



Ingenieurbüro
Dr.-Ing. Achim Lohmeyer
Karlsruhe und Dresden
Strömungsmechanik
Immissionsschutz
Windkanaluntersuchungen

An der Roßweid 3
76229 Karlsruhe

Telefon: 0721/61 64 21
Telefax: 0721/62 16 88
e-mail: lohmeier_ka@t-online.de

KURZFASSUNG

WINDKOMFORT IM BEREICH DER STÄDTEBAULICHEN ENTWICKLUNGSMASSNAHME IN REMSCHIED-HOHENHAGEN

Auftraggeber: Stadt Remscheid
Theodor-Heuss-Platz 1
42853 Remscheid

Dr.-ing. W. Bächlin

Dr.-Ing. A. Lohmeyer

März 1998
Projekt 1199

KURZFASSUNG

WINDKOMFORT IM BEREICH DER STÄDTEBAULICHEN ENTWICKLUNGSMASSNAHME IN REMSCHEID-HOHNENHAGEN

In Remscheid-Hohenhagen ist im Rahmen des Bebauungsplans Nr. 478 in Kuppenlage die Bebauung eines ca. 18 ha großen Areals projektiert. Es ist eine Bebauung mit maximal 4-5 geschossigen Gebäuden vorgesehen. Aufgrund der Kuppenlage sind erhöhte Windgeschwindigkeiten zu erwarten, die im Bereich der geplanten Bebauung zu Nutzungseinschränkungen führen können. Die Informationen über besonders windexponierte Bereiche sind von Bedeutung, um zukünftige Nutzungsmöglichkeiten bzw. -einschränkungen schon im Vorfeld abschätzen zu können. Straßencafés, Parkanlagen, Wartebereiche oder andere Nutzungsmöglichkeiten, in denen sich Menschen längere Zeit aufhalten, wird man zum Beispiel nicht in Gebieten anlegen, in denen häufig besonders hohe Windgeschwindigkeiten auftreten.

METEOROLOGIE

Von August 1993 bis Oktober 1994 wurden in dem Plangebiet Windgeschwindigkeitsmessungen im Auftrag der Stadtwerke Remscheid durchgeführt, deren Ergebnisse für die vorliegende Studie übernommen wurden. Die Repräsentativität des Meßzeitraums wurde überprüft und bestätigt. Als häufigste Windrichtung sind südsüdöstliche Winde, gefolgt von südwestlichen Winden im Untersuchungsgebiet vorzufinden. Aufgrund der Topographie ergeben sich mit einem Jahresmittelwert von 4.3 m/s verglichen mit den großräumigen Verhältnissen örtlich relativ hohe Windgeschwindigkeiten.

VORGEHENSWEISE - METHODIK

Die starke topographische Gliederung des Geländes in Kombination mit der geplanten Bebauung führt örtlich zu komplexen Strömungsvorgängen, für deren Simulation eine sehr detaillierte Auflösung der Bebauung sowie des Bewuchses nötig ist. Für die Bearbeitung dieses Themenfeldes gibt es unterschiedliche Untersuchungsmethoden und Vorgehensweisen. Zur Erfassung der derzeitigen Verhältnisse im Istzustand können Messungen vor Ort durchgeführt werden. Zukünftige Situationen können aber nur durch Simulationen beschrieben werden. Hierfür bieten sich sowohl numerische Modellierungen mittels mikroskaliger Strömungsmodelle als auch physikalische Modellierungen in Grenzschichtwindkanälen

an. Für die Ermittlung des Windkomforts, also der zukünftig im Bereich der Bebauung örtlich zu erwartenden Windverhältnisse, ist eine sehr detaillierte Erfassung der Bebauungsstrukturen (z.B. Dachneigungen, Tordurchfahrten, Bewuchs u.a.) Voraussetzung. Hier bietet sich als Untersuchungsmethode der Windkanal an, da im physikalischen Modell gegenüber dem numerischen Modell die Bebauung nahezu beliebig detailliert nachgebildet werden kann. Als Untersuchungsmethode für das vorliegende Projekt wurde daher die Modellierung in einem Grenzschichtwindkanal vorgesehen.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden für zwei Planvarianten (siehe **Abb. 1** und **Abb. 2**) die zukünftig im Bereich der geplanten Bebauung zu erwartenden Windverhältnisse simuliert und Bereiche mit Nutzungseinschränkungen aufgezeigt. Das zu betrachtende Gebiet wurde im Maßstab 1:400 modelliert. In **Abb. 3** und **Abb. 4** sind Ansichten des Windkanalmodells für die Entwurfsvariante 1, in **Abb. 5** und **Abb. 6** für die Variante 2 gezeigt. Es galt die Anströmverhältnisse, charakterisiert durch das Anströmwindprofil und die Turbulenzverhältnisse, naturgetreu zu simulieren. Die zu berücksichtigenden Modellgesetze, deren Realisierung sowie die Qualitätssicherungstests sind im Hauptbericht ausführlich beschrieben.

Im Windkanal wird bei derartigen Fragestellungen bevorzugt eine zweistufige Vorgehensweise gewählt. Durch vorgeschaltete Sanderosionsversuche erhält man einen flächenhaften, vorwiegend qualitativen Überblick bzgl. der Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet. An den daraus ermittelten kritischen Punkten bzw. an Punkten sensitiver Nutzung (z.B. Schulen, Kindergärten, Parks u.ä.) werden in der zweiten Stufe punktuell Windgeschwindigkeitsmessungen im Modell durchgeführt. Jedem betrachteten Punkt können dann nach Verknüpfung der Windkanalergebnisse mit der örtlichen Jahreswindstatistik Nutzungsmöglichkeiten bzw. -einschränkungen zugeordnet werden.

BEURTEILUNGSWERTE

An ausgewählten Punkten wurden die Windgeschwindigkeiten mittels Hitzdrahtsonden bei den relevanten Windrichtungen vermessen und somit die qualitativen Ergebnisse der Sanderosionsversuche quantifiziert. Dabei sind die punktuellen Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen im Windkanal mit der tatsächlich vor Ort gemessenen Windstatistik zu verknüpfen. Als Ergebnisse erhält man die örtlichen Überschreitungshäufigkeiten

vorgegebener Böenwindgeschwindigkeiten, die wiederum bestimmten Nutzungskriterien zugeordnet sind. Die Böenwindgeschwindigkeit ist definiert als

$$\hat{u} = \bar{u} + 3 \cdot \sigma_u$$

mit

$$\hat{u} = \text{Böengeschwindigkeit}$$

$$\bar{u} = \text{mittlere Windgeschwindigkeit}$$

$$\sigma_u = \text{Standardabweichung der Windgeschwindigkeit}$$

Die in der Literatur beschriebenen Werte für die Böenwindgeschwindigkeiten und den zugeordneten Überschreitungshäufigkeiten bei den jeweiligen Nutzungsmöglichkeiten bzw. -einschränkungen sind in Tab. 1 zusammengefaßt.

