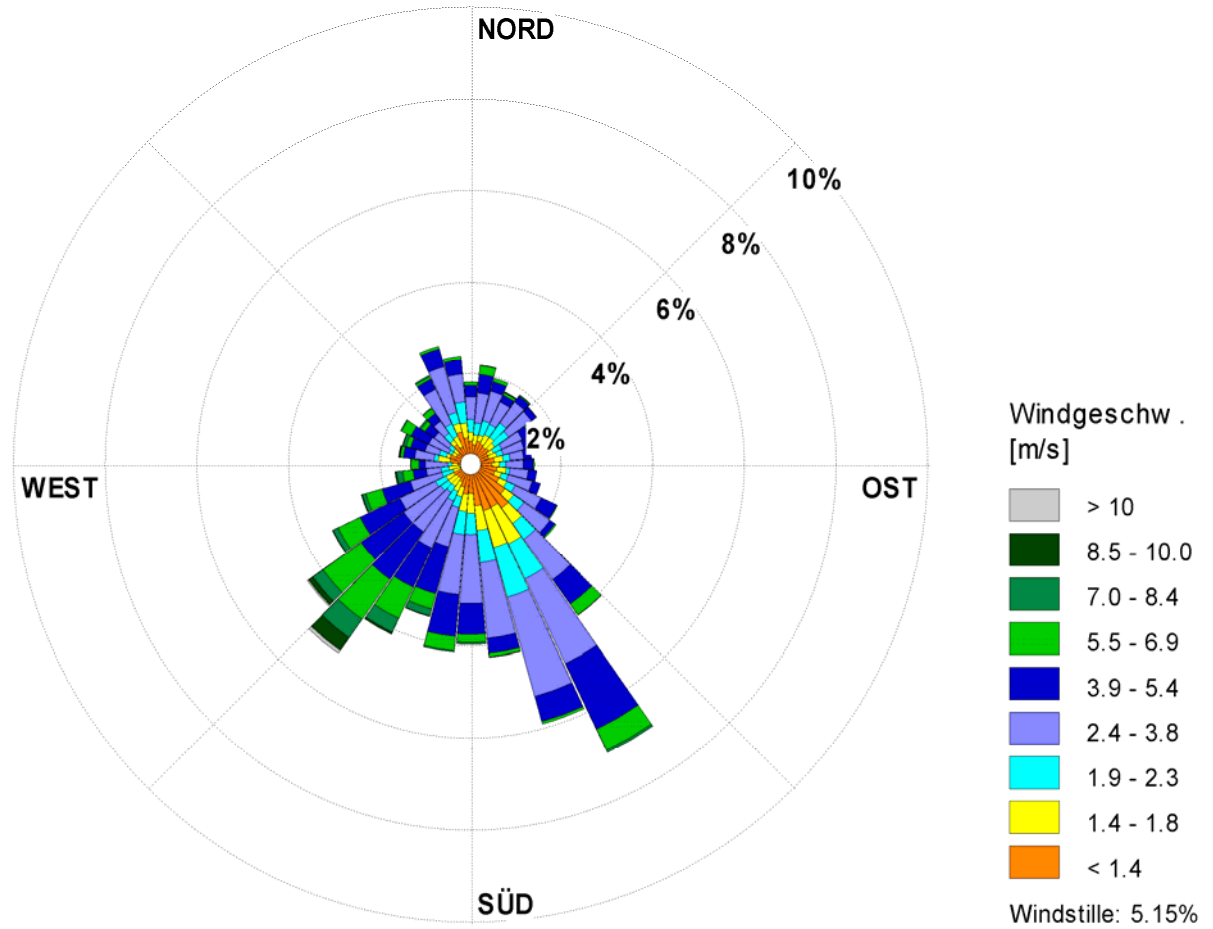
Im Bereich der Inanspruchnahme von Boden zur Überplanung mit technischen Anlagen, Lagerflächen oder Siedlungsbau führt fast immer erst die Vielzahl von Einzelvorhaben zu einer merklichen Veränderung. Welchem Vorhaben der jeweils festgestellte Einfluss zuzuordnen ist, lässt sich i.d.R. nicht sagen. Bebauungspläne und Zonierung von Nutzungen helfen hier Grundlagen für eine geordnete Planung zu legen. Die Flächen in diesem Vorhaben sind entsprechend ausgewiesen.

### 3 Lokale Windverhältnisse

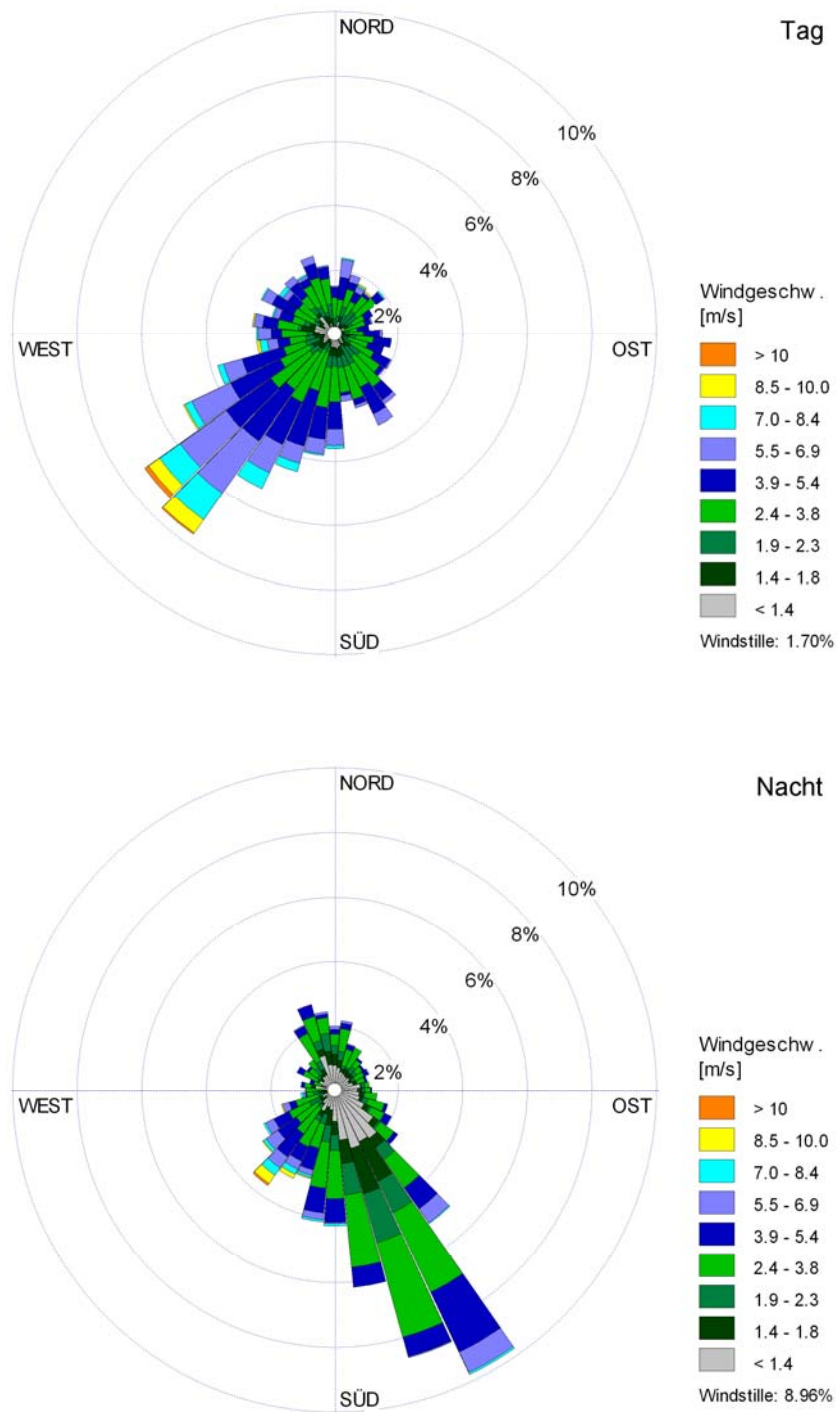
Aus dem Klimagutachten Hanau [1] wurde seitens der Einwender bzw. deren Rechtsvertreter u.a. aus den Planungsempfehlungen zitiert, um zu belegen, dass der geplante Kraftwerksblock und das Kohlelager am vorgesehenen Ort nicht errichtet werden dürften.

