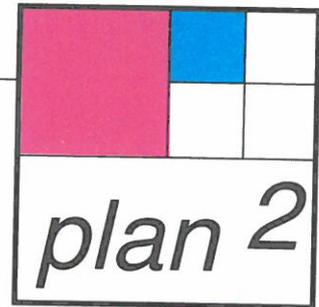


CARL + SAMIMIFACHGUTACHTER
FÜR DIE STADT- UND
LANDSCHAFTSPLANUNG

30	Baugforst	R4
11		Er
42		W
	28. JAN. 1998	K
44		St
45		R
16		W

**Klimatologisches Detailgutachten
für das Baugebiet Waikersreuther Straße,
Stadt Schwabach**

für die

Stadt Schwabach
Umweltschutzamt
91124 Schwabach

vorgelegt vom

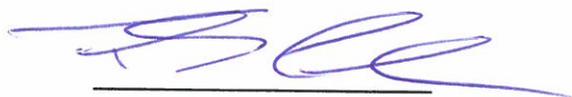
Gutachterbüro CARL + SAMIMI
Heisterstraße 31
90441 Nürnberg
Tel. 0911/417252
Fax 0911/413297

Projektleitung: Dr. Thomas Carl

Projektbearbeitung:

Dr. Thomas Carl, Andreas Nagl, Dr. Vogt (Büro für Angewandte Klimatologie)

Nürnberg, den 19.01.1998



Dr. Thomas Carl

Gliederung

1	Zusammenfassung	5
2	Aufgabenstellung und Zielaussage	5
3	Überblick über die geländeklimatologische Situation	6
4	Meßreihe zur Ermittlung der Kaltluftbewegung	
4.1	Meßtermin und Witterung	8
4.2	Meßtechnik	8
4.3	Horizontales Strömungsprofil	9
4.4	Vertikale Strömungsprofile	10
4.5	Die Bestimmung des Volumenflusses im Talquerschnitt	11
5	Meßreihe zur Ermittlung der nächtlichen Temperaturverteilung	
5.1	Meßtermin und Witterung	12
5.2	Meßtechnik	13
5.3	Die Temperaturverteilung im Sommer	13
5.4	Die Temperaturverteilung im Winter	14
6	Bewertung und Empfehlung	15
	Literatur	17

Anhang

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Talwärtige Geschwindigkeit der Kaltluft in 200 cm über Grund

Anhang

Anhang 1

Karte 1: Meßprofil für Rauchstrichversuche

Karte 2: Kaltluft-Leitbahn

Karte 3: Temperaturmeßpunkte

Karte 4: Temperaturanomalien im Sommer

Karte 5: Temperaturanomalien im Winter

Anhang 2

Vertikale Rauchstrichprofile

Anhang 3

Querprofil der Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft

Anhang 4

Ergebnisse der mobilen Temperaturmeßfahrten

1 Zusammenfassung

Die klimatologischen Untersuchungen weisen eine Kaltluftbewegung mit einem verhältnismäßig hohen Austauschpotential im Siechweihergraben nach. Durch die bestehende Bebauung und die dichten und hohen Baumbestände am Bebauungsrand und im Siechweihergraben selbst erreicht diese Kaltluft die Bereiche des Schwabacher Stadtkerns (Altstadt) nicht, die bei austauscharmen Wetterlagen thermisch und lufthygienisch belastungsgefährdet sind.

Für die teilweise in die Kaltflutleitbahn reichende talwärtige Fläche des geplanten Baugebietes Laubenhaid wird eine randliche abgestufte Heckenbepflanzung mit leitender Wirkung auf die Kaltluftströmung im Sommer und eine offene Bebauungs- und Baumbestandsstruktur mit Kaltluftdurchlässen für den Winter vorgeschlagen. Dem Potentialschutz wird damit Rechnung getragen, u.U. wird sogar eine Verbesserung der Austauschleistung erreicht.

2 Aufgabenstellung und Zielaussage

Das Gutachterbüro CARL + SAMIMI erhielt durch Schreiben vom 5. August 1997 den Auftrag, die Strömungsverhältnisse der Kaltluft und die daraus resultierende Temperaturverteilung während austauscharmer Wetterlagen (= größte thermische und lufthygienische Belastung) im Siechweihergraben am südwestlichen Stadtrand der Stadt Schwabach im Detail zu untersuchen. Die Untersuchungen bauen auf den Ergebnissen der Klimafunktionskarte im Rahmen des Arten- und Biotopschutzprogramms für die Stadt Schwabach auf.

Im Gegensatz zu den bisher vorliegenden Aussagen zum Geländeklima im diesem Bereich hatte das Gutachten 3 Fragen empirisch zu klären:

1. Kommt es im Siechweiher Graben zu Kaltluftbildung bzw. einer Kaltluftströmung (= Ausgleichspotential)?
2. Können diese Luftmassen in den belastungsgefährdeten Stadtkern (Altstadt) eindringen und dort für einen Luftmassenaustausch sorgen (= effektiver Ausgleich)?
3. Hat das geplante Baugebiet Laubenhaid einen Einfluß auf das Ausgleichspotential der Kaltluftmassen.

Zur Abschätzung der Kaltluftströmung und des Austauschpotentials der Kaltluftmassen wurde das in Karte 1 dargestellte 320 m lange Meßprofil zur Bestimmung des Volumensstroms ausgewählt und zur Messung mit Signalen markiert (Rauchstrichversuche).

Zur Abschätzung der Wirkung der Kaltluftmassen im bebauten Bereich (Wirkungsraum) wurde die nächtliche Temperaturverteilung im Einzugsbereich des Siechweihergrabens (Ausgleichsraum) und im Wirkungsraum ermittelt.

Die Auswirkung des geplanten Baugebietes auf die Kaltluftbewegung ergibt sich aus der Auswertung dieser beiden Grundlagenmessungen.

3 Überblick über die geländeklimatologische Situation

Die landwirtschaftlich genutzten Flächen im geplanten Baugebiet Laubenhaid sind Teil ausgedehnter Kalt- und Frischluftproduktionsflächen, die sich von der Randbebauung Schwabachs nach Südwesten hin bis in das Waldgebiet Laubenhaid erstrecken. Auf den Wiesenflächen kommt es in Strahlungsnächten zur Entstehung von Kaltluft (Lufttemperatur ist relativ kälter als in den tiefer gelegenen Lagen) während in den Waldgebieten eher große Mengen an Frischluft, d.h. gegenüber den Wiesenflächen etwas wärmere aber lufthygienisch

reine Luft produziert wird. Die Flächen der Entstehungsgebiete sind sehr schwach geneigt mit einer durchschnittlichen Hangneigung von 2,0 bis 3,5 Grad. Sie bilden einen muldenförmigen Graben - den Siechweihergraben -, dessen Tiefenlinie die Hauptleitbahn für die Frisch- und Kaltluft ist. Der Graben zieht sich von Südwesten kommend durch locker bebaute Siedlungsflächen entlang dem Dillinghofweg und Am Siechweiher und trifft im Bereich der Wittelsbacher Straße auf die Innenstadt mit dichter Bebauung. Im Graben selbst befindet sich ab dem Straßendamm der Gutenbergstraße eine parkähnliche Anlage mit dichtem Baumbewuchs. Auch der Rand der städtischen Bebauung ist durch hohe Baumhecken - wahrscheinlich gegen die vorherrschenden Westwinde - geschützt.

Die auf den Wiesen- und Waldflächen produzierte Kalt- bzw. Frischluft fließt der Hangneigung folgend in den Siechweiher Graben und von dort weiter entlang der Tiefenlinie bis zur Randbebauung von Schwabach. Wie weit die Kaltluft im Siedlungsraum wirksam werden kann, ist grundsätzlich von drei Faktoren abhängig:

- Von der Größe des Kaltlufteinzugsgebietes (Ausgleichsraum). Mit einer Größe zwischen 1 und 2 km² ist das Gebiet ausreichend groß, um temperaturnausgleichende und lufthygienisch wirksame Luftmassen zu produzieren.
- Von der Hangneigung. Die Hangneigung ist sehr gering, somit erreichen die abfließenden Luftmassen nur eine geringe Fließgeschwindigkeit. Trifft die Kaltluft auf Hindernisse, wie dichte Bebauung oder dichte Vegetationsbestände verringert sich ihre Bewegungsenergie schnell und die Luftmassenbewegung kommt zum Erliegen. Es kommt zum Luftmassenstau.
- Von den Hindernissen entlang der Kaltluftleitbahn.

4 Meßreihe zur Ermittlung der Kaltluftbewegung

4.1 Meßtermin und Witterung

Die Rauchstrichsondierung ist während einer stabilen austauscharmen Strahlungswetterlage in der morgentlichen Dämmerung des 11.08.1997 zwischen 04:10 und 06:07 MESZ durchgeführt worden.

4.2 Meßtechnik

Die Messungen erfolgten mit zwei Meßtechniken:

- der Technik der Rauchstrichvermessung, einem Tracerverfahren, bei welchem der Versatz eines Rauchstrichs durch die Strömung photographisch dokumentiert und ausgewertet wird,
- der thermoanemometrischen Bestimmung von bodennahen Windgeschwindigkeiten mit einem Thermoanemometer der Firma ALNOR.

Mit beiden Techniken wurde die talwärtige Geschwindigkeitskomponente der Kaltluftbewegung im Siechweiher Graben bestimmt, zunächst von 04:10 bis 04:45 MESZ die bodennahen Strömungen thermoanemometrisch entlang der Profillinie (vgl. Karte 1). Anschließend wurden während der Dämmerung von 05:31 bis 06:07 MESZ mit der Rauchstrichvermessung vertikale Geschwindigkeitsprofile der Luftbewegung aufgenommen. Dabei erfolgten Sondierungen bis etwa 80 m über Grund. Die maximale Mächtigkeit der autochthonen Kaltluftbewegung betrug 51 m, so daß die Auswertung und Darstellung auf eine 60 m hohe Luftschicht beschränkt werden konnte.

Das Verfahren der Rauchstrichsondierung ist eine Entwicklung von Dr. Vogt vom Büro für angewandte Klimatologie, die speziell für die Quantifizierung von lokalen Volumenströmen erfolgte. Die Verfahrensbeschreibung ist mehrfach publiziert (VOGT 1990, VOGT & ZANKE

1995, VOGT, LAUFERSWEILER & SIEGMUND 1997). Ein aus einem Raucherzeuger bestehendes Geschoß wird senkrecht in die Luft geschossen. Es hinterläßt im freien Fall eine Rauchspur. Da der Rauch aus dem Geschoß mit kontinuierlicher Geschwindigkeit austritt und gleichzeitig die Fallgeschwindigkeit in der Luft als Folge des STOKES'schen Gesetzes schon nach kurzer Zeit konstant wird, entsteht ein homogener, senkrechter Rauchstrich, welcher nunmehr durch die Strömung verlagert wird. Die Aufstiegshöhe und damit die Fallzeit lassen sich durch unterschiedliche Treibladungen variieren, ebenso sind unterschiedliche Rauchfarben zu erzeugen.

Der Versatz des Rauchstrichs wird ab dem Erreichen des Bodens photographisch aufgezeichnet. Der gewählte Zeitversatz der Aufnahmen ergibt sich aus der erstrebten zeitlichen Auflösung. Im Siechweihergraben wurden die Zustände des Rauchstrichs in Fünfsekundenintervallen dokumentiert. Die geometrischen und optischen Fehler der Rauchstrichaufnahmen werden bei der Auswertung korrigiert. Die erstellten entzerrten Rauchstrichprofile im Aufnahmetakt finden sich im Anhang 2 des Gutachtens.

Anschließend werden die Daten digitalisiert und weiterverarbeitet, wobei sie in das räumliche Raster des Talquerprofils eingeordnet werden. Die Interpolation und die Konstruktion von Isotachen - den Linien gleicher talwärtiger Geschwindigkeitskomponenten - im Talquerprofil erfolgt mittels eines speziellen Kriging-Algorithmus, welcher die dynamischen Prozesse der Bewegung berücksichtigt.

4.3 Horizontales Strömungsprofil

Die talwärtige Komponente der Kaltluftbewegung ist zunächst bodennah aufgrund der thermoanemometrischen Messungen bestimmt worden. Entlang des Meßprofils - ausgehend vom nordnordwestlichen Startpunkt ("0 m") wurden in einer Meßhöhe von 200 cm über Grund die Bewegungsvektoren ermittelt und daraus die Bewegungskomponenten in Richtung der definierten Talachse berechnet. Die Meßpunkte geben die Distanz zum nördlichen Ausgangspunkt des Meßprofils an.

Tabelle 1: Talwärtige Geschwindigkeit der Kaltluft in 200 cm über Grund

Meßpunkt in m	talwärtige Komponente in cm/s
0	0
20	0
30	0
48	0
65	13
80	46
105	53
125	71
150	62
170	46
180	29
195	22
215	5
245	0
265	0
290	0

Damit läßt sich für die bodennächste Schicht die Lage der talwärtigen Kaltluftbewegung abgrenzen. Sie umfaßt im Meßprofil den Bereich von 65 bis 215 m, nimmt also insgesamt 150 m ein.