Böenwindgeschwindigkeit	Überschreitungshäufigkeit	Nutzungsmöglichkeit	Nutzungskategorie
6 m/s	max. 1 %	keine Einschränkung, Windkomfort	1
6 m/s 8 m/s 10 m/s	max. 5 % max. 1 % max. 0.075 %	zulässig in Warte- und Sitzbereichen (z.B. Spielplätze, Straßencafés, Ruhebänke...)	2
6 m/s 10 m/s 15 m/s	max. 20 % max. 1 % max. 0.01%	kurzzeitiger Aufenthalt, kurzes Stehen- und Sitzenbleiben (z.B. Wartebereiche, Parks...)	3
13 m/s 15 m/s	max. 1 % max. 0.5 %	problemloses Laufen, stetes Spazierengehen (z.B. Durchgangsbereiche, Eingänge, Gebäudeecken...)	4
18 m/s 20 m/s	max. 1 % max. 0.5 %	problematisches Laufen, Windschutz empfehlenswert	5
18 m/s 22 m/s	> 1 % > 0.1 %	Windschutz erforderlich, Gefahr für Fußgänger	6

Tab. 1: Kriterien zur Beurteilung der Windverhältnisse

ERGEBNISSE

In der vorliegenden Studie wurden zunächst im Windkanal die Windverhältnisse mit Hilfe von Sanderosionsversuchen qualitativ flächenmäßig erfaßt. Dabei wird das zu untersuchende Stadtmodell mit einer gleichmäßigen, dünnen Sandauflage in den Windkanal eingebaut. Von denjenigen Flächen, auf denen besonders hohe Windgeschwindigkeiten vorliegen, wird der Sand weggeblasen, auf den Flächen mit niedrigeren Windgeschwindigkei-

ten bleibt er liegen. Im Experiment wird die Windgeschwindigkeit stufenweise erhöht, wobei die Sanderosionsbilder nach jeder Stufe festgehalten werden. **Abb. 7** zeigt exemplarisch die Ergebnisse dieser flächenhaften Betrachtung für eine ausgewählte Windrichtung für die zweite Planvariante. Dabei sind den bei den entsprechenden Windgeschwindigkeitsstufen freigelegten Flächen Farben zugeordnet worden. Lila sind die Flächen mit den höchsten zu erwartenden Windgeschwindigkeiten gekennzeichnet, rot die Flächen der nächsten Stufe und die erodierten Flächen der letzten Geschwindigkeitsstufe sind als gelbe Flächen dargestellt. Die weißen Flächen zeigen die Bereiche, bei denen im Versuch kein Sand erodiert wurde und kennzeichnen somit Flächen mit niedrigen Windgeschwindigkeiten. Die Bereiche mit erhöhten Windgeschwindigkeiten innerhalb der geplanten Bebauung konnten deutlich aufgezeigt werden.

Die **Abb. 8** liefert die Ergebnisse der statistisch ausgewerteten Windgeschwindigkeitsmessungen für die Planvariante 1. Die Meßhöhe betrug bei allen Messungen ca. 2 Meter. Die größten Windgeschwindigkeiten traten bei der Hauptwindrichtung aus Südsüdost bis Süd auf. Vor allem am südlichen Rand des Bebauungsareals ergeben sich örtlich sehr hohe Windgeschwindigkeiten, die mit entsprechenden Nutzungseinschränkungen verbunden sind. Hier wären weitere Windschutzmaßnahmen sicherlich angebracht. Lediglich in Bereichen zwischen den hohen Gebäuden entlang der Erschließungsstraßen befinden sich Zonen, die z.B. auch für Warte- und Sitzbereiche geeignet erscheinen.

Die Ergebnisse der quantitativen Hitzdrahtmessungen für die Planvariante 2 sind in **Abb. 9** gezeigt. Dabei wurde bei diesen Messungen primär nur am Rande der Bebauung Bewuchs berücksichtigt, um die Strömungsverhältnisse zunächst relativ ungestört vermessen und anschließend gezielt Windschutzmaßnahmen empfehlen zu können.

Auch bei der Planvariante 2 ergaben sich aufgrund der Kuppenlage und der damit verbundenen Geschwindigkeitserhöhung Bereiche mit eingeschränkten Nutzungen. Dabei lagen im westlichen Bereich die Nutzungszuordnungen an den Punkten mit den höchsten zu erwartenden Windgeschwindigkeiten vorwiegend bei der Kategorie 3 bzw. 3-4 (kurzzeitiges Stehen und Sitzenbleiben). Ähnliche Verhältnisse wurden auch an den betrachteten Punkten im mittleren Bebauungsteil im Bereich des geplanten Kindergartens und Gemeinschaftshauses ermittelt, wobei hier auch die Kategorie 2 (Sitzbereiche) vertreten war. Die

höchsten Werte wurden im östlichen Planteil ermittelt, wo mehreren Punkten die Nutzungskategorie 4 zugeordnet wurde.

Insgesamt ist bei der Variante 2 zu erkennen, daß die betrachteten Punkte innerhalb der Bebauungsfelder, die weit ab des berücksichtigten Bewuchses liegen, die höchsten Geschwindigkeiten aufweisen. Deutlich niedriger liegen erwartungsgemäß die Punkte, die „eingebettet“ sind von Bewuchs (z.B. Punkt 8) oder im direkten Einflußbereich des Bewuchses liegen (z.B. die Punkte 1 und 7). Da bei der Planvariante 2 verglichen mit der Variante 1 der Bewuchs stark reduziert war, können die hier gemessenen Werte bei gezielter Bewuchsanordnung (siehe **Abb. 10**) deutlich reduziert werden. Experimente für ausgewählte Punkte haben gezeigt, daß durch den Bewuchs die Windgeschwindigkeit reduziert wird und damit auch die für die Beurteilung relevanten Überschreitungshäufigkeiten deutlich abnehmen.