Das Windregime am Standort wird in der Immissionsprognose durch ein repräsentatives Jahr der ehemaligen Mess-Station Kahl/Wasserturm (25 m Höhe) der BayLfU beschrieben (vgl. Bild 1). Hier kommt das Häufigkeitsmaximum der südlichen Richtungen, das auch in [1] erwähnt ist, deutlich heraus.

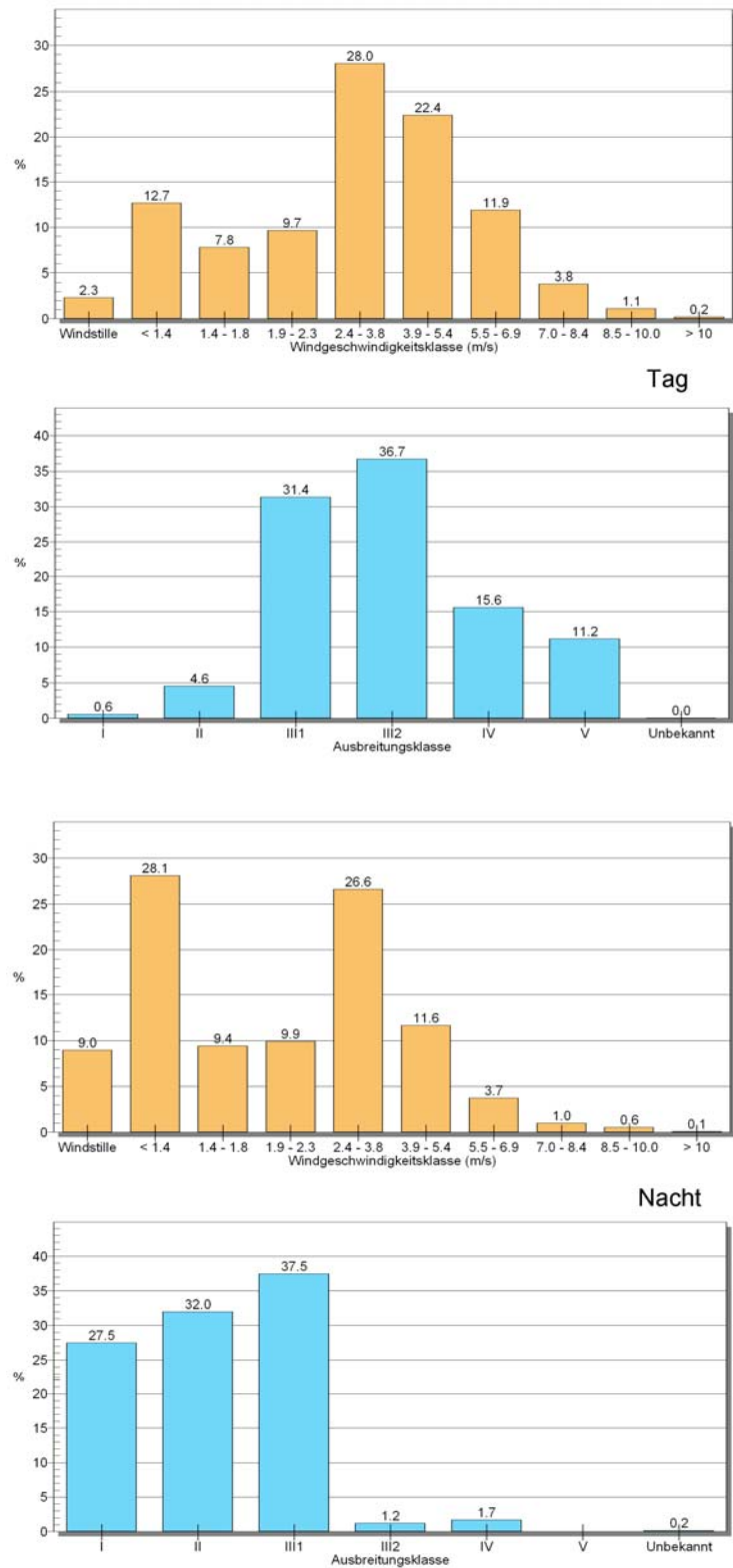
Das in [1] als windschwach beschriebene Windregime im Maintal wird von der Topographie dahingehend beeinflusst, dass südöstliche Winde bei ruhigen Wetterlagen vermehrt auftreten. Dieser Charakteristik wird u.a. in der Immissionsprognose Rechnung getragen durch Verwendung einer stündlichen Zeitreihe der meteorologischen Ausbreitungsbedingungen. Die Windrosen des betrachteten repräsentativen Jahres zeigen bei einer Aufspaltung in die beiden Zeitabschnitte Tag (10 – 16 Uhr) und Nacht (0 bis 7 Uhr) ohne die Übergangszeiträume einen deutlichen Unterschied in der Verteilung (vgl. Bild 3). Tags herrschen die Südwestwinde vor während nachts die Südsüdostwinde (Maintal) vermehrt auftreten. Dass sich auch die Verteilungen von Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse (thermische Schichtung) unterscheiden (vgl. Bild 4) wundert natürlich nicht. Die stabilen Klassen und geringere Windgeschwindigkeiten treten überwiegend nachts auf, wo der Antrieb durch die solare Einstrahlung fehlt. Tagsüber wird die Atmosphäre stärker durchmischt, was auch die Windgeschwindigkeit ansteigen lässt.