4.4 Vertikale Strömungsprofile

Die vertikalen Strömungsprofile (vgl. Anhang 2) wurden mit der Rauchstrichmethode an 7 Tracerpunkten entlang des Meßprofils ermittelt (vgl. Karte 1). Sie zeigen eine mächtige und starke Kaltluftströmung. Am nordnordöstlichen Rand der Niederung, 80 m vom Beginn des Meßprofils entfernt, liegt bereits ein bis zu 38 m mächtiger Kaltluftfluß vor. Hier wurden

drei Sondierungen durchgeführt, deren maximale Geschwindigkeit in 9 m über Grund 1,61 m/s betrug. Die weiteren Sondierungen bei 105, 125, und 150 m liegen bezüglich der Mächtigkeiten und Geschwindigkeiten ebenso in diesem Bereich. Sie zeigen jedoch eine große Bandbreite von unterschiedlichen Geschwindigkeitsprofilen, die jedoch für Kaltluftbewegungen in breiten Mulden typisch ist. Die Kaltluftbewegung erfolgt hier nämlich nicht in Form eines monolithischen Blocks, sondern schichtweise mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Das Geschwindigkeitsmaximum liegt jedoch überwiegend in der bodennächsten Schicht, welche im Siechweiher Graben eine Mächtigkeit von ca. 20 m hat. **Die bodennächste Schicht ist die für den Luftaustausch bedeutendste und auch die am regelhaftesten auftretende.**

Bei 245 m im Meßprofil ist ungefähr der südsüdöstliche Rand der Kaltluftbewegung erfaßt. Die Geschwindigkeiten liegen dort bei maximal 0,45 m/s, womit nur noch geringe Luftaustauschpotentiale verbunden sind. Auf den flachen Kuppen greift die Oberströmung bis auf den Boden durch, so daß die Bewegungskomponente in Richtung der Talachse des Siechweiher Grabens Null wird.

4.5 Die Bestimmung des Volumenflusses im Talquerschnitt

Aus den vertikalen Profilen sowie den Bodenmessungen entlang des Meßprofils ergibt sich das im Anhang 3 wiedergegebene räumliche Bild der Strömung. Dabei wird unterstellt, daß innerhalb des Zeitraums der Aufnahme die Abflußbedingungen der Kaltluft stationär waren, also konstant geblieben sind. Die Isotachen sind die Linien gleicher talwärtiger Geschwindigkeitskomponenten, in der Abbildung in der Maßeinheit cm/s angegeben.

Der Volumenfluß im Tal errechnet sich als Flächenintegral und beträgt zum Zeitpunkt der Messung unmittelbar vor dem Rand der Bebauung 4980 m³/s. Größenordnungsmäßig kann man davon ausgehen, daß dies das lufthygienische Potential darstellt, welches geeignet ist, während austauscharmer Strahlungswetterlagen die städtische Luft auszutauschen, soweit diese Strömung in die belasteten Gebiete eindringt.

Kritisch ist anzumerken, daß das Ergebnis eine Momentaufnahme einer einzelnen Wetterlage darstellt. Zu diesem Zeitpunkt bestanden optimale Ausstrahlungsbedingungen und eine südöstliche Oberströmung. Letztere kann die Kaltluftbewegung, insbesondere ihre räumliche Lage, modifizieren. Dies gilt besonders für windexponierte flache Mulden wie den Siechweiher Graben. Dadurch erklärt sich die Asymmetrie im Talprofil und gleichzeitig die sich abbildende inhomogene Strömungsoberfläche. Sie ist die Folge der Durchmischungsprozesse an der Grenzfläche zwischen Kaltluft und Oberwind. Durch unterschiedliche Anströmrichtungen und -geschwindigkeiten des Oberwindes ergeben sich bei unterschiedlichen Wetterlagen Schwankungen um ca. $\pm 50\%$ des einmalig ermittelten Volumenstroms. Dies ist als Unsicherheit einzukalkulieren.

Das Resultat des Feldexperiments bietet jedoch einen zuverlässigen Anhaltspunkt hinsichtlich der Größenordnung des Volumenstroms und seiner räumlichen Lage im Tal, wie sie mit anderen Meßverfahren nicht bestimmbar sind.

5 Meßreihe zur Ermittlung der nächtlichen Temperaturverteilung

5.1 Meßtermin und Witterung

Es wurden je 2 Meßfahrten im Sommer und Winter jeweils kurz vor Sonnenaufgang durchgeführt. Die Temperaturmessungen im Sommer wurden während einer stabilen austauscharmen Strahlungswetterlage am 10. August 1997 von 03:42 bis 05:02 MESZ und am 11. August 1997 von 03:42 bis 05:17 MESZ durchgeführt. Die Temperaturmessungen im Winter fanden statt während einer stabilen austauscharmen Strahlungswetterlage am 11. Januar 1998 von 05:25 bis 06:38 MEZ und am 12. Januar 1998 von 05:20 bis 06:30 MEZ. Wesentlicher Unterschied zwischen den jahreszeitlich unterschiedlich angesetzten Meßterminen war der Zustand der Vegetation, insbesondere die Belaubung der Gehölze. Der Wintertermin war schneefrei.

5.2 Meßtechnik

Die Verteilung der nächtlichen Minimumtemperaturen wurde durch Meßfahrten mit einem mobilen Meßfühler der Firma AMR ermittelt. Hierzu wurde eine Meßstrecke abgefahren, auf der an 38 für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Punkten die Temperatur gemessen wurde (vgl. Karte 3). Die über die jeweils 2 Termine gemittelten Temperaturwerte für die einzelnen Meßpunkte sind in Anhang 4 aufgelistet.

Um die Witterungsverhältnisse während der Meßfahrt festzuhalten wurde an Meßpunkt 4 eine automatische Klimastation betrieben, an der Temperatur, Luftfeuchte, Windrichtung und Windgeschwindigkeit kontinuierlich aufgezeichnet wurden. Diese Klimastation dient gleichzeitig als Bezugsstation für die Berechnung der Temperaturanomalien, d. h. die gemessenen Absoluttemperaturen werden als Abweichung von dieser Bezugsstation dargestellt (vgl. Karten 4 und 5). Diese Station gibt die Temperaturverhältnisse im offenen Freiland im Südwesten von Schwabach wider, d.h. ihr Standort ist ohne städtische Wärmebelastung und ohne Kaltlufteinfluß. Aufgrund dieser Lage können im abgegrenzten Untersuchungsgebiet nach fachlicher Interpretation Temperaturabweichungen nach oben als Überwärmung und Temperaturabweichungen nach unten als Abkühlung aufgrund von Kaltluftmassen bewertet werden.

Anschließend an die Messungen wurden die Daten digitalisiert und weiterverarbeitet. Die Interpolation der Minimumtemperaturen auf die Gesamtfläche erfolgte mit dem Modell BLUEFLOW der Firma CARL + SAMIMI. Die Modellbeschreibung ist publiziert (CARL 1994).

5.3 Die Temperaturverteilung im Sommer

Die Karte 4 der Temperaturanomalien im Sommer zeigt einheitlich negative Abweichungen von der Bezugsstation, die typisch für einen muldenartigen Graben sind. Die tiefsten Temperaturen werden im Siechweihergraben kurz vor Beginn der Bebauung erreicht. Das Temperaturminimum dort und die Dichte der Isolinien in diesem Bereich deuten einen Kaltluftstau im Siechweihergraben vor der Bebauungsgrenze an. Die Temperaturen steigen

im bebauten Bereich sprunghaft an. Im Bereich der offenen Randbebauung erfolgt die Temperaturerhöhung nur noch langsam. An der Null-Grad-Isotherme sind die Verhältnisse des Freilandes erreicht. In Richtung der Altstadt erfolgt eine Erhöhung der Temperatur gegenüber dem Umland (Überwärmung).

Die Temperaturverteilung macht deutlich, daß die nachgewiesenen Kaltluftmassen am Bebauungsrand gestaut werden. Damit verliert die Kaltluftströmung ihre ursprüngliche Bewegungsenergie und damit Teile ihres Ausgleichspotentials. Die trompetenartige Aufweitung der Isothermen hinter dem Staubereich läßt jedoch dort auf einen geringen Einfluß der Kaltluftmassen im Bereich der offenen Randbebauung schließen. Aufgrund der Mächtigkeit der Strömung und dem anhaltenden Zustrom sickert die Kaltluft aus dem Stau in die bebauten Bereiche und sorgt dort für eine Abkühlung gegenüber dem Freiland. Ab der Null-Grad-Isotherme setzen sich die städtischen Strahlungsbedingungen gegenüber dem Kaltlufteinfluß durch und es kommt zu der typischen Überwärmung gegenüber dem Umland. Ein thermischer und lufthygienischer Ausgleich in den belastungsgefährdeten Bereichen der Altstadt aufgrund der festgestellten Kaltluftströmung findet von daher im Sommer nicht statt.

5.4 Die Temperaturverteilung im Winter

Die Karte 5 der Temperaturanomalien im Winter zeigt im Umland eine weniger differenzierte Verteilung aufgrund des homogeneren winterlichen Vegetationszustandes. Ebenso deutlich wie im Sommer tritt jedoch der Kaltluftstau im Siechweihergraben am Rande der Bebauung auf. Die keilförmige Ausdehnung der Isothermen in den bebauten Bereich deutet dort einen stärkeren Einfluß der Kaltluftmassen im Winter aufgrund der fehlenden Belaubung an. Damit wird für den Sommer die stauende Wirkung der dichten Gehölzvegetation im Grabenbereich und am Bebauungsrand deutlich. Der Einfluß der Kaltluft reicht auch im weiteren Verlauf des Grabens etwas weiter in Richtung des Stadtkerns hinein. Noch vor der Wittelsbacher Straße steigt die Temperatur jedoch sprunghaft an. Die Null-Grad-Isotherme ist gegenüber dem Sommer etwas in Richtung Altstadt verschoben (etwa auf Höhe der Wittelsbacher Straße).

Die Randbebauung wird somit im Winter besser mit Kaltluft versorgt. Die Ausgleichswirkung reicht etwas weiter in die Stadt hinein, jedoch nur bis zur Wittelsbacher Straße. Da im Winter lediglich die lufthygienische Ausgleichsleistung relevant ist, kann von einer geringen Bedeutung der festgestellten Kaltluftströmung für den lufthygienischen Ausgleich im Kreuzungsbereich der Nördlinger/Wittelsbacher Straße und der Ritterbacher Straße ausgegangen werden. Eine ausgleichende Wirkung für die belastungsgefährdeten Teile der Altstadt kann auch für den Winter nicht nachgewiesen werden.

6 Bewertung und Empfehlung

Frage 1: Ja, die Quantität der Kaltluftbewegung im Siechweiher Graben begründet **ein verhältnismäßig hohes Luftaustauschpotential**. Es ergibt sich aus den Abkühlungsprozessen der bodennahen Luft im Einzugsgebiet des Siechweiher Grabens. **Dazu tragen flächenmäßig die zur Disposition stehenden Flächen nur in vernachlässigbar geringem Umfang bei. Hingegen fungiert der südliche Bereich des projektierten Baugebietes als Kaltluftleitfläche (vgl. Karte 2).**

Frage 2: **Nein, für die belastungsgefährdeten Bereiche des Stadtkerns mit dichter Bebauung konnte keine Ausgleichswirkung durch die festgestellte Kaltluftbewegung im Siechweihergraben nachgewiesen werden.** Das Austauschpotential dieser Kaltluftmassen für das Stadtgebiet wird durch die bereits vorhandene dichte Vegetation vor der Randbebauung und im weiteren Verlauf des Siechweiher Grabens östlich der Gutenbergstraße verringert. Die durchgeführten Temperaturmessungen belegen für den Sommer wie für den Winter lediglich eine geringe, stadteinwärts abnehmende ausgleichende Wirkung innerhalb der städtischen Randbebauung maximal bis zur Wittelsbacher Straße.

Frage 3: Jede Bebauung beeinflusst das Kleinklima in ihrer Umgebung. Es ist jedoch völlig falsch, daraus den Schluß zu ziehen, Bebauungen seien a priori stadtklimatisch bedenklich, denn es gibt sehr unterschiedliche Grade der Beeinflussung. Auch das gegenwärtige, dem

Gutachter vorliegende städtebauliche Konzept des Baugebietes Laubenhaid vom 5. September 1997 reicht im unteren Teil in die Kaltluftleitbahn und wird das Strömungsverhalten der Kaltluft modifizieren. Das Anliegen des Klimagutachters ist es, daß dies in positiver Richtung geschieht.

Um die nachgewiesene geringe Ausgleichswirkung des vorhandenen Luftaustauschpotentials durch Maßnahmen im geplanten Baugebiet möglichst zu effektivieren, wird angesichts der Erstreckung des südlichen Teils des zur Bebauung vorgesehenen Gebietes in die Kaltluftleitbahn folgendes vorgeschlagen:

- **Auf der Grundlage des strömungsmechanischen Prinzips einer Düse wird empfohlen, eine zur offenen Landschaft und zur Tiefenlinie hin abgestufte Gehölzhecke (abgestuft und keine Baumhecke) entlang des westlichen und südwestlichen Bebauungsrandes des geplanten Baugebietes anzulegen. Da die geplante Bebauung nach Nordwesten aus der Strömungsrichtung läuft, hätte eine solche Hecke im Sommer eine positive Leitwirkung auf die Kaltluftmassen. Der südliche Teil des Baugebietes wird so umströmt und die Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft erhöht. Der Talboden selbst sollte frei von Hindernissen höher 2 m über Grund bleiben.**
- **Zur Berücksichtigung der winterlichen Situation sollte die Bebauung bis in eine Entfernung von mindestens 60 m von der Tiefenlinie als offene Bebauung angelegt werden. Die dortige Bepflanzung der Gärten mit Bäumen sollte so vorgegeben werden, daß die Schicht des Strömungsmaximums in 20 m über Grund unbeeinflusst bleibt und Strömungsdurchlässe für die Kaltluft gegeben sind.**
- **Im oberen Hangbereich stellt die vorgeschlagene Hecke einen Schutz vor den vorherrschenden Westwinden dar.**

Literatur

- CARL, T. (1994): BLUEFLOW - ein empirisches Modell zur Simulation der Minimumtemperaturen in Strahlungs Nächten. - Erlanger Geographische Arbeiten, Heft 54; Erlangen.
- VOGT, J. (1990): Thermisch bedingte lokale Windsysteme im Stadtgebiet von Luzern und ihre Beeinflussung durch städtebauliche Maßnahmen. - In: MÜLLER, H. & MEURER, M. (Hrsg.): Stadtökologie Luzern. 2. Luzerner Umweltsymposium. Luzerner stadtökologische Studien, Bd. 3: S. 127-168; Luzern.
- VOGT, J. & ZANKE, C. (1995): Empirische Analysen und numerische Simulationen von lokalen und regionalen Kaltluftströmungen. - Werkstattberichte zur Angewandten Geographie, Heft 5; Tübingen.
- VOGT, J., LAUFERSWEILER, M. & SIEGMUND, A. (1997): Das Stadtklima von Donaueschingen. Ergebnisse klimatologischer Felduntersuchungen unter besonderer Berücksichtigung von Luftaustauschprozessen. - In: Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar, Heft 40: S. 37-60.