VARIANTENVERGLEICH

Flächenmäßig betrachtet sind die zu erwartenden Windgeschwindigkeiten bei der Planvariante 2 niedriger verglichen mit Planvariante 1. Die Ergebnisse der punktuellen Messungen in den Zonen höchster Windgeschwindigkeiten sind bei beiden Entwürfen vergleichbar, wobei aber bei der Planvariante 2 im Bereich der Bebauung kein Bewuchs bei den Messungen vorhanden war, während bei der Planvariante 1 der Bewuchs wie geplant berücksichtigt war. Mit dem basierend auf den Meßergebnissen erstellten Bewuchsplan (siehe **Abb. 10**) werden an den Meßpunkten sowie im gesamten bebauten Bereich die bodennahe Windgeschwindigkeiten zusätzlich deutlich reduziert. Aus Sicht des zu erwartenden Windkomforts ist daher der Planvariante 2 gegenüber Variante 1 der Vorzug zu geben.

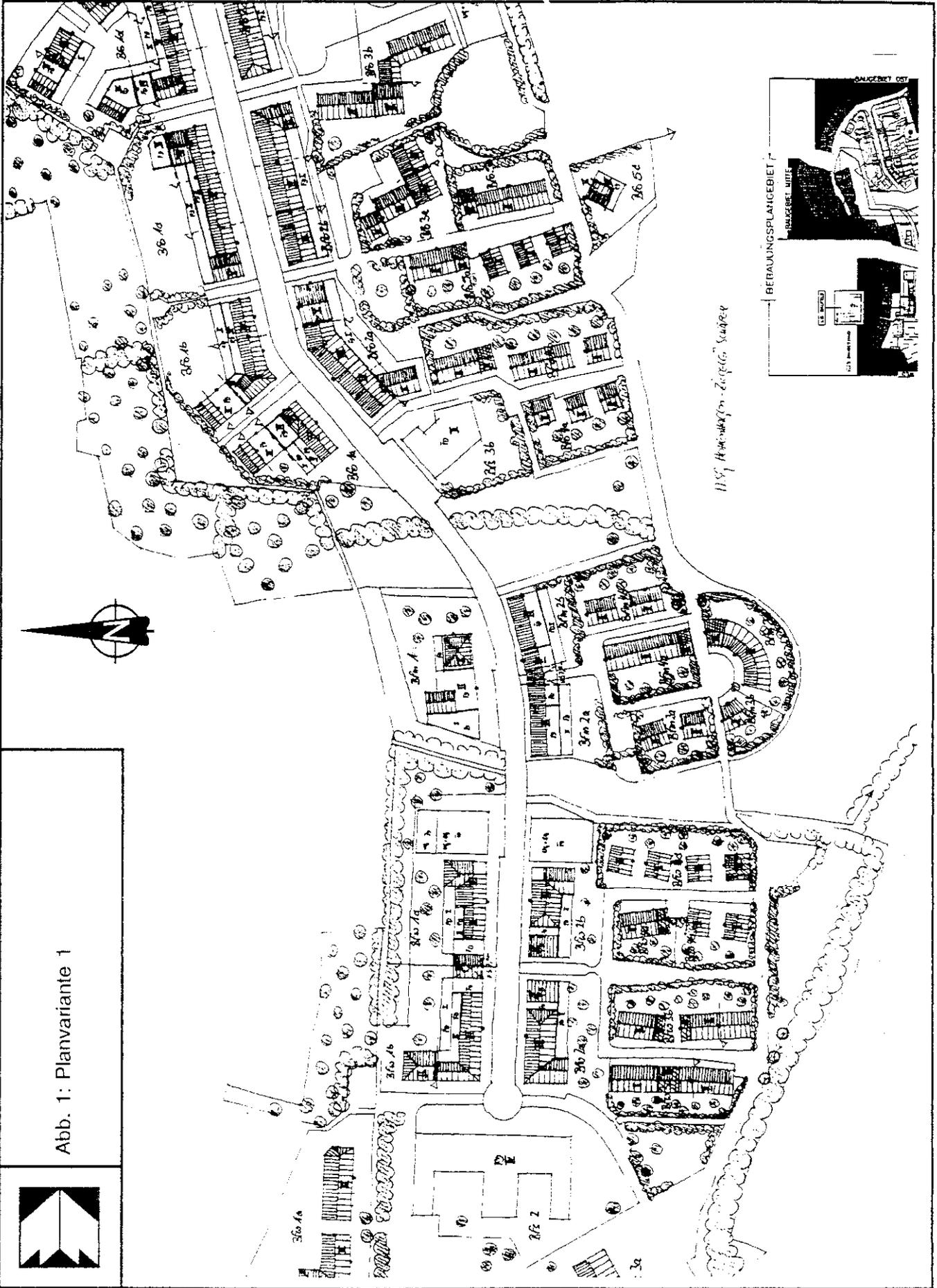


Abb. 1: Planvariante 1



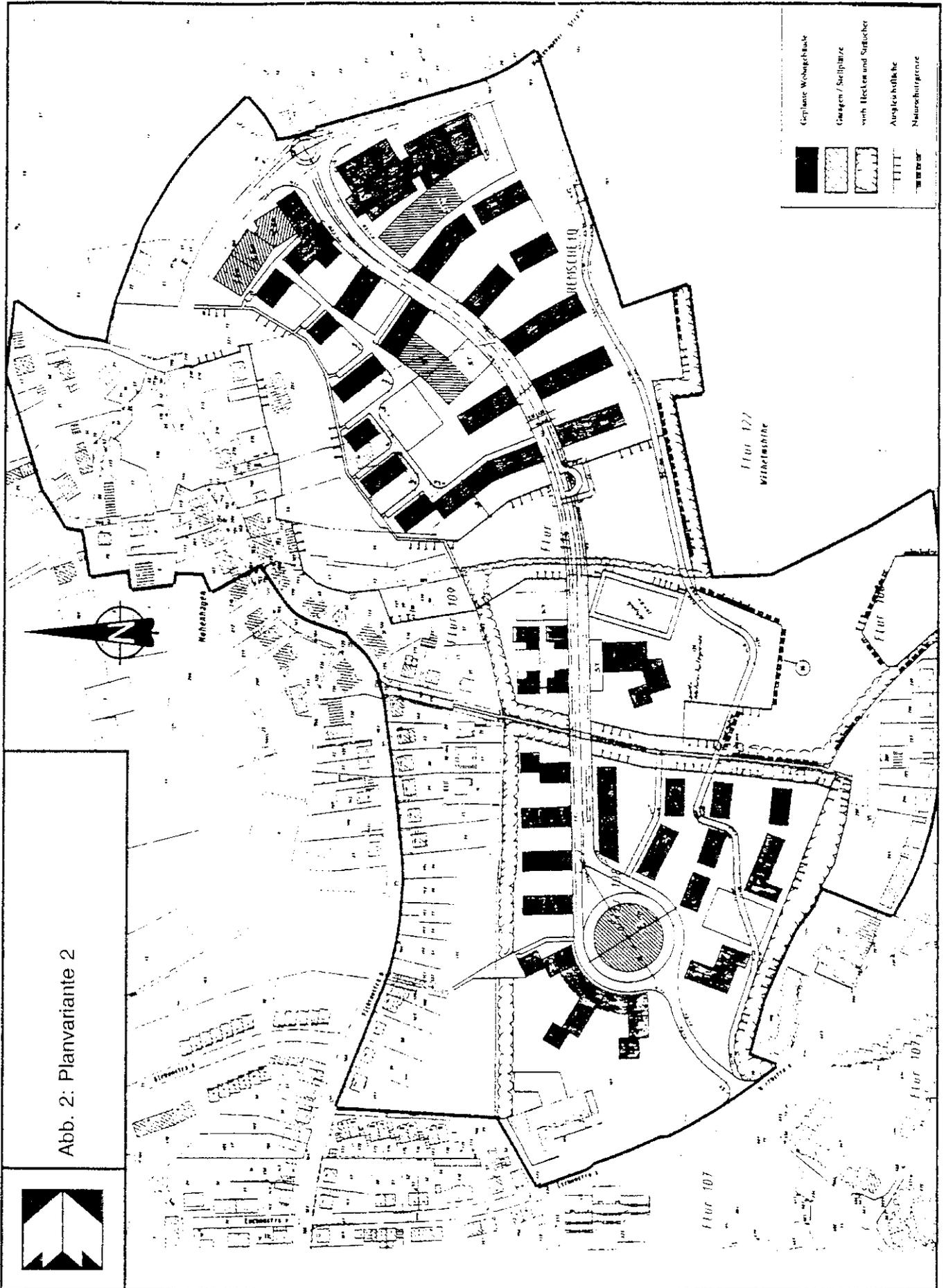
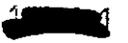