**Bild 2:** Windrose im Jahresmittel 2001 (repräsentatives Jahr)



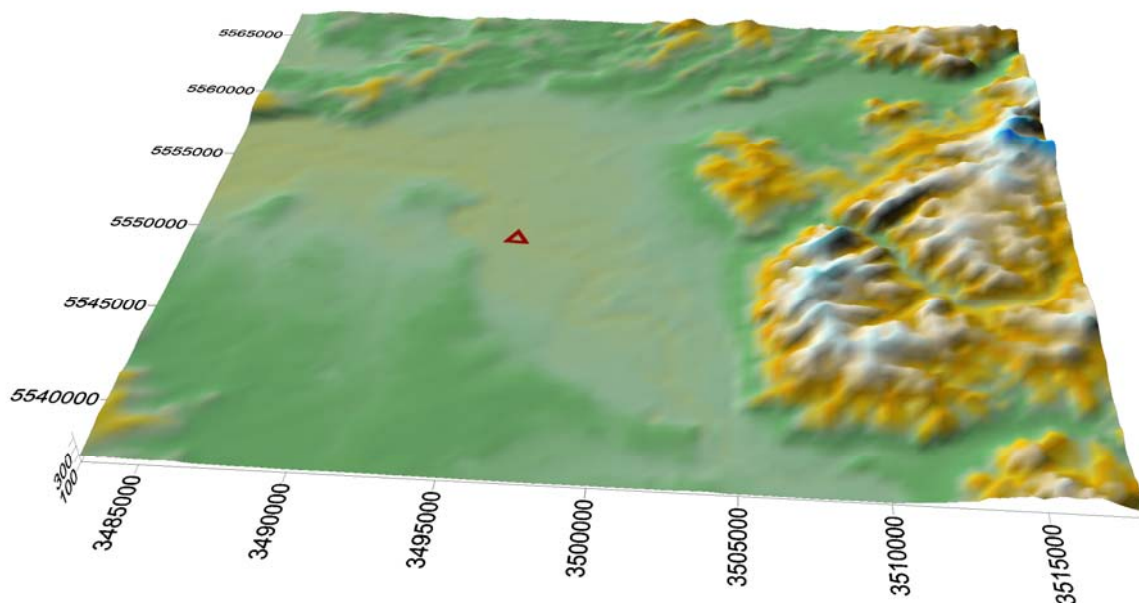
**Bild 3: Windrosen für Tag (oben) = 10 – 16 Uhr und Nacht (unten) = 0 – 7 Uhr**



**Bild 4: Häufigkeitsverteilungen für Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse  
Tag (oben) = 10 – 16 Uhr, Nacht (unten) = 0 bis 7 Uhr**

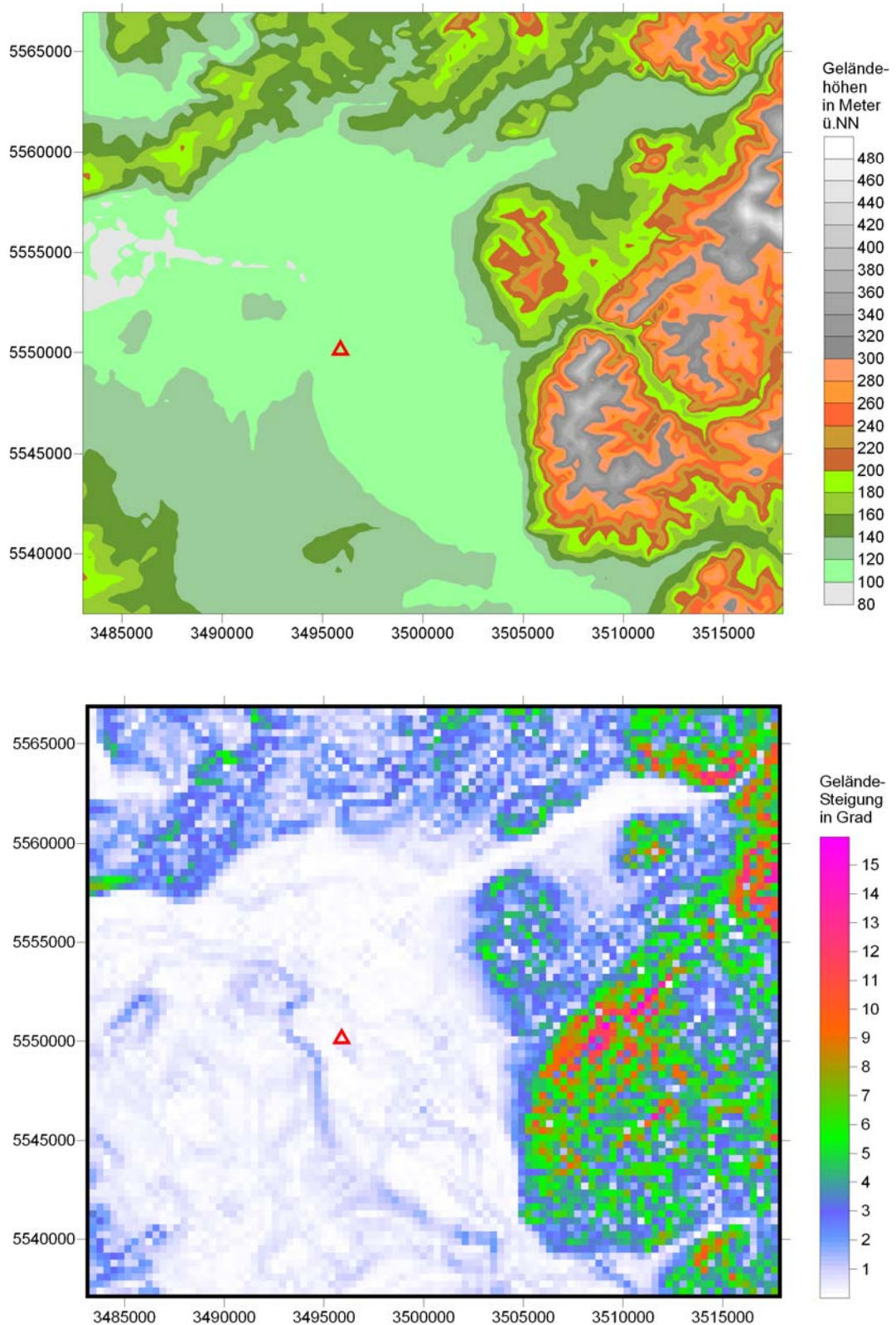
## 4 Topographie am Standort

Die topografische Situation wird aufgrund des amtlichen Geländehöhen-Katasters DGM50 näher erläutert. Eine 3D-Visualisierung mit Überhöhung der Vertikalachse zeigt Bild 5. Deutlich ist zu erkennen, dass sich die Spessart-Ausläufer erst in rund 10 km Entfernung östlich des Kraftwerk-Standortes erheben.