Anhang 1

Karte 1

← Tracer Meßpunkte

Auftraggeber:
Umweltschutzamt der Stadt Schwabach

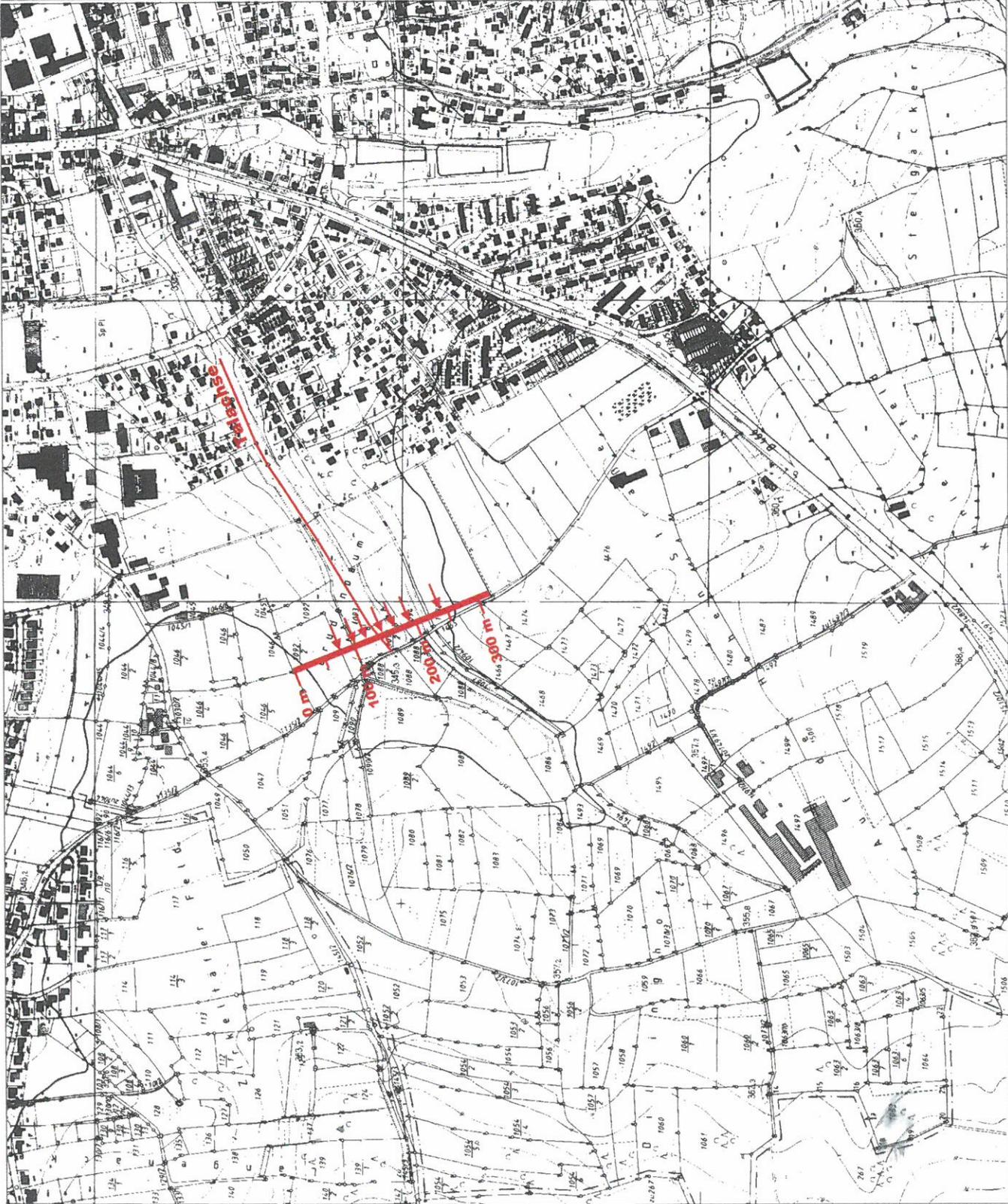
Projekt:
Klima Siechweiher Graben

Planziel:
Messprofil
Rauchstrichversuche

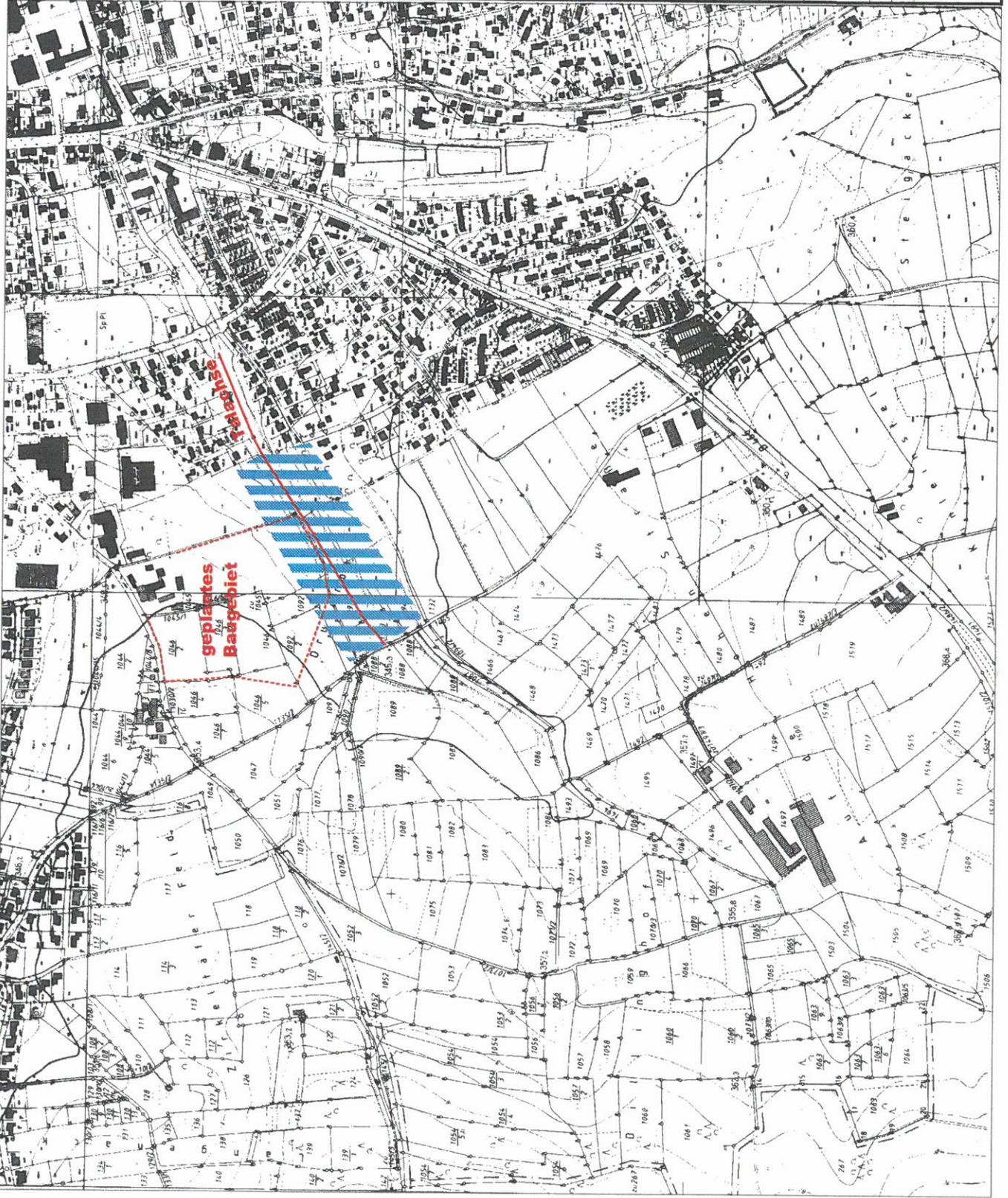
Datum	Zielerreichte
17.11.1997	ja
17.11.1997	ja



Gutachterbüro
CARL + SAMIMI
Heldstraße 31
90441 Nürnberg



Karte 2

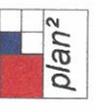


Auftraggeber
Umweltschutzamt der Stadt Schwabach

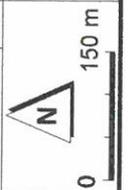
Projekt
Klima Siechweiher Graben

Planer
Kaltluft-Leitbahn

Druck	Blatt	Blatt	Blatt	Datum	Zustand
PLANZT DSA	von	von	von	17.11.1997	Ziehen



Gutachterbüro
CARL + SAMIMI
Helmestraße 31
90441 Nürnberg



Karte 3

Die nicht abgebildeten Punkte 1 - 3
liegen im Waldgebiet Laubenhaid

Auftraggeber
Umweltschutzamt der Stadt Schwabach

Projekt
Klima Siechweiher Graben

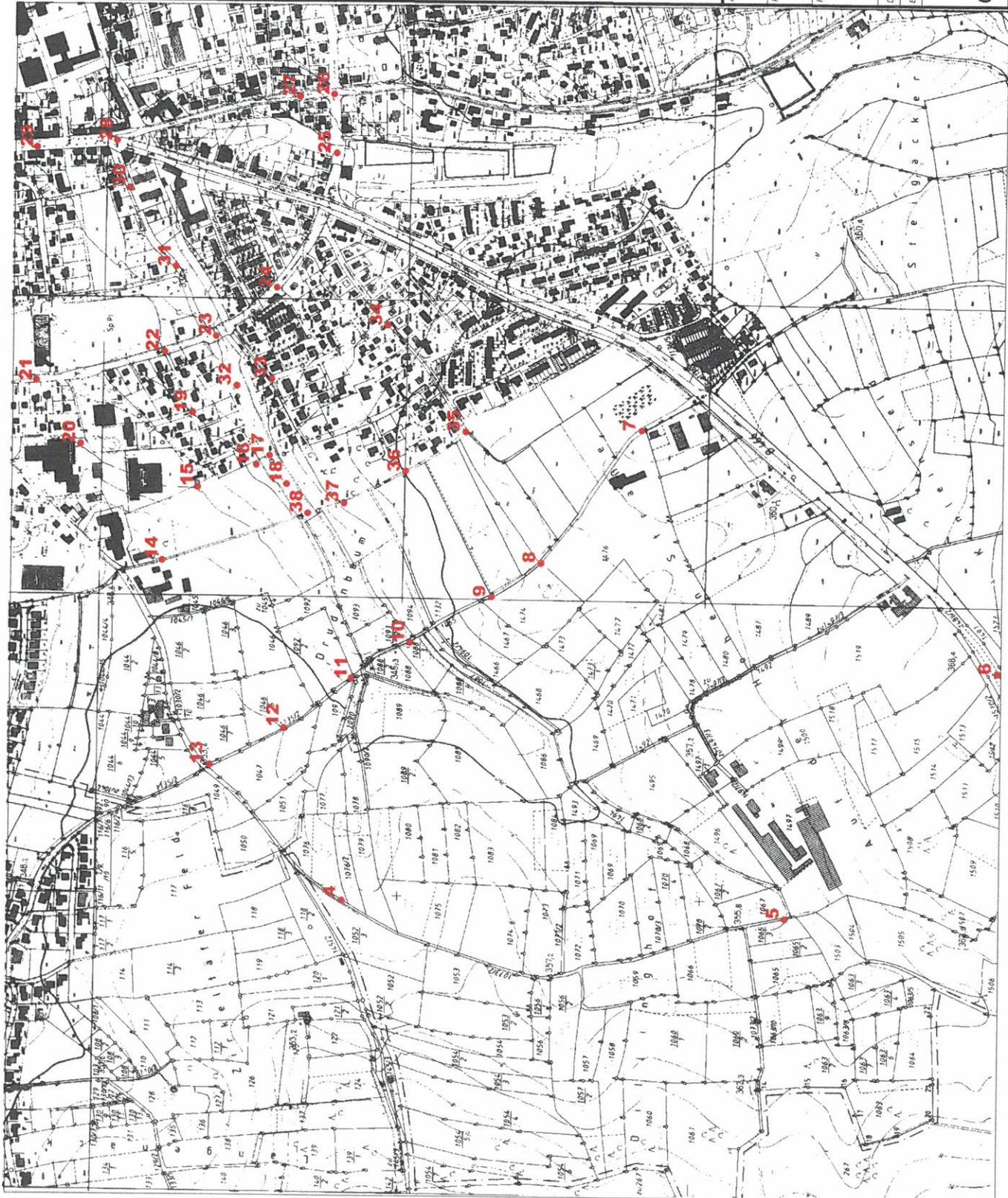
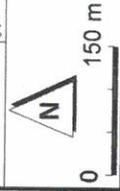
Planstichtag