Abb. 2: Planvariante 2





Abb. 3: Windkanalmodell Blick aus Südwest - Variante 1

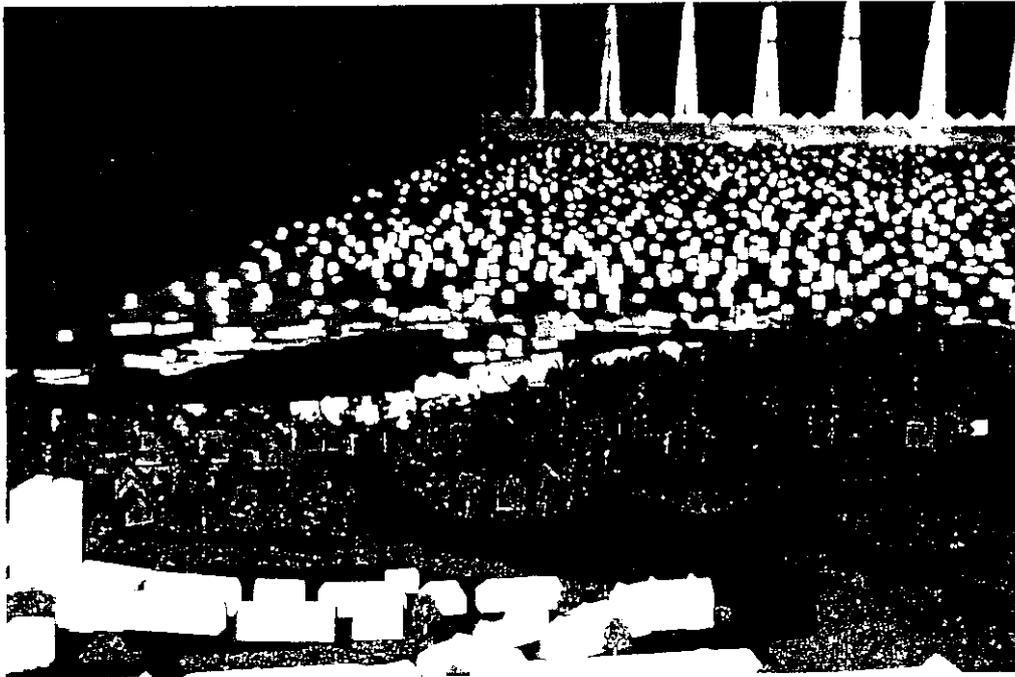


Abb. 4: Windkanalmodell Blick aus Süd - Variante 1



Abb. 5: Windkanalmodell Blick aus Südwest - Variante 2

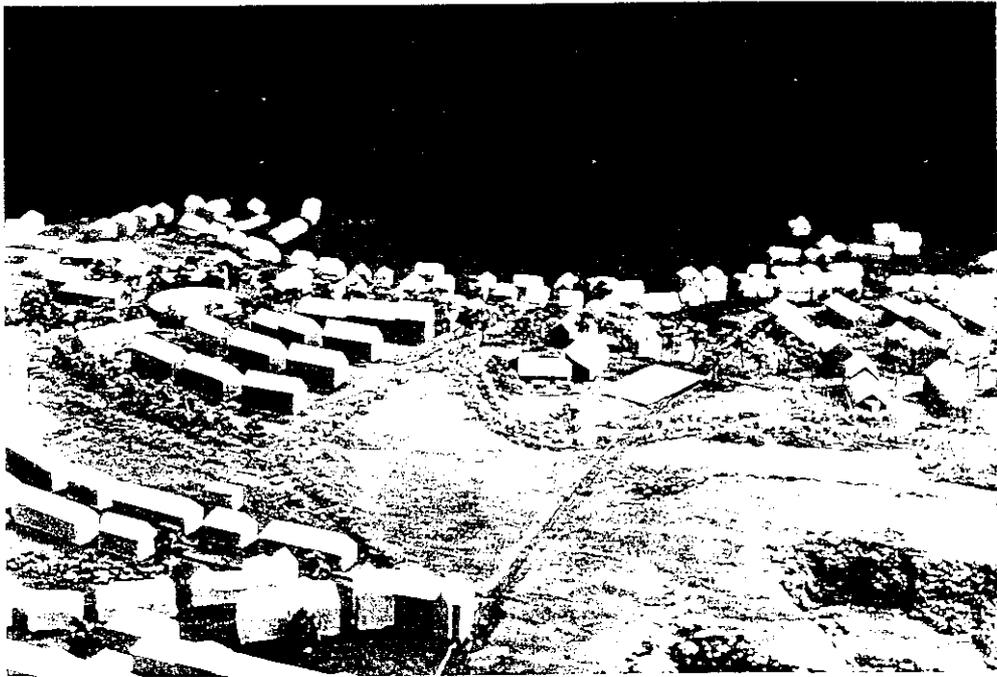


Abb. 6: Windkanalmodell Blick aus Süd - Variante 2

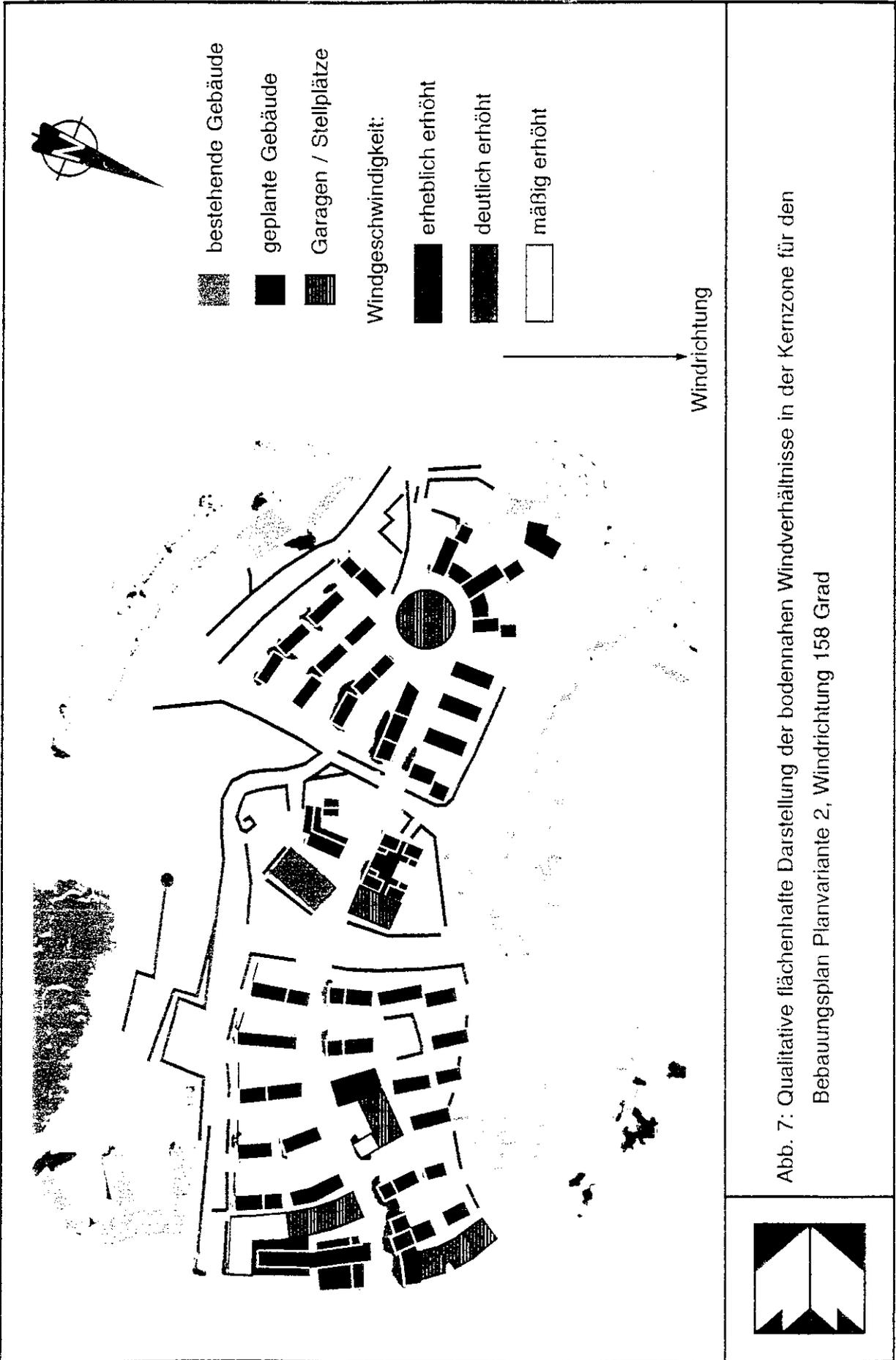


Abb. 7: Qualitative flächenhafte Darstellung der bodennahen Windverhältnisse in der Kernzone für den Bebauungsplan Planvariante 2, Windrichtung 158 Grad