**Bild 5: Lage Kraftwerks Staudinger (Dreieck) in 3D-Ansicht  
(mit gestreckter Vertikalachse dargestellt)**

Genauer als in diesem Bild lassen sich die Höhen in der 2D-Darstellung ablesen (Bild 6). Höhen zwischen 100 und 200 m ü.NN sind dort in Grüntönen gehalten. Das untere Teilbild zeigt die Geländeneigung in Grad. Das gesamte Mainbecken weist nur Werte bis etwa 3 Grad auf. Wenn von einem gradientschwachen Gelände gesprochen wird, dann betrifft dies die Abweichung des Erdbodens von der Horizontalen, also seine Neigung. Detailkarten im Bereich des Kraftwerks werden im nächsten Kapitel gezeigt.



**Bild 6:** Lage des Kraftwerks (Dreieck) mit Geländehöhen (oben) und Geländesteigung (unten)

## 5 Windschwache Wetterlagen, Kaltluftströmungen

Damit es überhaupt zu einer Luftbewegung kommt, die mit dem Begriff „Kaltluftabfluss“ beschrieben werden kann, sind mehrere Faktoren von Bedeutung ([5], [6], [7]).

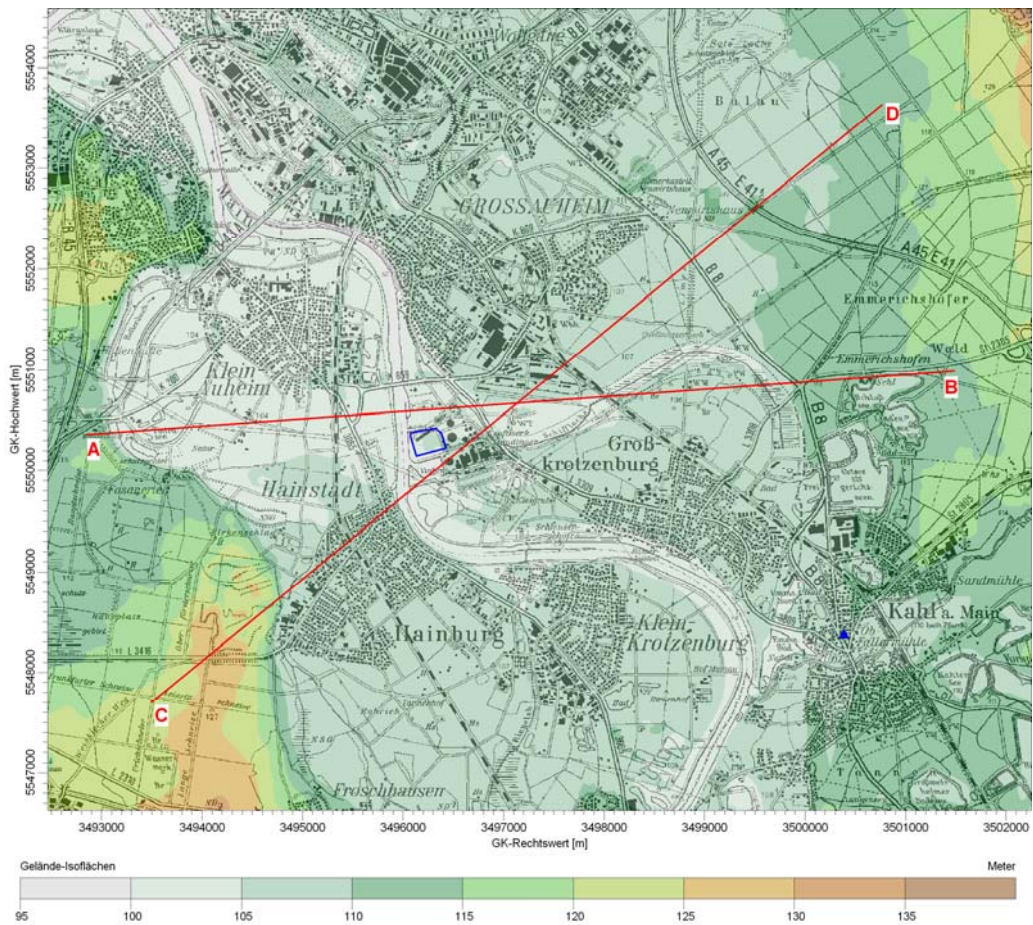
Zunächst muss eine Luftschicht existieren, deren Temperatur niedriger ist als die der umgebenden Luft. Das ist immer dann der Fall, wenn die vom Boden abgestrahlte Energie größer ist als die durch Einstrahlung aufgenommene Energie. Bei klarem Himmel, wenig Wind und einer Ackerfläche oder einer gemähten Wiese tritt dies leichter auf, als über Buschland oder gar über einem bebauten Gebiet.

Damit die Schwerkraft wirken kann, muss das Gelände eine Neigung aufweisen, so dass die kalte und damit schwerere Luft der Geländeneigung folgend sich überhaupt in Bewegung setzt. Außerdem darf der Untergrund durch Bewuchs oder Bebauung nicht zu viel Widerstand entgegensetzen.

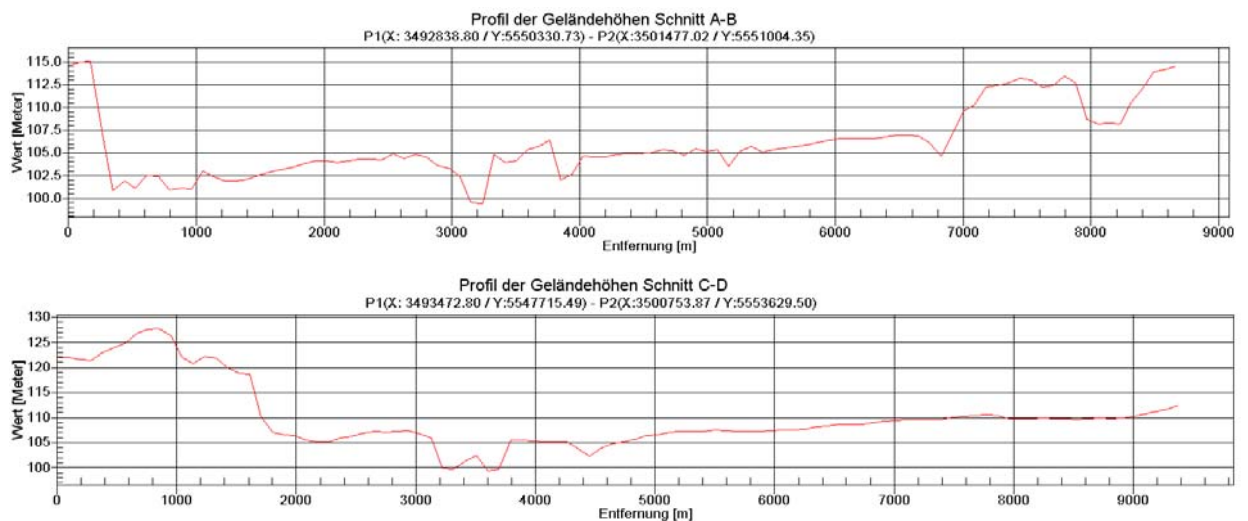
Bei den geringen Geländesteigungen (Höhengradient) im Umfeld des Kraftwerks sind ggf. beobachtete Luftbewegungen bei sonstiger Windstille nicht als schwerkraftgetriebene Luftströmungen begründbar.