Temperatur-Meßpunkte

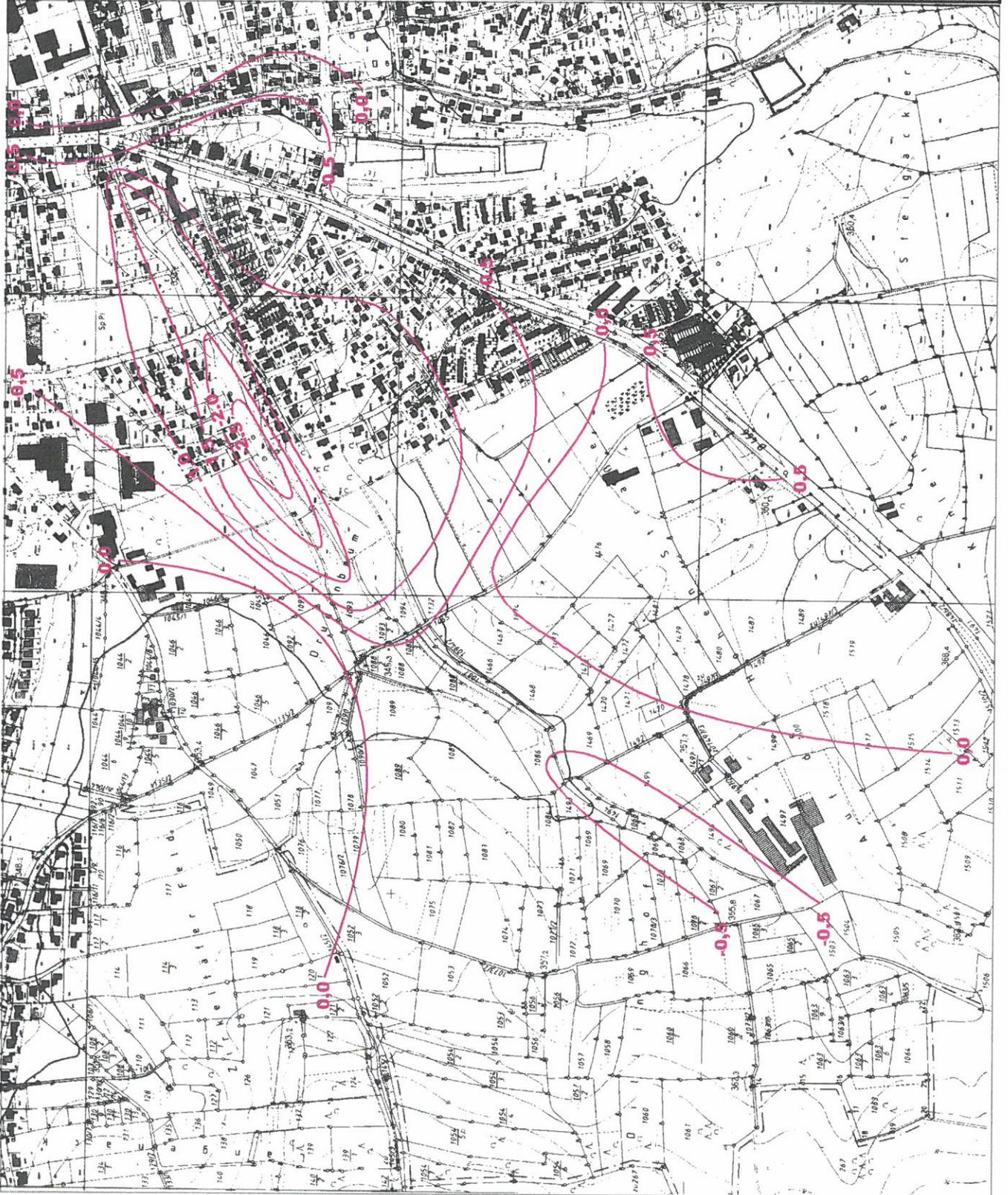
Datum	Erworben	Zustehen
17.11.1997	Carl	
17.11.1997	Carl	



Gutachterbüro
CARL + SAMIMI
Hofstraße 31
90411 Nürnberg



Karte 5



Auftraggeber: Umweltschutzamt der Stadt Schwabach

Projekt: **Klima Siechweiher Graben**

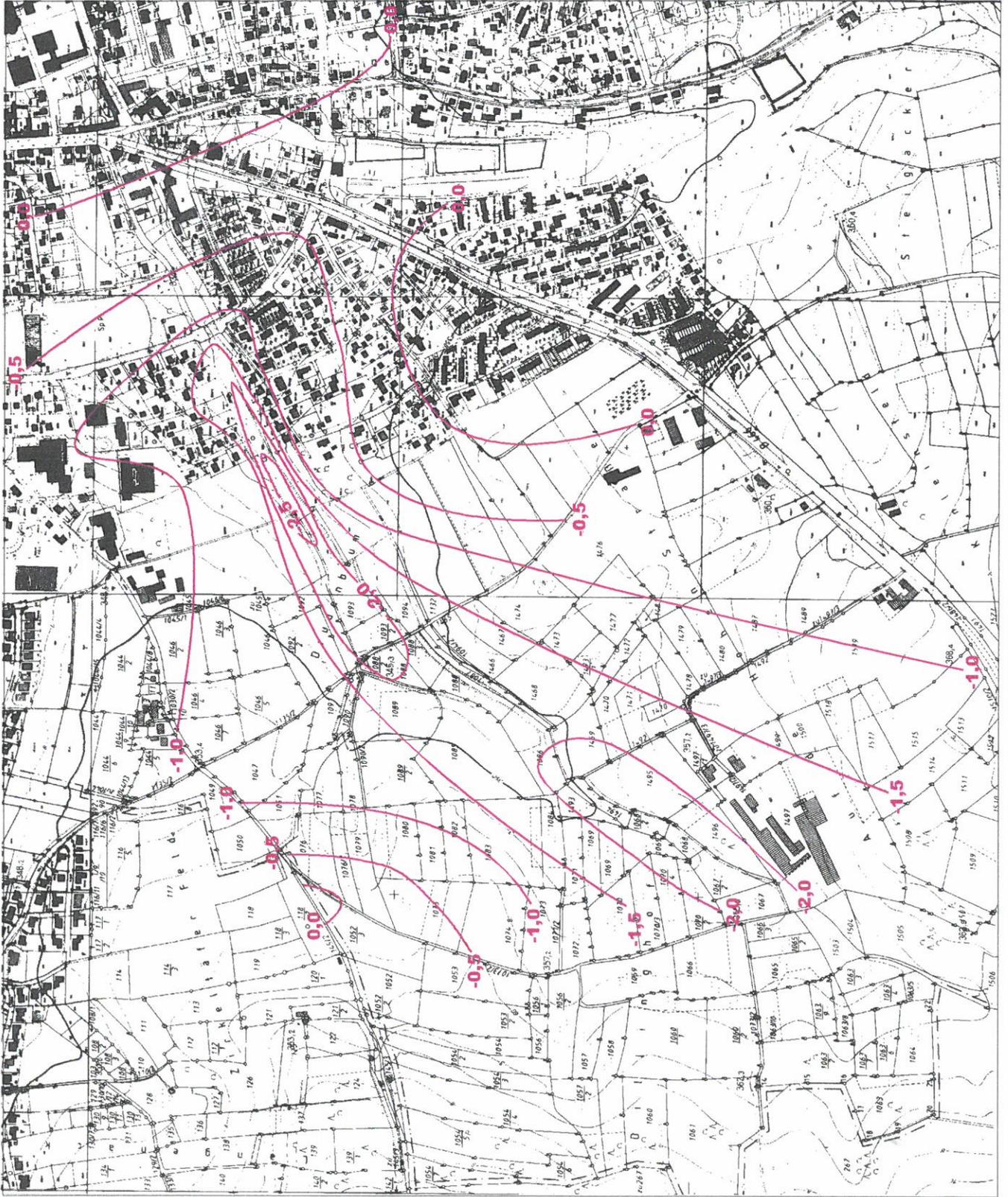
Planziel: **Temperaturanomalien Wintertermin**

Datum	Zeichen
15.01.1998	
15.01.1998	

Gutachterbüro
CARL + SAMMEL
Heisterstraße 31
90441 Nürnberg



Karte 4



Auftraggeber
Umweltschutzamt der Stadt Schwabach

Projekt
Klima Siechweiher Graben

Plansteller
Temperaturanomalien Sommertermin

Datum	Blatt	Cart	Zust.
PLAN13.D54	108	108	108
von	von	von	von

0 150 m

N

plan²

Gutachterbüro
CARL + SAMIMI
Heisterstraße 31
90441 Nürnberg

Anhang 2

Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

Aufstiegspunkt: Horizontalabstand zum nördl. Profilrand 80m

Datum und Uhrzeit: 11.8.97, 05:35 MESZ

Richtung des Oberwindes: SE

Bedeckungsgrad des Himmels: 0/8

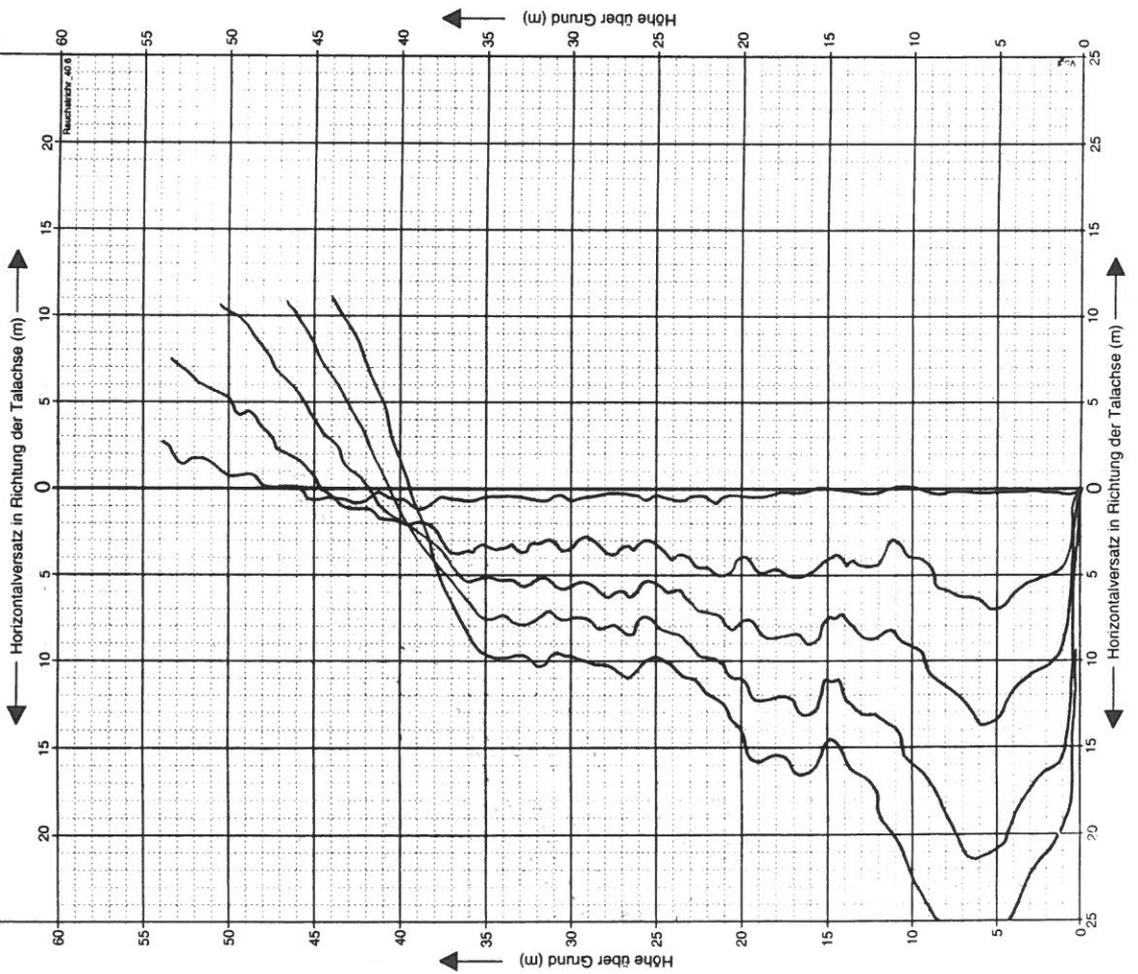
Witterungstyp: austauschame Strahlungswetterlage

Zahl der ausgewert. Aufnahmen: 5

Zeitversatz der Aufnahmen: 5 s

Erfäßte Strömungsrichtung: << 201° << >> 69° >>

(510.1)



Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

Aufstiegspunkt: Horizontalabstand zum nördl. Profilrand 80m

Datum und Uhrzeit: 11.8.97, 05:40 MESZ

Richtung des Oberwindes: SE

Bedeckungsgrad des Himmels: 0/8

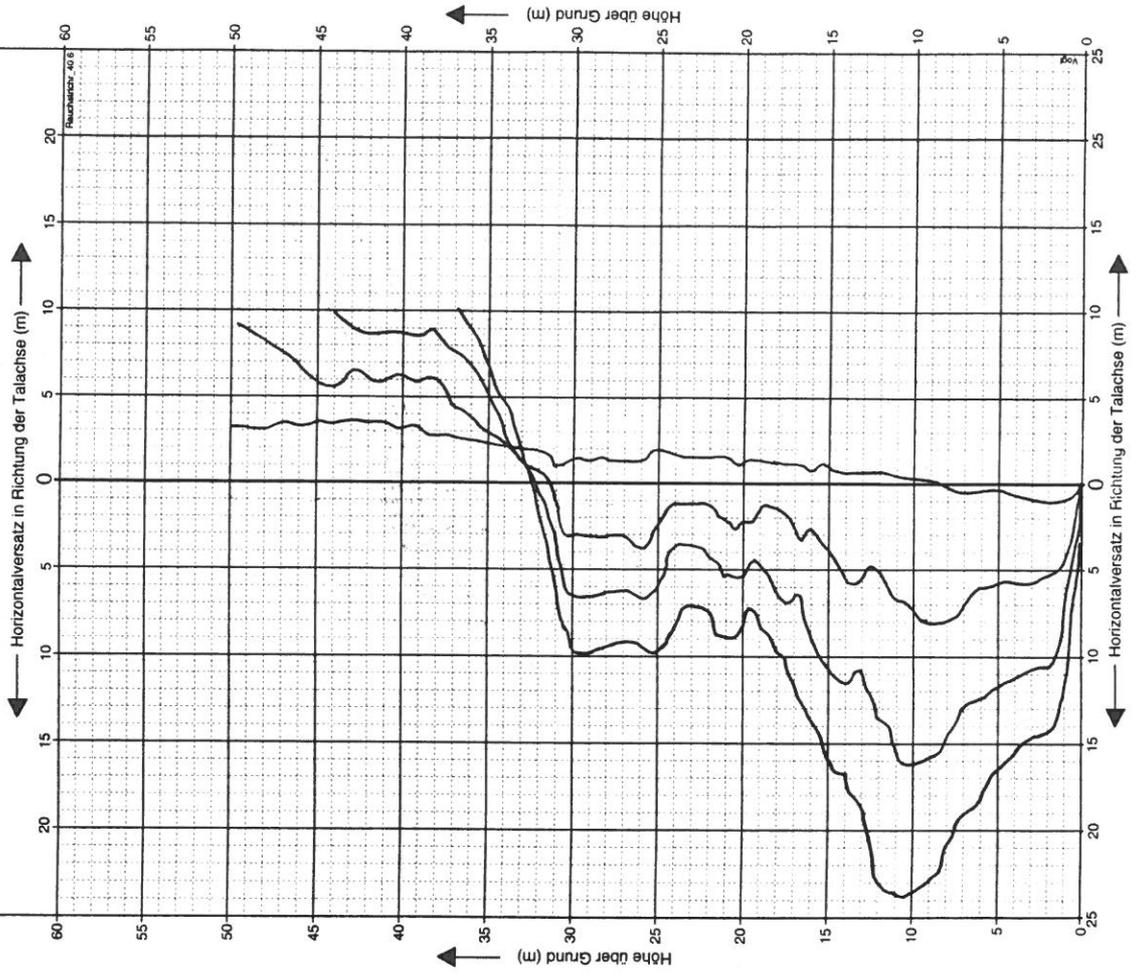
Witterungstyp: austauschame Strahlungswetterlage

Zahl der ausgewert. Aufnahmen: 4

Zeitversatz der Aufnahmen: 5 s

Erfäßte Strömungsrichtung: << 201° << >> 69° >>

(511.1)



Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

Aufstiegspunkt: Horizontalabstand zum nördl. Profilrand 80m

Datum und Uhrzeit: 11.8.97, 05:43 MESZ

Richtung des Oberwindes: SE

Bedeckungsgrad des Himmels: 0/8

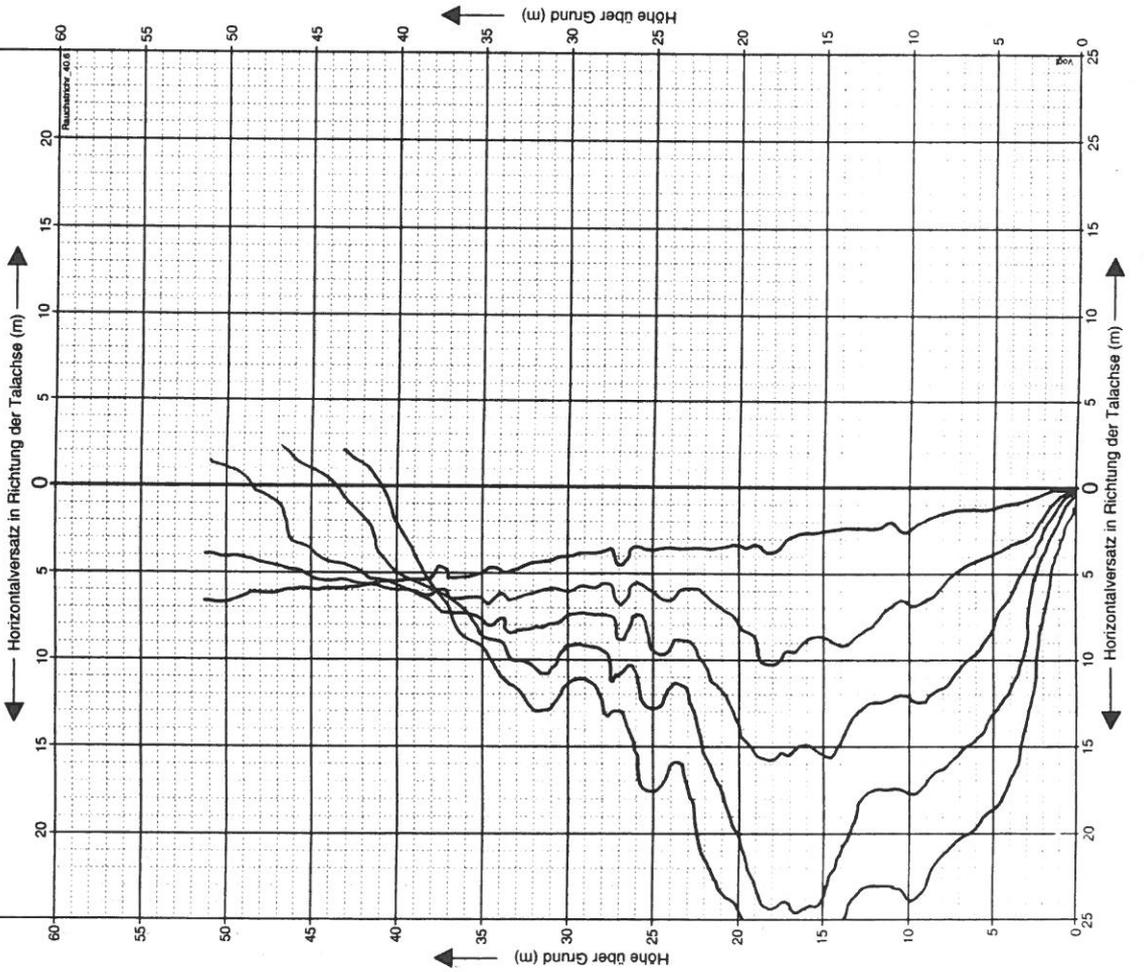
Witterungstyp: austauscharme Strahlungsweiterlage

Zahl der ausgewert. Aufnahmen: 5

Zeitversatz der Aufnahmen: 5 s

Erfasste Strömungsrichtung: << 201° << >> 69° >>

(512.1)



Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

Aufstiegspunkt: Horizontalabstand zum nördl. Profilrand 105m

Datum und Uhrzeit: 11.8.97, 06:20 MESZ

Richtung des Oberwindes: SE

Bedeckungsgrad des Himmels: 0/8

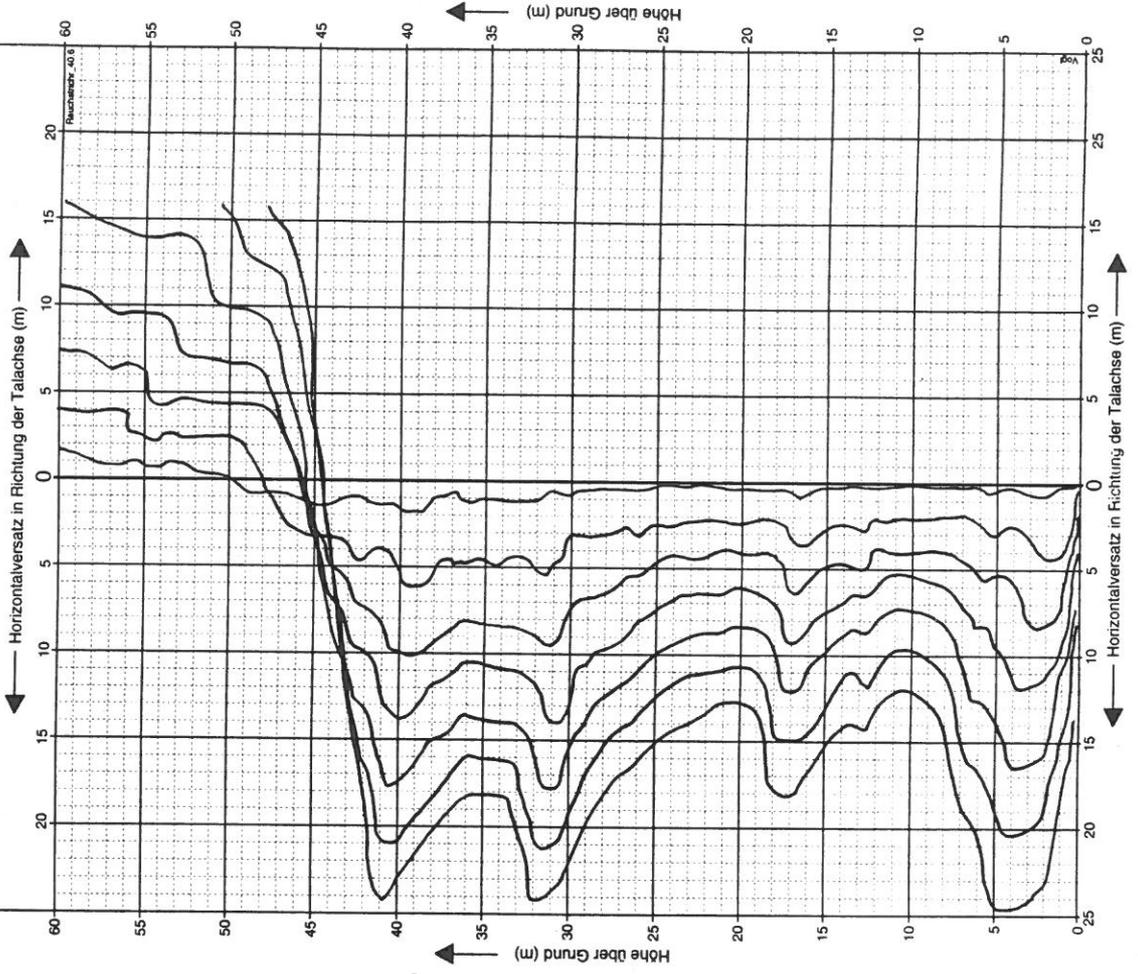
Witterungstyp: austauscharme Strahlungsweiterlage

Zahl der ausgewert. Aufnahmen: 7

Zeitversatz der Aufnahmen: 5 s

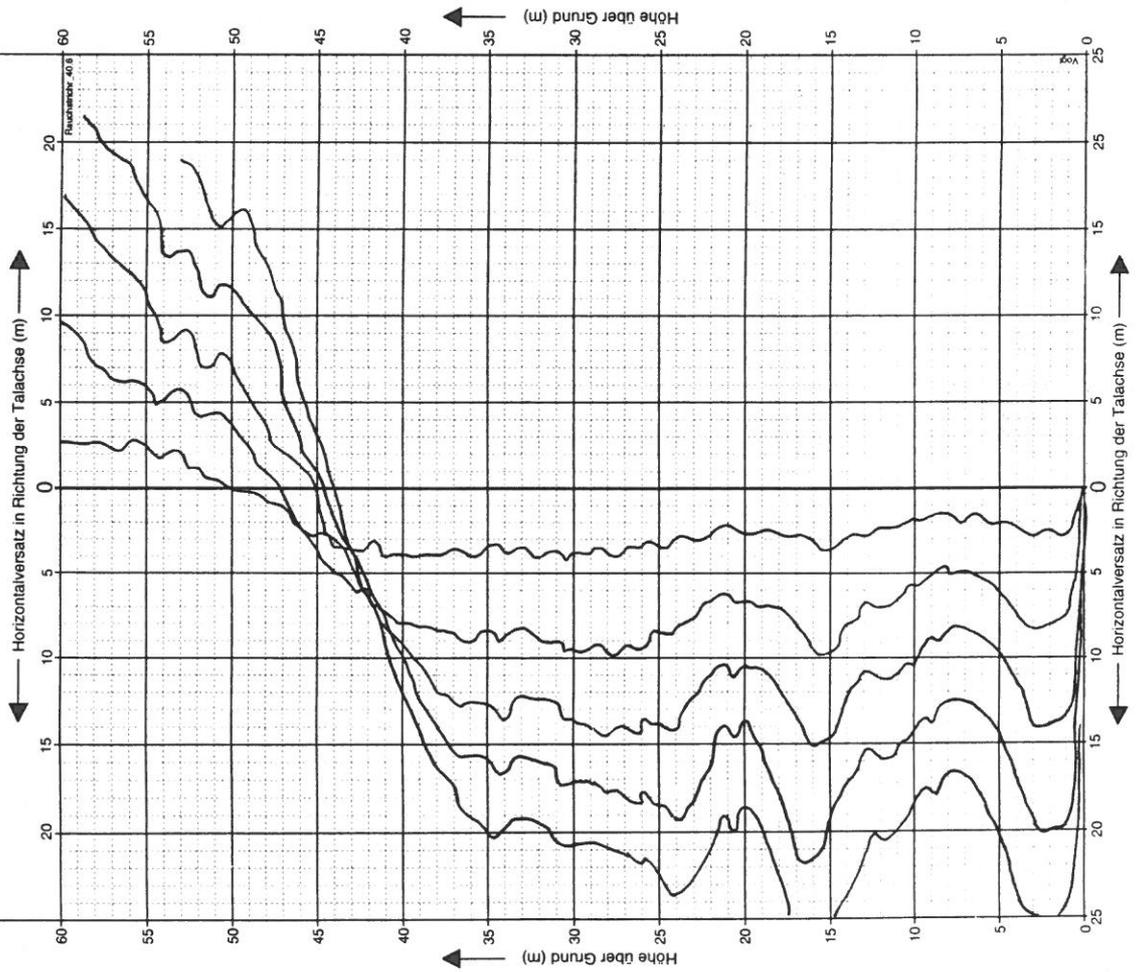
Erfasste Strömungsrichtung: << 201° << >> 69° >>