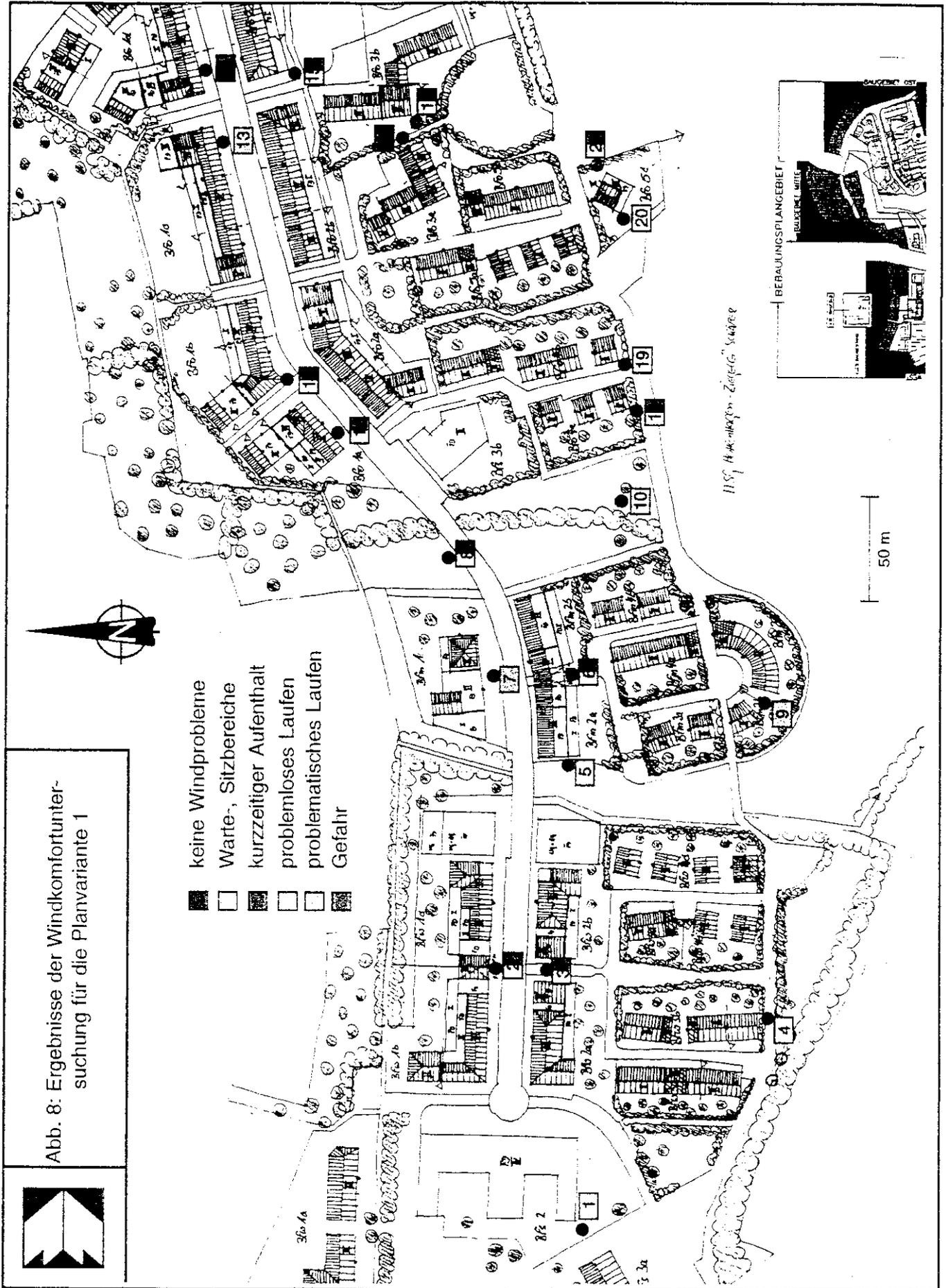
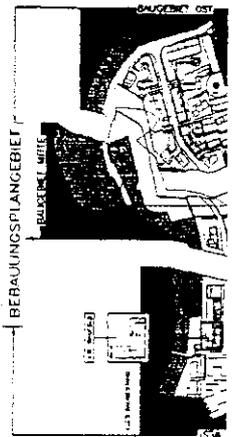


Abb. 8: Ergebnisse der Windkomfortuntersuchung für die Planvariante 1



- keine Windprobleme
- Warte-, Sitzbereiche
- kurzzeitiger Aufenthalt
- problemloses Laufen
- problematisches Laufen
- Gefahr