Auch mit einer Modellierung von derart flachen Tälern lassen sich die großräumig beobachtete nächtlichen Strömungen (vgl. Bild 3 unten) nicht aus dem Kaltluftpotenzial der betrachteten Randhöhen ableiten. So zeigen Simulationen selbst im Oberrheingraben und in der Kölner Bucht die dort beobachteten südlichen Komponenten nicht in der gemessenen Intensität. Ursache hierfür sind großräumige Druckunterschiede, die sich an Strahlungstagen einstellen. Dieser Effekt kann mit der Modellphysik nicht generiert werden, sondern müsste als "großräumiger" Druckgradient überlagert werden. Dass unterschiedliche Druckverhältnisse zu Luftströmungen führen ist wiederum so trivial, dass der Aufwand einer Modellierung nicht gerechtfertigt erscheint.

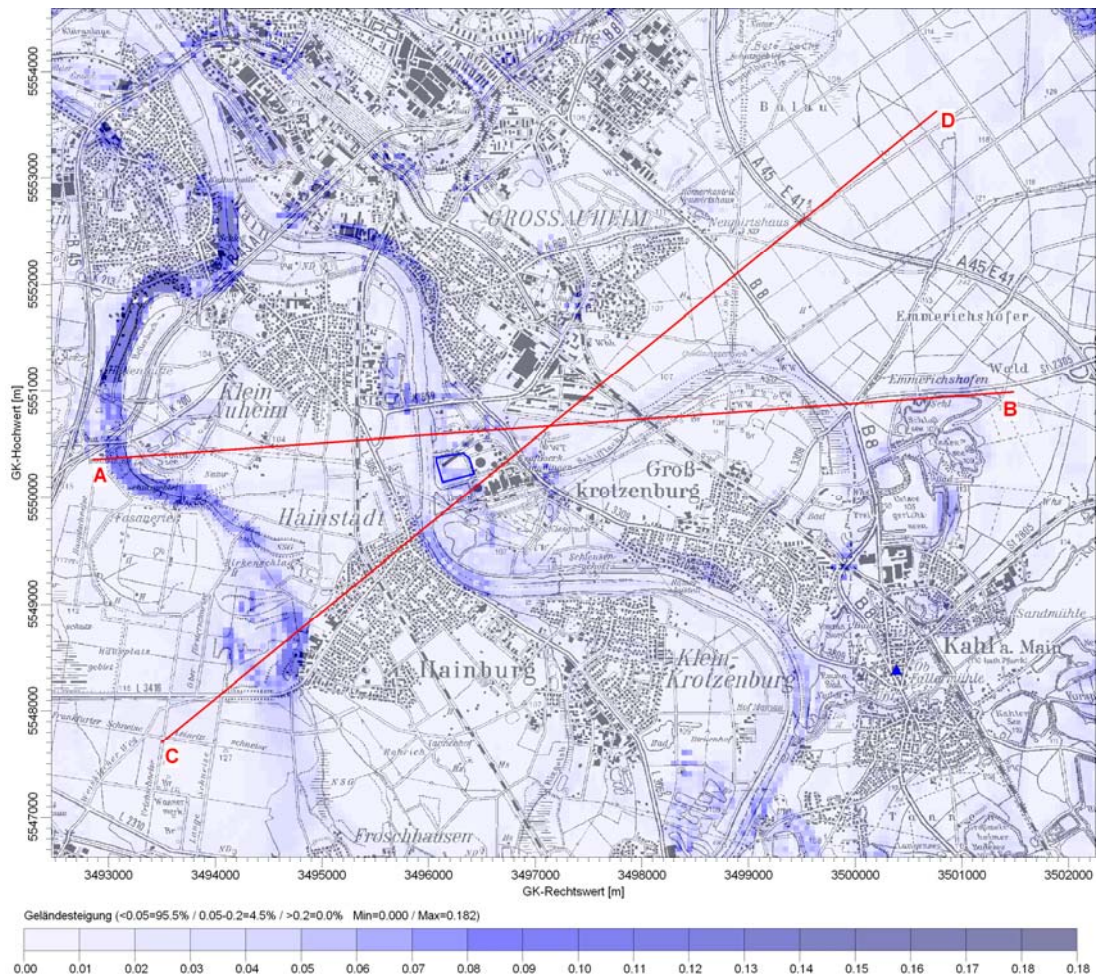
Das amtliche Höhenkataster ist in Bild 9 auch nochmals für Nahbereich des Standorts dargestellt. Die in Bild 10 gezeigten Höhenprofile entlang der Schnittlinien von Bild 9 belegen nur geringe Höhenunterschiede quer zur Richtung des Maintals. Über eine Entfernung von 8 bis 9 km treten nur Unterschiede von max. 15 bis 25 Metern auf. (Bei der Interpretation dieser Profile ist auf die starke Überhöhung der vertikalen Achse zu achten; nur so ist überhaupt eine ablesbare Kurve darstellbar.)