(822.1)



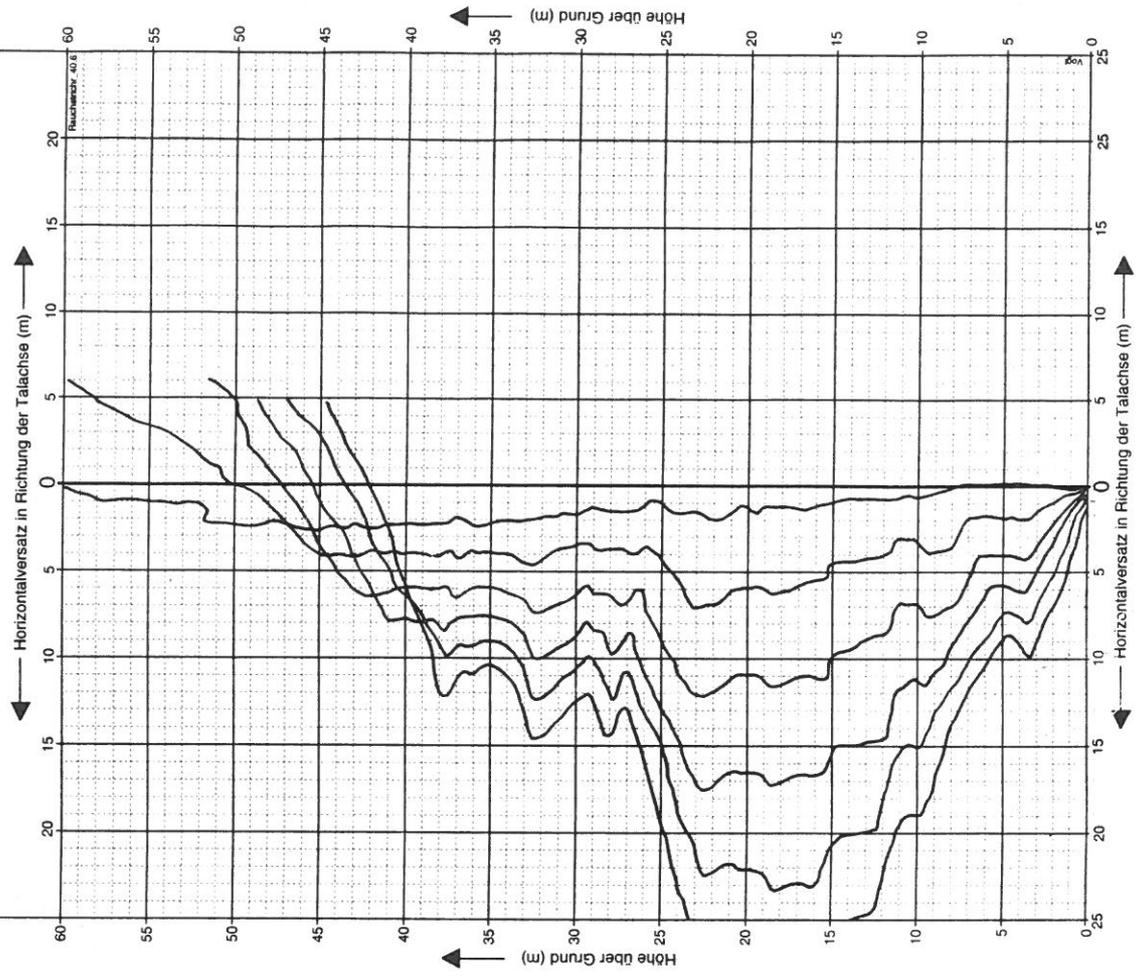
Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

Aufstiegspunkt:
Horizontalabstand zum nördl. Profilrand 125m
Datum und Uhrzeit: 11.8.97, 05:31 MESZ
Richtung des Oberwindes: SE
Bedeckungsgrad des Himmels: 0/8
Witterungstyp: austauscharme Strahlungsweiterlage
Zahl der ausgewert. Aufnahmen: 5
Zeitversatz der Aufnahmen: 5 s
Erfäßte Strömungsrichtung: << 201° <<< >>> 69° >>>



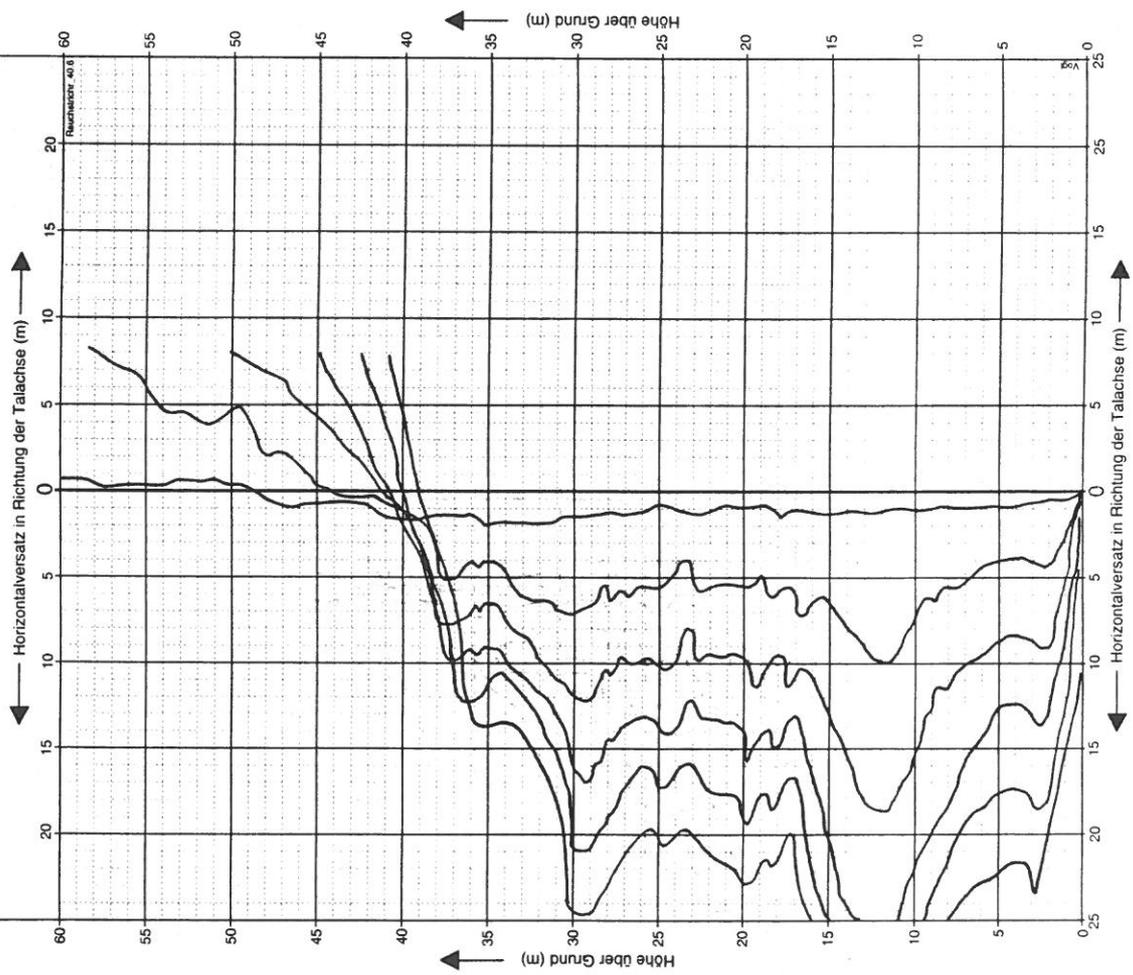
Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

Aufstiegspunkt:
Horizontalabstand zum nördl. Profilrand 150m
Datum und Uhrzeit: 11.8.97, 05:46 MESZ
Richtung des Oberwindes: SE
Bedeckungsgrad des Himmels: 0/8
Witterungstyp: austauscharme Strahlungsweiterlage
Zahl der ausgewert. Aufnahmen: 6
Zeitversatz der Aufnahmen: 5 s
Erfäßte Strömungsrichtung: << 201° <<< >>> 69° >>>



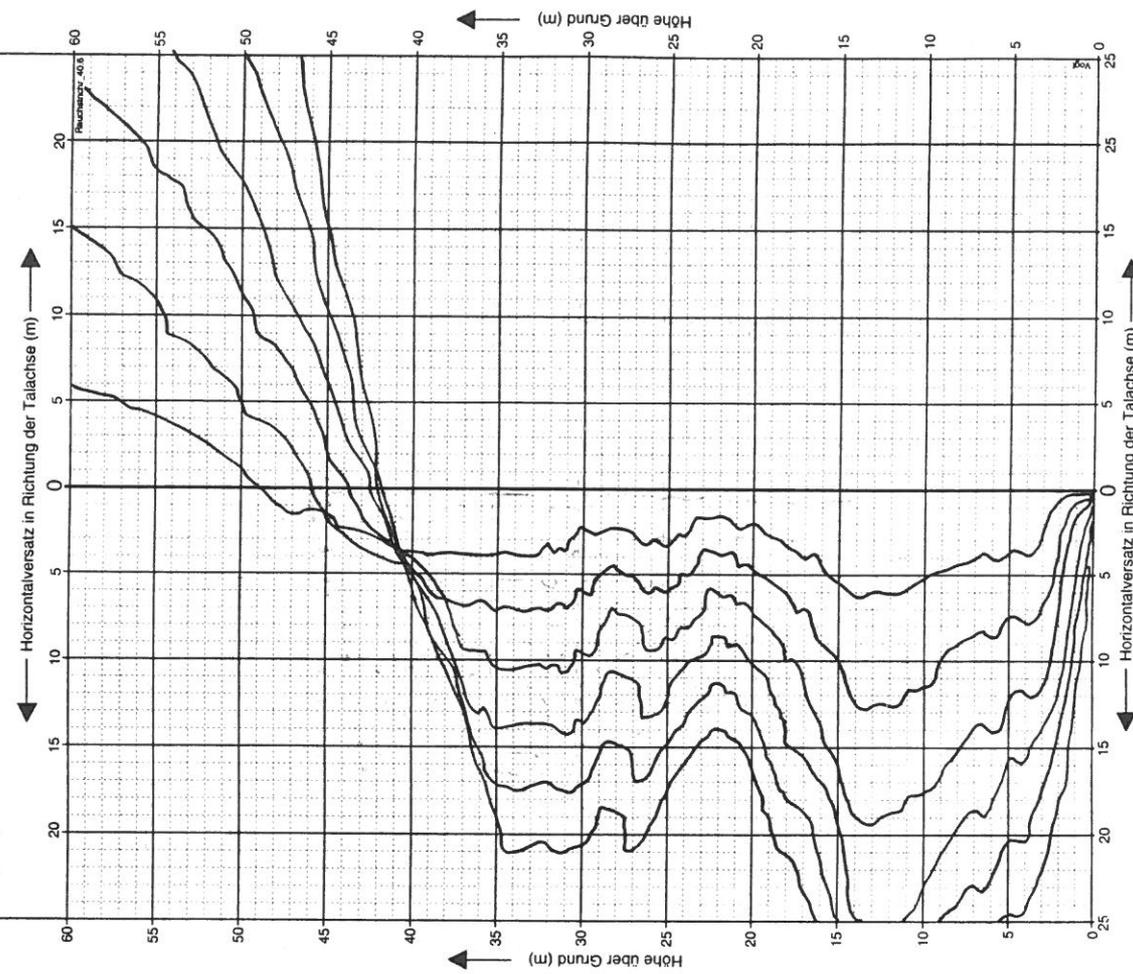
Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

Aufstiegspunkt:
Horizontalabstand zum nördl. Profilrand 150m
Datum und Uhrzeit:
11.8.97, 05:50 MESZ
Richtung des Oberwindes:
SE
Bedeckungsgrad des Himmels:
0/8
Witterungstyp:
austauscharme Strahlungswetterlage
Zahl der ausgewert. Aufnahmen:
6
Zeitversatz der Aufnahmen:
5 s
Erfäßte Strömungsrichtung:
<< 201° << >> 69° >>
(514.1)



Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

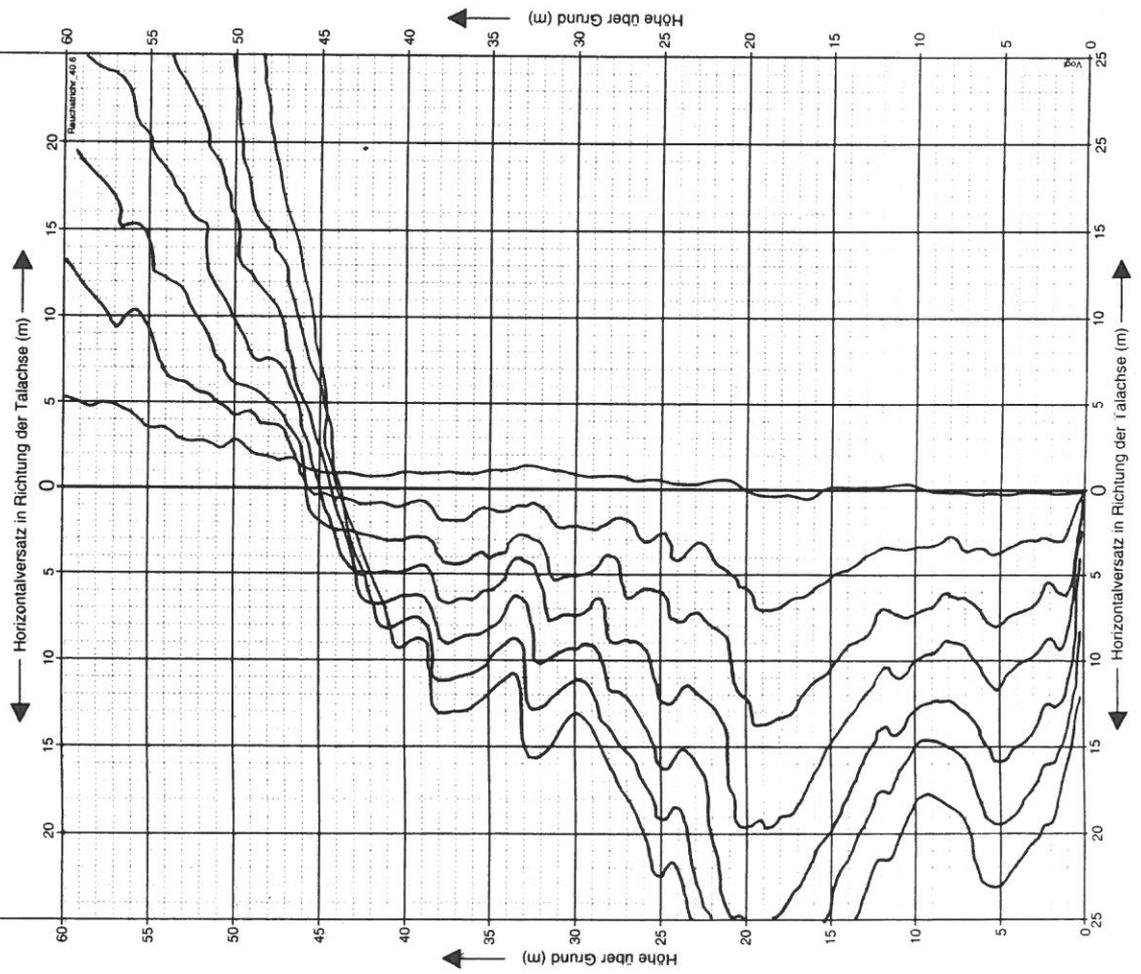
Aufstiegspunkt:
Horizontalabstand zum nördl. Profilrand 170m
Datum und Uhrzeit:
11.8.97, 05:56 MESZ
Richtung des Oberwindes:
SE
Bedeckungsgrad des Himmels:
0/8
Witterungstyp:
austauscharme Strahlungswetterlage
Zahl der ausgewert. Aufnahmen:
6
Zeitversatz der Aufnahmen:
5 s
Erfäßte Strömungsrichtung:
<< 201° << >> 69° >>
(515.1)



Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

Horizontaldistanz zum nördl. Profilrand 170m

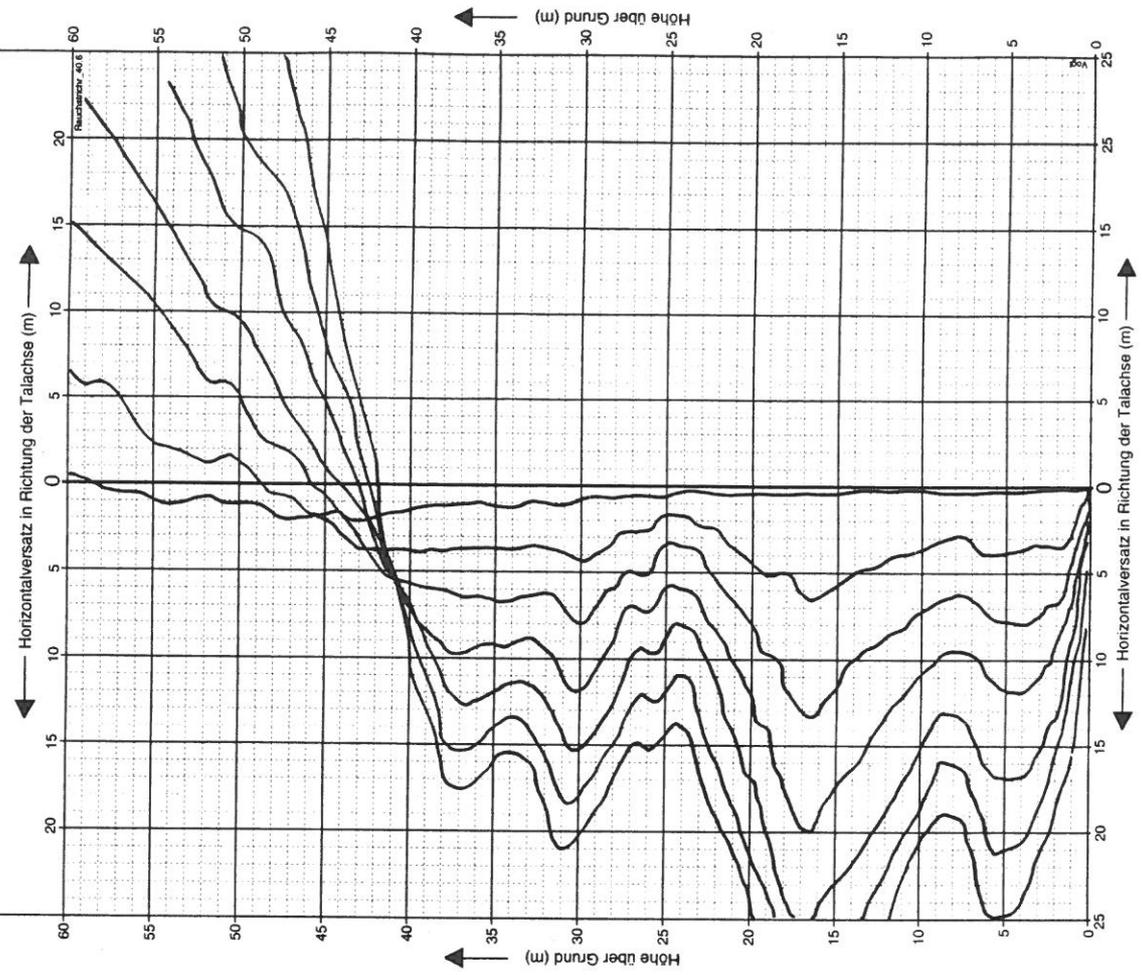
Aufstiegspunkt: 11.8.97, 06:00 MESZ
Datum und Uhrzeit: SE
Richtung des Oberwindes: 0/8
Bedeckungsgrad des Himmels: austauschame Strahlungsweiterlage
Witterungstyp: 7
Zahl der ausgewert. Aufnahmen: 5 S
Zeitversatz der Aufnahmen: <<< 201° <<< >>> 69° >>>
Erfafte Strömungsrichtung: (516.1)



Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

Horizontaldistanz zum nördl. Profilrand 195m

Aufstiegspunkt: 11.8.97, 06:11 MESZ
Datum und Uhrzeit: SE
Richtung des Oberwindes: 0/8
Bedeckungsgrad des Himmels: austauschame Strahlungsweiterlage
Witterungstyp: 7
Zahl der ausgewert. Aufnahmen: 5 S
Zeitversatz der Aufnahmen: <<< 201° <<< >>> 69° >>>
Erfafte Strömungsrichtung: (519.1)



Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

Aufstiegspunkt: Horizontalabstand zum nördl. Profilrand 195m

Datum und Uhrzeit: 11.8.97, 06:14 MESZ

Richtung des Oberwindes: SE

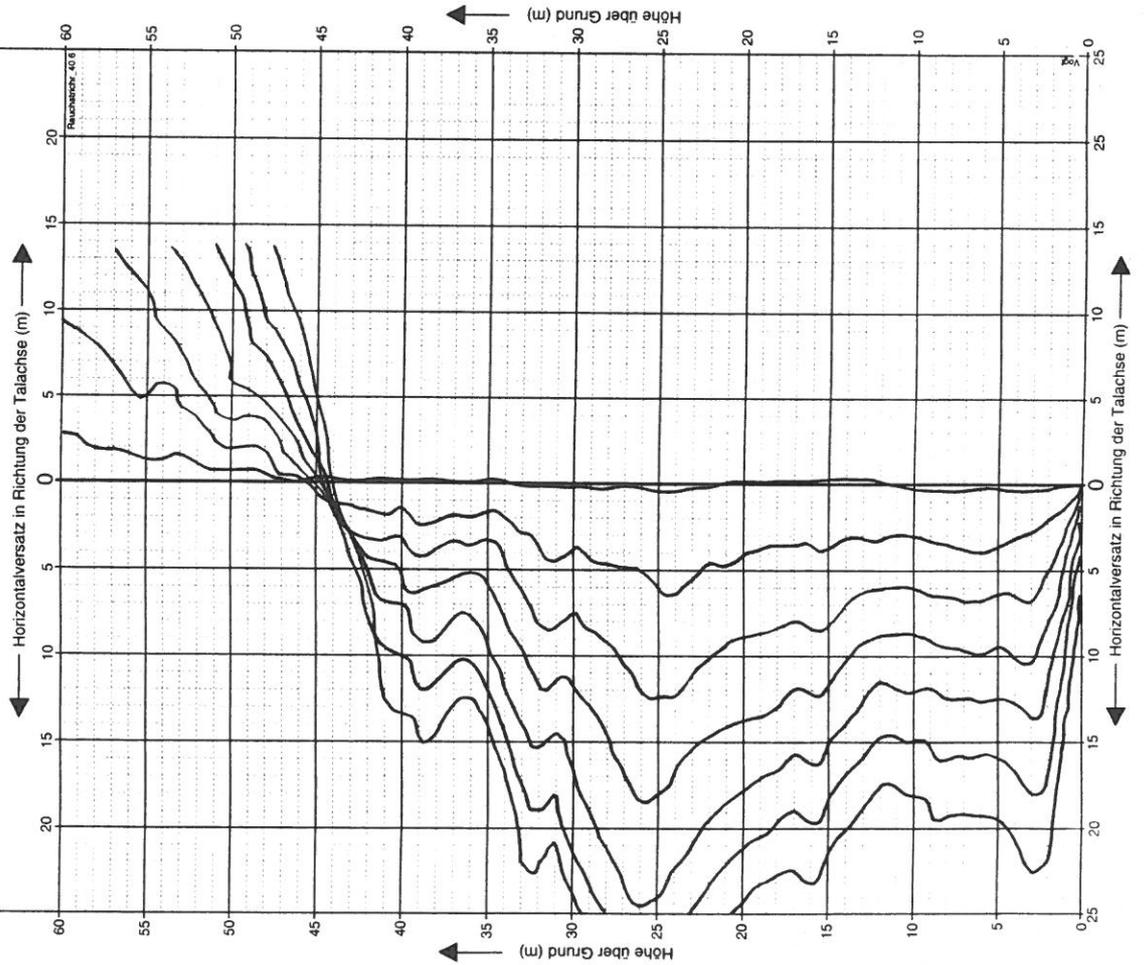
Bedeckungsgrad des Himmels: 0/8

Witterungstyp: 7 austauscharme Strahlungsweiterlage

Zahl der ausgewert. Aufnahmen: 5 s

Zeitversatz der Aufnahmen: << 201° << >> 69° >>

Erfäßte Strömungsrichtung: (520.1)



Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

Aufstiegspunkt: Horizontalabstand zum nördl. Profilrand 245m

Datum und Uhrzeit: 11.8.97, 06:04 MESZ

Richtung des Oberwindes: SE

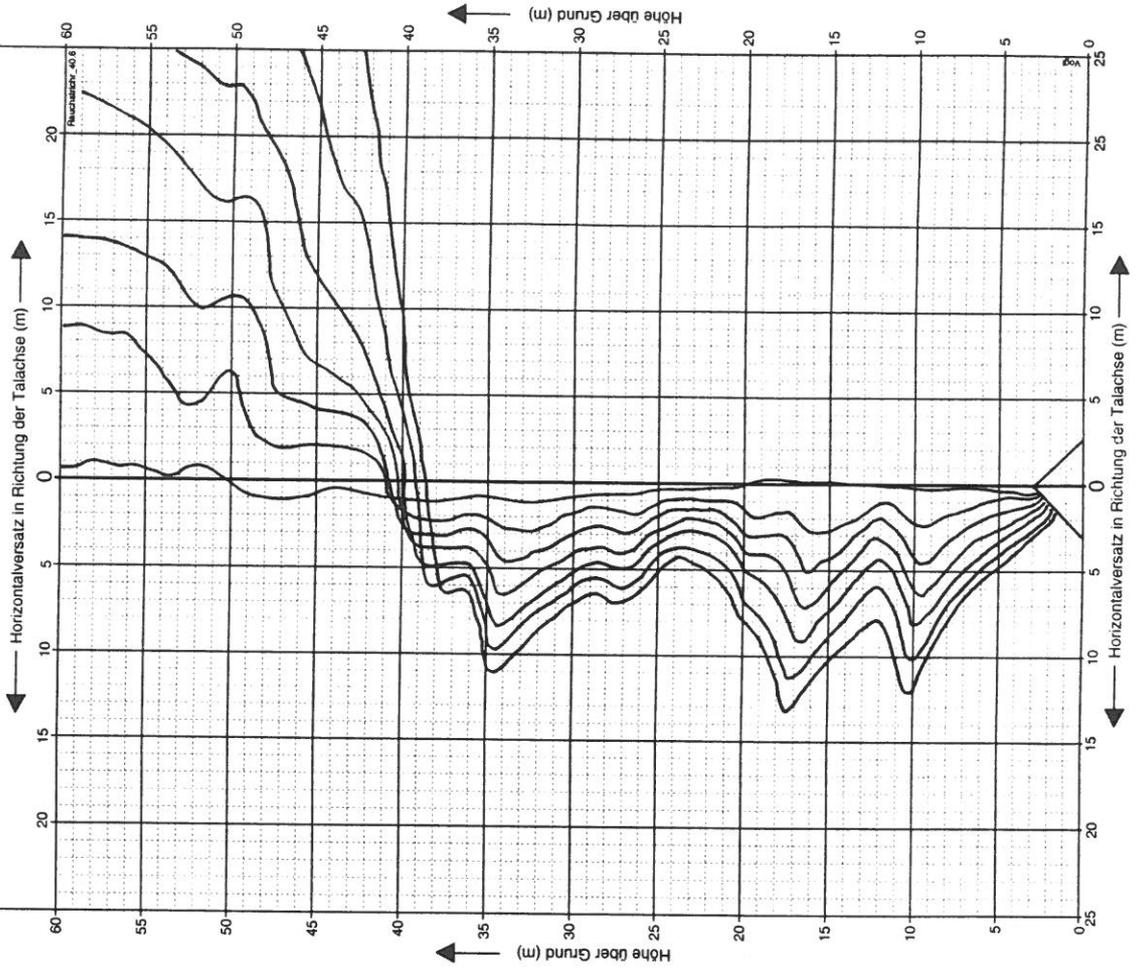
Bedeckungsgrad des Himmels: 0/8

Witterungstyp: 7 austauscharme Strahlungsweiterlage

Zahl der ausgewert. Aufnahmen: 5 s

Zeitversatz der Aufnahmen: << 201° << >> 69° >>

Erfäßte Strömungsrichtung: (617.1)



Vertikalstruktur der Kaltluftströmung im Siechengraben / Stadt Schwabach

Aufstiegspunkt:
Horizontaldistanz zum nördl. Profilrand 245m

Datum und Uhrzeit:
11.8.97, 06:07 MESZ

Richtung des Oberwindes:
SE

Bedeckungsgrad des Himmels:
0/8

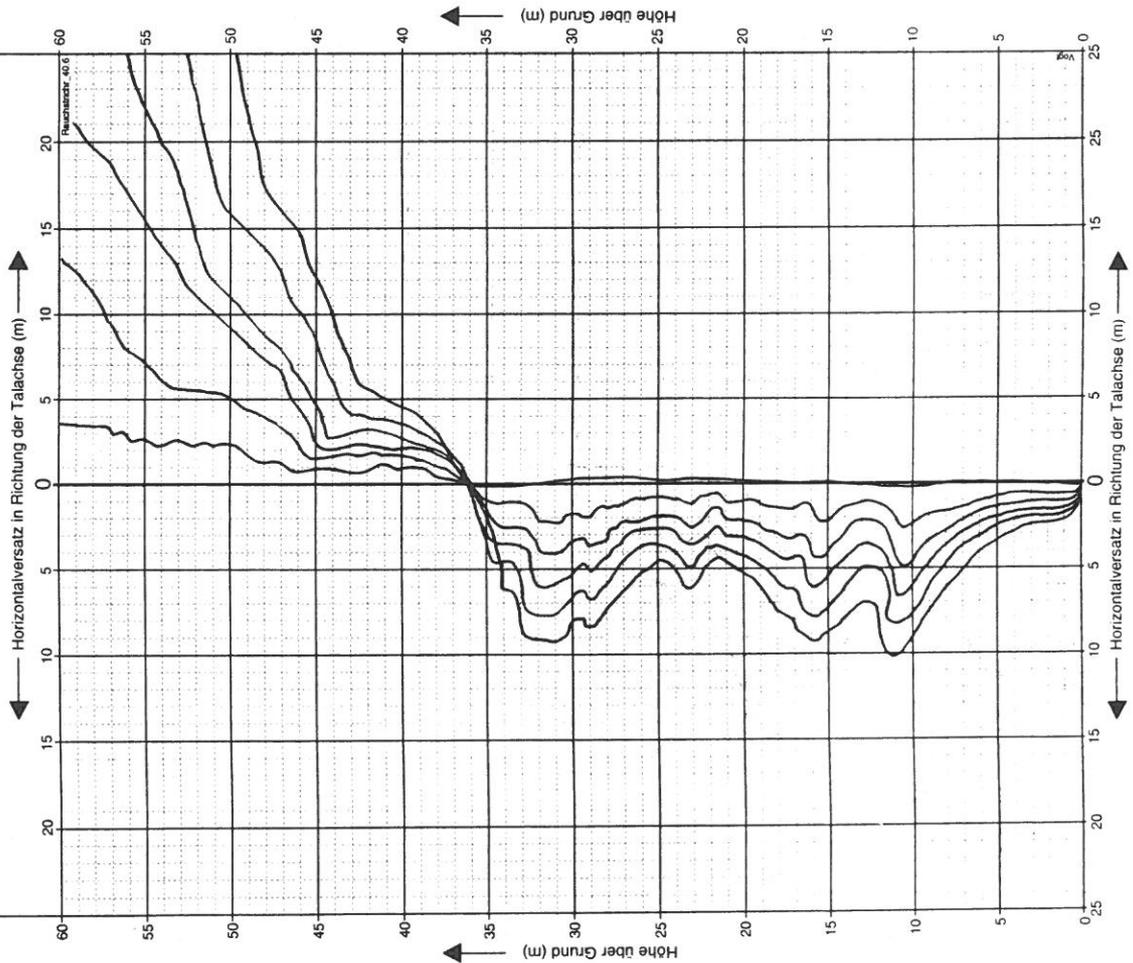
Witterungstyp:
austauscharme Strahlungswetterlage

Zahl der ausgewert. Aufnahmen:
6

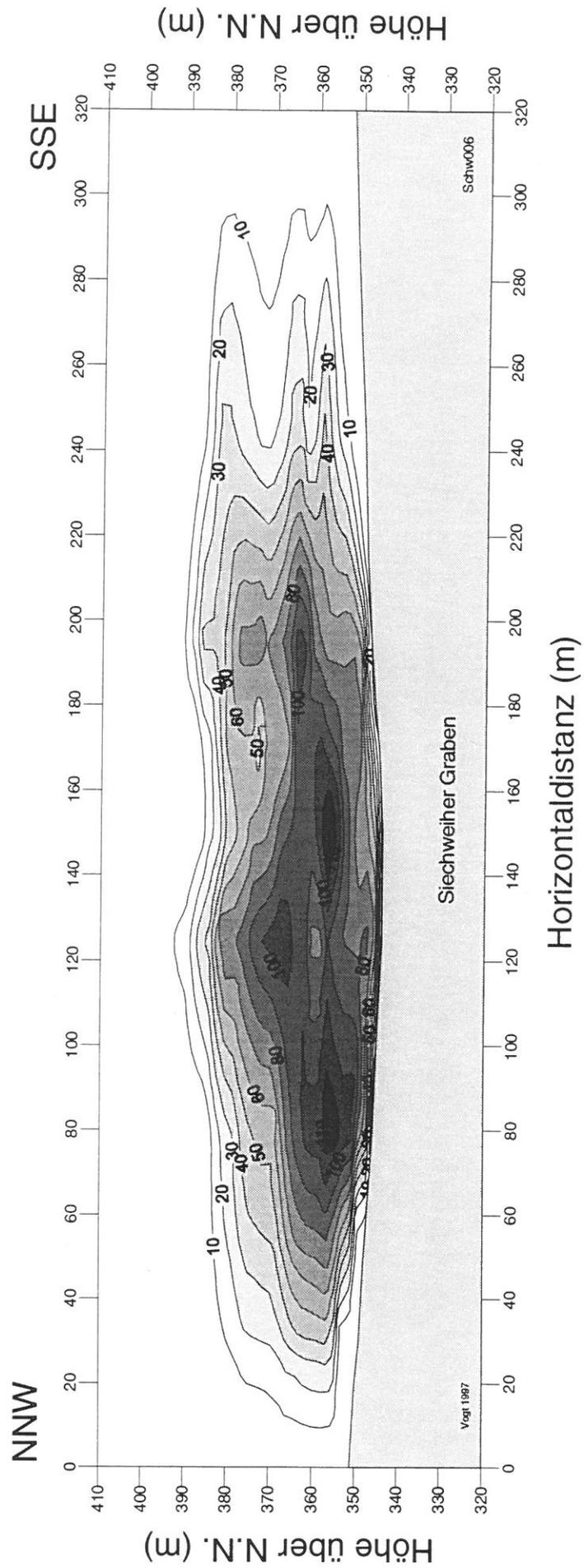
Zeitversatz der Aufnahmen:
5 s

Erfasste Strömungsrichtung:
<< 201° << >> 69° >>

(518.1)



Anhang 3



Isotachen der talwärtigen Bewegungskomponente der lokalen Kaltluftbewegung im Siechweiher Graben/Stadt Schwabach am 11.8.97 von 05:31 bis 06:07 MESZ in cm/sec.

Anhang 4

Ergebnisse der mobilen Temperaturmeßfahrten

Meßpunkt-Nr.	Beschreibung	Bodenbedeckung	Temperaturabweichung [°K] Sommertermin 10./11.08.1997	Temperaturabweichung [°K] Wintertermin 11./12.01.1998
1	Laubenhaid nahe Autobahn	Wald	-0.67	0.34
2	Laubenhaid Tiefenlinie	Wald	-1.04	-0.15
3	Vogelherd / Laubenhaid	Wald	-0.82	0.17
4	Bezugsstation	Wiese	0.00	0.00
5	Nähe Hühnerfarm Siechweihergraben Tiefenlinie	Wiese	-2.29	-0.68
6	B466 / Hühnerfarm	Teer	-0.95	0.23
7	Uigenauerweg bei Sportplatz	Schotter	0.01	0.45
8	Uigenauerweg Nordhang oben	Schotter	-0.76	0.35
9	Uigenauerweg Nordhang Mitte	Schotter	-0.73	0.45
10	Uigenauerweg Siechweihergraben Tiefenlinie	Schotter	-2.09	-0.64
11	Uigenauerweg Südhang Mitte	Schotter	-1.55	-0.03
12	Uigenauerweg Südhang oben	Schotter	-1.43	0.17
13	Uigenauerweg bei Strommast vor Waikersreutherweg	Schotter	-1.30	-0.02
14	Sportplatz Realschule	Wiese	-1.25	-0.10
15	Bebauungsrand Südhang oben	Schotter	-1.12	-0.69
16	Bebauungsrand Südhang kuz vor Graben	Schotter	-1.58	-2.49
17	Bebauungsrand Siechweihergraben Tiefenlinie	Wiese	-2.66	-2.48
18	25 m vor Bebauungsrand Siechweihergraben Tiefenlinie	Wiese	-2.83	-2.58
38	Siechweihergraben Ende Randbewuchs	Wiese	-2.41	-2.34
37	Bebauungsrand Nordhang unten	Acker	-1.04	-1.15
36	Bebauungsrand Nordhang Mitte	Acker	-0.37	-0.96
35	Bebauungsrand Ende Laubenhaid	Schotter	-0.09	-0.97
20	Realschule Parkplatz	Teer	-1.06	-0.36
19	Mizlerstr.	Teer	-1.38	-1.16
32	Siechweihergraben 25m vor Straßendamm	Wiese	-1.96	-2.29
33	Dillinghofweg	Teer	-1.03	-1.58
34	Nassauer / Laubenhaid	Teer	-0.31	-1.07
21	Gutenbergstr. nahe Bauhof	Teer	-0.54	-0.55
22	Gutenbergstr. / Mizlerstr.	Teer	-0.61	-1.15
23	Steinmarkstr. / Siechweihergraben auf Damm	Teer	-1.38	-1.95
24	Steinbergstr.	Teer	-0.76	-1.04
25	Schießsportanlage Schützenstr. Tiefenlinie	Teer	-0.23	-0.53
26	Rittersbacher Kreuzung	Teer	0.08	-0.23
27	Rittersbacher 50m unterhalb der Kreuzung	Teer	0.20	-0.42
28	Rittersbacher / Nördlinger Verkehrsinsel	Teer	0.29	-0.12
29	Wittelbacher nahe EDEKA	Teer	0.63	-0.51
30	Am Siechweiher1	Teer	0.04	-1.50
31	Am Siechweiher2 kurz vor Fußweg	Teer	-0.41	-1.79