50 m



115, HANNOVER-STRASSE

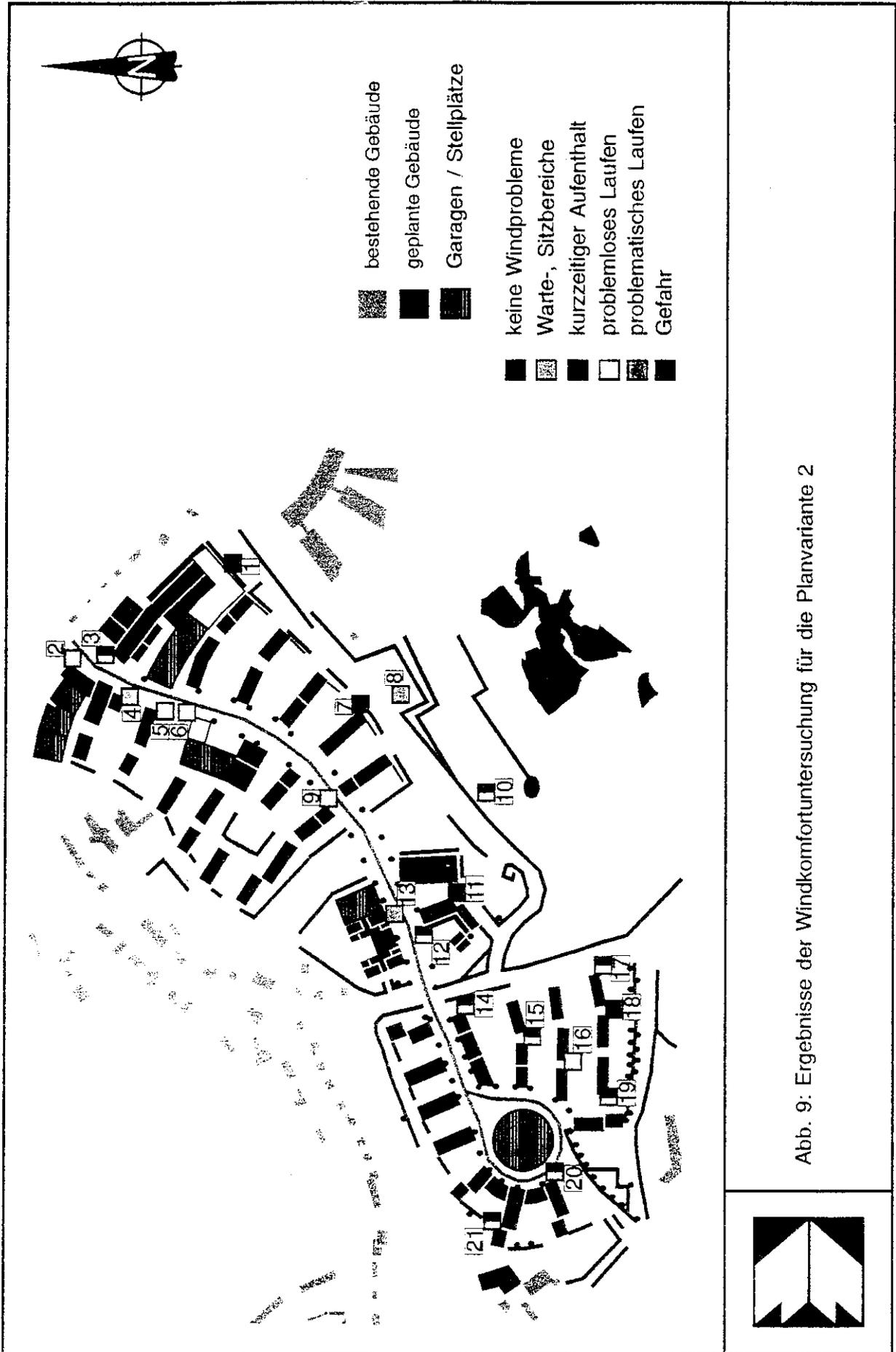
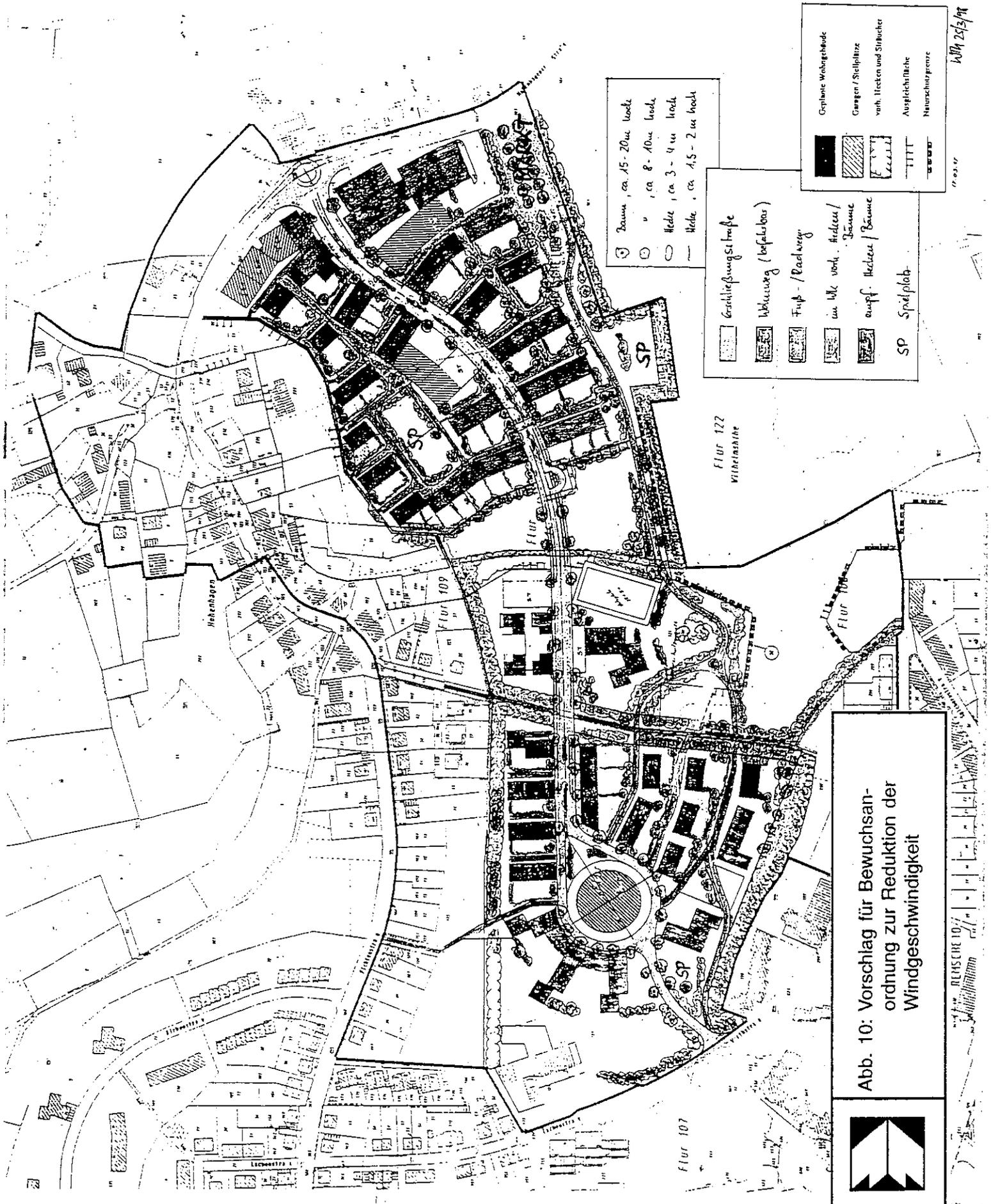


Abb. 9: Ergebnisse der Windkomfortuntersuchung für die Planvariante 2





- ⊙ Bäume, ca. 15-20m hoch
- " " " " ca. 8-10m hoch
- Hecke, ca. 3-4 m hoch
- Hecke, ca. 1,5-2 m hoch

- Copfhalm Wehrgehölze
- Gärten / Stellplätze
- vork. Hecken und Sträucher
- Ausgleichfläche
- Naturschutzgrenze

- Grünlebensst. troste
- Wäldchen (befeuchtet)
- Fuß- / Radweg
- im MK vork. Hecken / Bäume
- ansp. Hecke / Bäume
- SP Spielplatz

Abb. 10: Vorschlag für Bewuchsordnung zur Reduktion der Windgeschwindigkeit



W 24 25/97

REISCHER 10/

Erläuterungen zu dem Begrünungsplan RS-Hohenhagen

Die vorgeschlagene Begrünung dient in erster Linie dem Windschutz. Neben der bereits in der Windkanaluntersuchung der Variante 2 berücksichtigten Randbegrünung bzw. Begrünung der Erschließungsstraße (als Allee) umfaßt der Vorschlag die Begrünung zwischen den Gebäuden in den Baufeldern Ost und West.