**Bild 9:** Lage des Kraftwerks mit Geländehöhen (Detail) und Schnittlinien A-B bzw. C-D

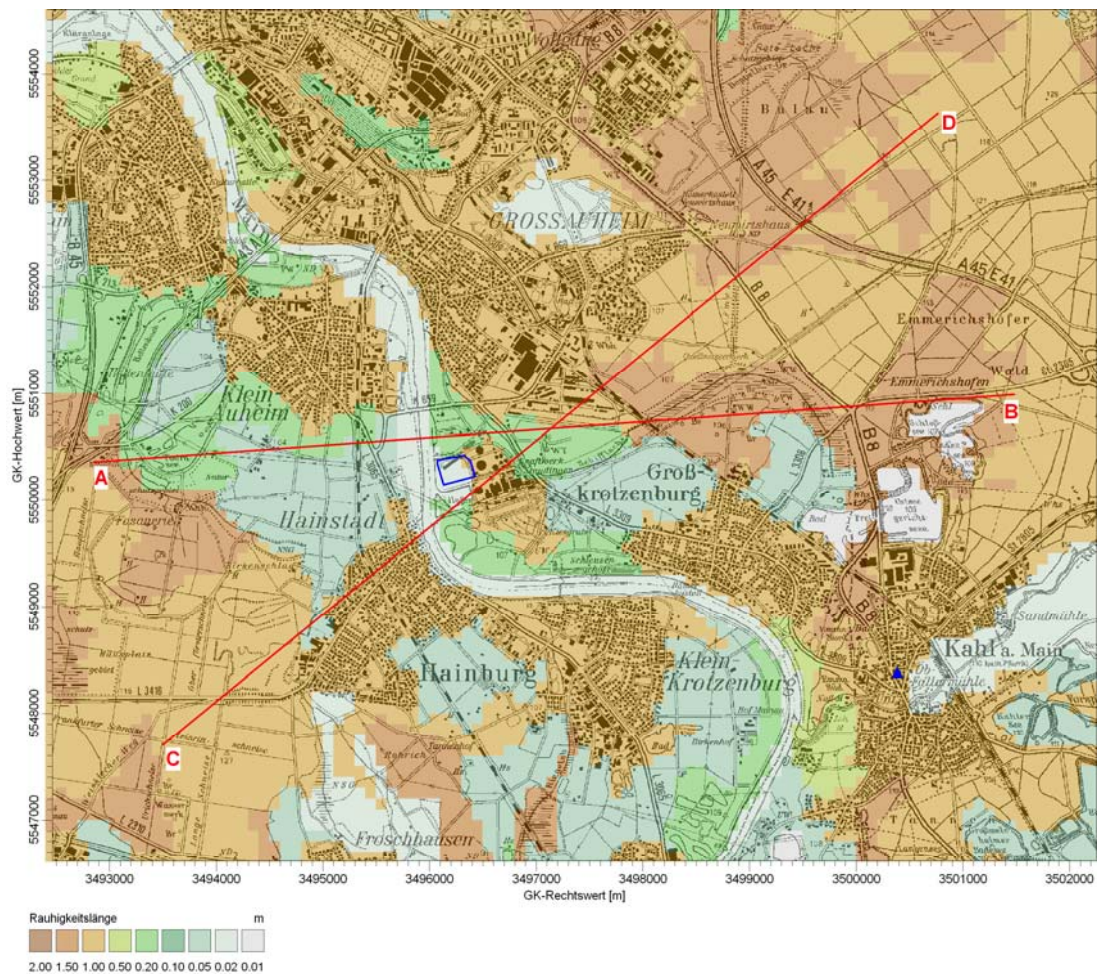


**Bild 10:** Höhenprofile entlang der Schnittlinien von Bild 9  
 Die vertikale Überhöhung beträgt im oberen Profil Faktor 70, im unteren ca. 40.



**Bild 11: Lage des Kraftwerks mit Geländeneigung (Detail)**

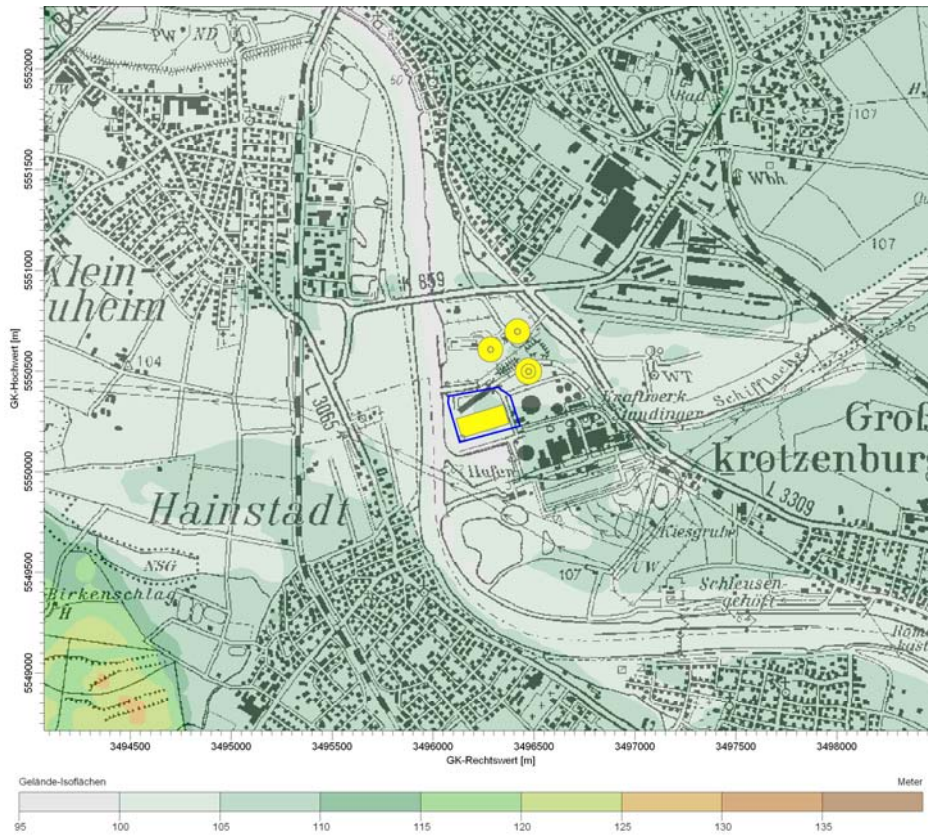
Die in Bild 11 gezeigte Geländeneigung (gleiches Gebiet wie Bild 9) zeigt im nahen Umfeld des Kraftwerks nur geringe Werte. Die sog. Reliefenergie ist dementsprechend verschwindend gering. Kaltluftbewegungen sind eher unwahrscheinlich und werden in den Arbeiten [1] und [2] allenfalls vermutet. Eine logischere Begründung sind die weiter vorne schon erwähnten Druckunterschiede, die zu Ausgleichsströmungen führen.



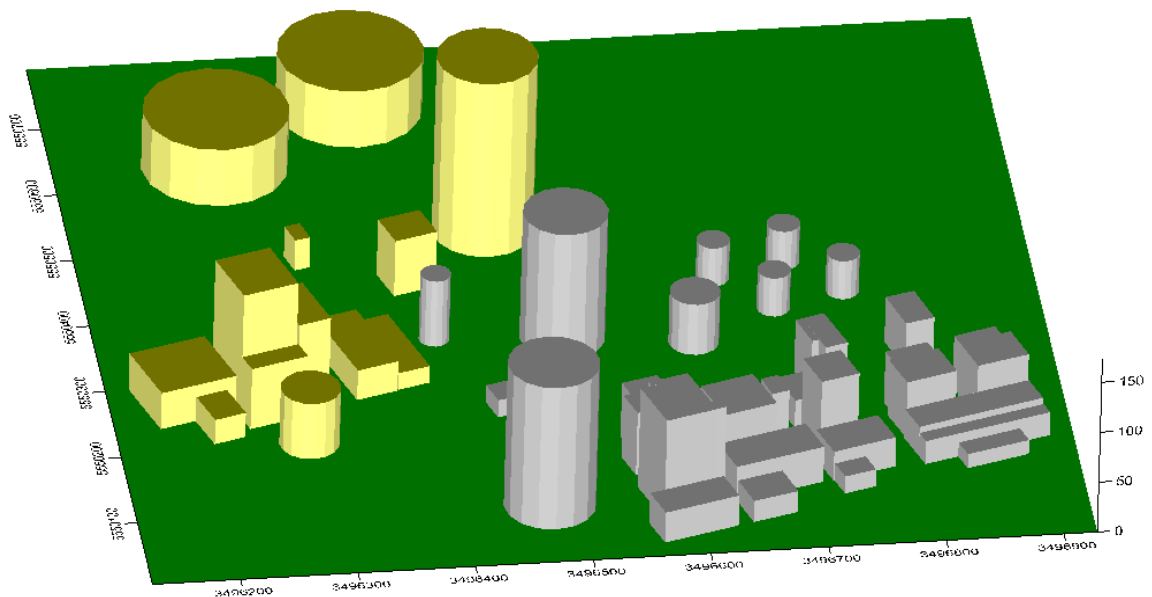
**Bild 12: Lage des Kraftwerks mit Oberflächenrauigkeit (Detail) (nach [4])**

Bild 12 zeigt den gleichen Kartenausschnitt wie Bild 9 und 11, allerdings mit dem Parameter Geländerauigkeit bzw. Rauigkeitslänge. Je größer der Wert, desto mehr wird der Wind im bodennahen Niveau abgebremst. Dieser Wert ist im Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 [4] über den Index des Landnutzungs-Katasters CORINE enthalten.

Klein-Auheim ist allein von der räumlichen Lage her von den Maßnahmen am Kraftwerksstandort nicht betroffen. Die gesamte Süd- bis West-Peripherie dieses Ortsteils bleibt unverändert. Höchstens die südliche Spitze von Groß-Auheim wird durch die Nähe der Kohlekreisler beeinflusst. Gleichzeitig wird aber gerade dieser Bereich zukünftig durch geringere Feinstaubbelastung beim Kohleumschlag eine verbesserte Immissionssituation erleben. Da die Staubbelastung auch zum Bioklima gehört, findet hier eine Entlastung statt.



**Bild 7: Lage Kraftwerks Staudinger (mit neuen Gebäudeflächen in gelb)**



**Bild 8: Modelldarstellung der bestehenden (grau) und geplanten (gelb) Baukörper**

## 6 Größenvergleiche am Standort

An prinzipiellen Einflüssen könnten auftreten:

- Veränderung der Luftströmung und des Turbulenzfeldes durch Baukörper
- Veränderung des Windfeldes als Folge des Luftdurchsatzes durch die Kühltürme
- Veränderung der Schadstoffquellen

Es gilt insbesondere zu klären ob die geplanten Baumaßnahmen relevant sind für die befürchteten Auswirkungen und ob sie erhebliche Nachteile mit sich bringen.

Wie weiter vorne bereits erwähnt sind bioklimatische Verhältnisse anders als die Luftqualität nicht durch Normen und Richtlinien festgeschrieben.

Die Planungsempfehlungen im Hinblick auf Kaltluft-Ventilationsbahnen basieren häufig eher auf theoretischen Überlegungen und Schlussfolgerungen als auf konkreten Nachweisen durch Beobachtungen und Messungen.

In etwa einem Drittel des Jahres treten Wetterlagen auf, die durch geringe Druckunterschiede gekennzeichnet sind. Als Folge bilden sich nur geringe Windgeschwindigkeiten als Ausgleich des Druckunterschiedes aus. Oft sind diese Wetterlagen mit östlichen Windrichtungen verbunden.

Das Argument, Baukörper würden die Kaltluftventilationsbahnen blockieren, ist eine einseitige Formulierung von Einwirkungen höherer Gebäude auf die Strömung und die Austauschverhältnisse.

Höhere Gebäude haben nur teilweise einen die Strömung bremsenden Effekt; sie mischen auch Luft aus größeren Höhen bis in den bodennahen Bereich. Dies hat gerade bei Inversionswetterlagen nicht eindeutig negative Effekte.

Außerdem stellen die Kraftwerksgebäude eine durchbrochene Struktur mit einer Höhenstufelung dar (vgl. Bild 8 und in der Aufsicht in Bild 7). Die Luft fließt bei stabiler Schichtung um die Gebäude herum; bei zunehmender Stärke der Strömung findet auch ein Austausch durch vertikale Luftbewegungen statt. Hier wirkt ein Kraftwerksgebäude oder ein Kühlturm nicht anders als andere hohe Bauwerke.

Einwendungen bzgl. der Wirkung der Kühltürme auf das Mikroklima sind in einem eigenen Gutachten mit Anwendbarkeitsprüfung der VDI-Richtlinie 3784 Blatt 1 bereits behandelt worden. Auch zur Verschattung durch Schwaden ist dort Stellung genommen worden. Deshalb wird dieser Punkt hier nicht weiter betrachtet.

Es soll jedoch die Größenordnung der Luftmasse abgeschätzt werden, die durch die Kühltürme in Bodennähe angesaugt und in Mündungshöhe als Schwaden wieder freigesetzt werden.

Es handelt sich um derzeit 2 und nach der geplanten Errichtung von Block 6 um einen weiteren Kühlturm. Insgesamt werden bei Vollastbetrieb aller drei Kühltürme dann etwa 110 Mio. m<sup>3</sup>/h Schwaden in Höhen zwischen 130 und 170 m über Erdboden freigesetzt.

Bei Basisdurchmessern der Kühlturmschalen von 100 bis 130 m und einer Einlasshöhe von 10 m ergäben sich Geschwindigkeiten direkt am Kühlturmfuß von etwa 3,5 m/s. In 100 m Abstand hätte diese Geschwindigkeit ohne Vermischung mit der Atmosphäre schon auf rund 1,4 m/s abgenommen, in 200 m Entfernung auf unter 1 m/s und in 500 m wäre eine durch den Kühlturm verursachte Strömung in seine Richtung praktisch nicht mehr wahrnehmbar.

Damit ist die Reichweite des Einflusses als gering einzustufen. Auch das Windfeld „vergisst“ die Anwesenheit von Störkörpern nach Wegen von 5 bis 10 Hindernishöhen; d.h. dieser Einfluss, der bei nicht-windschwachen Wetterlagen aufträte, würde weiter reichen als die durch den Sog der Kühltürme hervorgerufene Beeinflussung der ruhenden Luft.

Wenn Luft in einer Schicht von 50 m Höhe mit nur 0,5 m/s das Maintal im Querschnitt A-B des Bildes 9 entlang fließt, so beläuft sich das Volumen schon mindestens auf das 6-fache des Durchsatzes der Kühltürme.