Die möglichen Begrünungsmaßnahmen hängen stark von der Erschließung ab. Die im Plan (Stand vom 17.03.98) vorhandenen Wohnwege bzw. die Rad- und Fußwege wurden entsprechend geändert und ergänzt.

Im Baufeld Ost werden die Flächen zwischen den Gebäuden durch ca. 1,5 - 2 m hohe Hecken entlang der Erschließungswege parzelliert, wobei die Hecken durch ca. 8 - 10 m hohe Bäume ergänzt werden. An den Gebäudeecken bzw. an den südlichen und nördlichen Rändern der Parzellen sind ca. 3 - 4 m hohe Büsche und Hecken vorgesehen. Die sich am südlichen Rand der Bebauung befindlichen ca. 1,6 m hohen Mauern, die bereits bei der Windkanaluntersuchung berücksichtigt wurden, sind in die Begrünung eingebunden. Im Bereich des „Marktes“ werden zwei ca. 15 - 20 m hohe Baumreihen angelegt. Die Allee entlang der Erschließungsstraße besteht aus ca. 15 - 20 m hohen Bäumen in unregelmäßigen Abständen. Da unkomfortable Windgeschwindigkeiten besonders im Bereich der Erschließungsstraße auftraten, werden mit ca. 2,5 - 3 m hohen Hecken begrünte Inseln in der Straßenmitte vorgeschlagen.