In Anbetracht der Flächengröße für die Kohlelager kann die Inanspruchnahme von unbebautem Gebiet nicht eindeutig als negativ eingestuft werden. Die Kohlekreislager verhindern zukünftig wesentliche Anteile der Staubfreisetzung beim Kohleumschlag (gegenüber dem Freilager). Diese Staubmengen breiten sich dann zukünftig nicht mehr mit den lokalen Luftströmungen aus, führen also zu einer Verbesserung der Belastungssituation im Umfeld.

Die Erhaltung oder Förderung von Kaltluftentstehungsräumen ohne Reduzierung von Emissionsquellen mag zwar die thermische Belastung (theoretisch) etwas reduzieren, nicht zwingend jedoch auch den anderen wichtigen Faktor, die Luftqualität.

Eine Blockierung der Luftströmung durch Einzelgebäude oder eine Ansammlung von Baukörpern begrenzten Umfangs - wie im vorliegenden Fall - ist nicht zu befürchten. Sie lässt sich nicht einmal theoretisch belegen.

Bei einer Wetterlage mit stabiler Schichtung und Bodeninversion in den ländlichen Gebieten, die sich im Bereich von Gewässern oder besiedeltem Gebiet abhebt, fließt die Luft, wenn sie sich überhaupt bewegt, um die Hindernisse herum.

Die Bedeutung des Planungsgebietes als Kaltluftlieferant wird postuliert aber nicht stichhaltig belegt. Wenn es so wäre, würde auch der Feinstaub des Kohlefreilagers über diesen Weg in den Siedlungsbereich gelangen. Dies wiederum verhindert zukünftig die neu geplante Einrichtung der geschlossenen Kreislager.

## 7 Einfluss der geplanten Änderungen auf Luftströmung und Luftqualität

Auch wenn sich aufgrund theoretischer Überlegungen Einflüsse der neu geplanten Kraftwerksteile auf die Umgebung ableiten lassen, so ist eine relevante Größenordnung nicht belegbar. Die nur begrenzte Erweiterung von Baukörpern hat einen nur unbedeutenden Einfluss auf die Strömungsverhältnisse.

Wichtiger erscheint in Bezug auf das Bioklima die deutliche Reduzierung von diffusen Feinstaubquellen durch die Einhausung der Kohlelager. Ebenso wirkt der Ersatz von alter Feuerungstechnologie (Ersatz älterer Blöcke) sicher ebenfalls positiv.

Eine erhebliche oder gar unzumutbare Verschlechterung der Belüftungssituation ist weder den durchgeführten Studien ([1], [2]) zu entnehmen noch ist diese nach Vergleich der wirksamen Flächen zu befürchten.

Die beiden bestehenden Kühltürme bzw. der neu geplante haben in ihrer „Saugwirkung“ selbst theoretisch und bei Windstille nur einen auf wenige hundert Meter begrenzten Wirkradius.

Der Main als einzig nachvollziehbare Ventilationsbahn wird durch die Baumaßnahme nicht beeinflusst, bleibt also weiterhin wirksam.

Der südliche Rand von Groß-Auheim liegt den geplanten Kohlekreislagern am nächsten. Auch der DWD räumt ein, dass die Flurwunde kaum nachzuweisen sind. Sollten sie dennoch existieren, stellen die beiden glatten Rundbehälter keine Barriere da. Luft bei stabiler Schichtung neigt dazu, Baukörper zu umströmen; dies erscheint insbesondere bei glatten Betonbehältern gegeben.

Sollte der thermische Diskomfort im Sommer tatsächlich geringfügig zunehmen - was durch die vorliegenden Studien nicht belegt ist -, so dürfte diese Änderung wahrscheinlich als zumutbar eingestuft werden. Grundlagen für eine Ablehnung aufgrund des Überschreitens von Grenzwerten (Bewertungsmaßstab) oder dgl. liegen jedenfalls nicht vor. Der Rahmen natürlicher Variabilität wird sicher nicht überschritten.

Eine Blockierung der Luftströmung durch die Kohlekreislager oder die Gebäude des Blockes 6 einschließlich Kühlturm ist sicher nicht zu befürchten. Ein solcher Effekt lässt sich selbst theoretisch kaum belegen.

Bei einer Wetterlage mit stabiler Schichtung und Bodeninversion in den ländlichen Gebieten, die sich im Bereich von Gewässern oder besiedeltem Gebiet abhebt, fließt die Luft, wenn sie sich überhaupt bewegt, um die Hindernisse herum.

Lediglich dem Main selbst wird - aufgrund der geringen Reliefenergie - eine wirkungsvolle

Ventilationsbahn zugeschrieben. Dieser Raum (Wasserfläche) bleibt durch die neu geplanten Baukörper unbeeinflusst, so dass hier keine negative Auswirkung vorliegt. Auch der südliche Bereich von Klein-Auheim wird durch die Kraftwerksplanung im Hinblick auf Luftströmungen nicht tangiert. Auch die östlichen Flächen werden durch das Vorhaben bzgl. des Luftaustauschs nicht negativ beeinflusst.

Die nur theoretische Existenz von Flurwinden im südlichen Bereich von Groß-Auheim und deren Vorteil für diesen Stadtteil wird von der Verbesserung der Luftgüte durch Reduzierung von Feinstaubquellen unmittelbar und nachweislich mehr als kompensiert.

Brühl, den 28.04.2008



Dipl.-Met. Wolfram Bahmann



Dipl.-Met. Wolfram Bahmann  
von der IHK Aachen öffentlich bestellter und vereidigter  
Sachverständige für Ausbreitung von Luftbeimengungen

## 8 Daten, Unterlagen und Literatur

- [1] Klimagutachten Stadt Hanau  
ifp - Insitut für Planungsdaten  
und Deutscher Wetterdienst  
Offenbach 1992
  
- [2] Luftreinhalteplan Untermain  
Hess. Landesanstalt für Umwelt  
i.A. Hess. Min. f. Umwelt und Reaktorsicherheit  
Wiesbaden 1988
  
- [3] ArguMet  
Auswirkungen des Kühlturbetriebs  
Neuplanung Block 6  
Kraftwerk Staudinger  
August 2007
  
- [4] AUSTAL2000  
Ausbreitungsmodell der TA Luft  
Umweltbundesamt ([www.austal2000.de](http://www.austal2000.de))  
Dessau, 2002
  
- [5] Vogt, J.  
Lokale Kaltluftabflüsse  
Karlsruher Schriften zur Geographie und Geoökologie  
Karlsruhe 2001
  
- [6] Geiger, R.  
The Climate Near the Ground (5. ed.)  
Braunschweig 1995
  
- [7] Bendix, J.  
Geländeklimatologie  
Stuttgart 2004