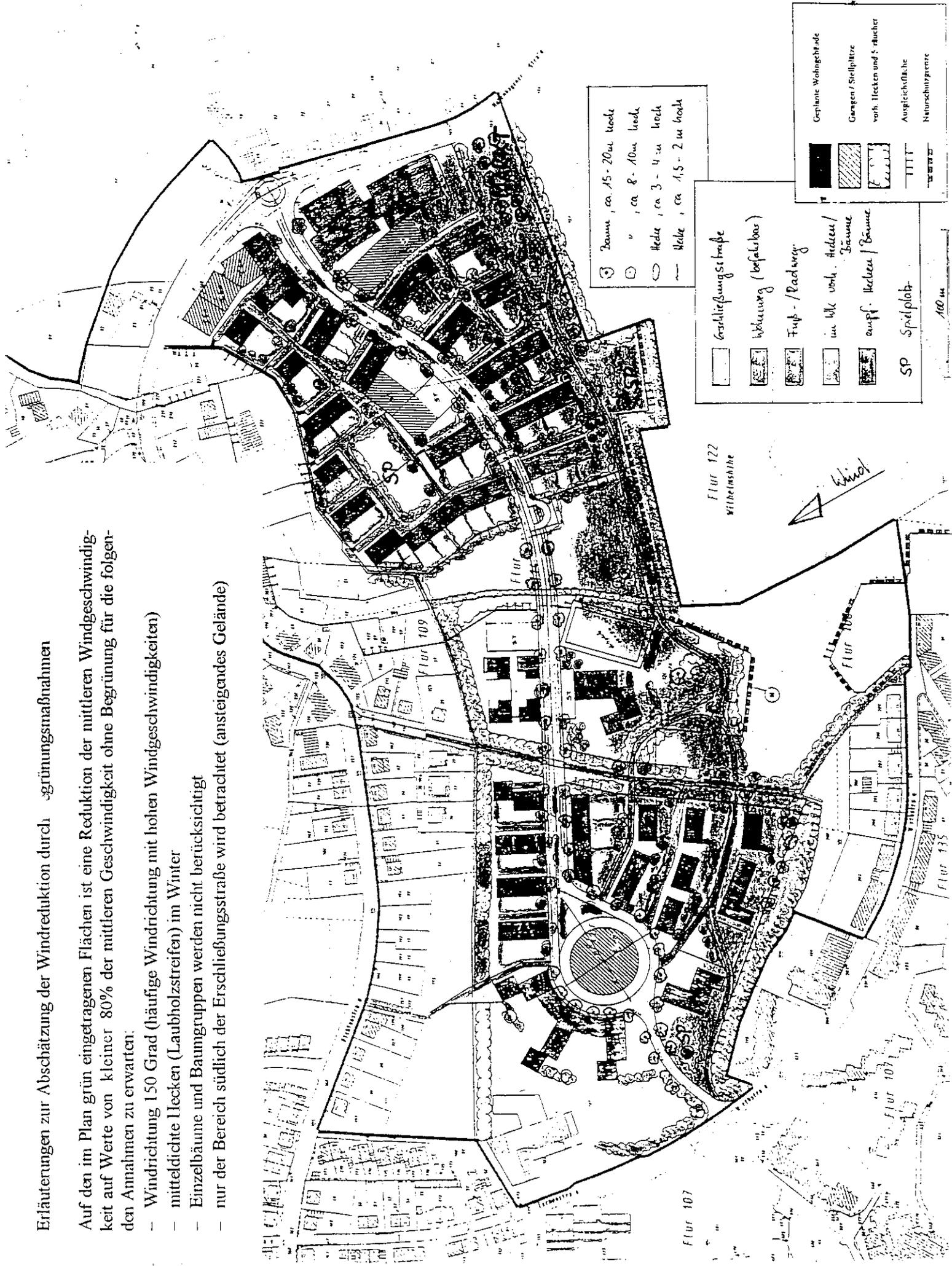
Im Baufeld West sind die Parzellen ebenfalls durch Hecken eingefast, wobei diese im Bereich der Lücken zwischen den Gebäuden und gegenüber durch ca. 8 - 10 m hohe Bäume ergänzt werden.

Die Ergebnisse der Windkanaluntersuchung zeigen, daß Gebäudelücken und Freiflächen besonders gegen Winde aus südöstlichen bis südwestlichen Richtungen abgeschirmt werden sollten. Eine zu dichte Begrünung an den südlichen Rändern führt aber zu einer u.U. unerwünschten Beschattung. Durch eine Staffelung der Hecken und Bäume wurde versucht, sowohl den Ansprüchen des Windschutzes als auch der Besonnung gerecht zu werden.

Erläuterungen zur Abschätzung der Windreduktion durch Begrünungsmaßnahmen

Auf den im Plan grün eingetragenen Flächen ist eine Reduktion der mittleren Windgeschwindigkeit auf Werte von kleiner 80% der mittleren Geschwindigkeit ohne Begrünung für die folgenden Annahmen zu erwarten:

- Windrichtung 150 Grad (häufige Windrichtung mit hohen Windgeschwindigkeiten)
- mitteldichte Hecken (Laubholzstreifen)
- Einzelbäume und Baumgruppen werden nicht berücksichtigt
- nur der Bereich südlich der Erschließungsstraße wird betrachtet (ansteigendes Gelände)



③ Baum, ca. 15-20m hoch
 ○ Hecke, ca. 8-10m hoch
 ○ Hecke, ca. 3-4m hoch
 --- Hecke, ca. 1,5-2 m hoch

Erschließungsstraße
 Witterung (befahrbar)
 Fuß-/Radweg
 im Wk vorh. Hecken/Bäume
 aufw. Hecken/Bäume
 SP Spielplatz

Gefahrene Wohngelände
 Gassen/ Stellplätze
 vorh. Flecken und Strucher
 Ausgleichfläche
 Naturschutzgrenze

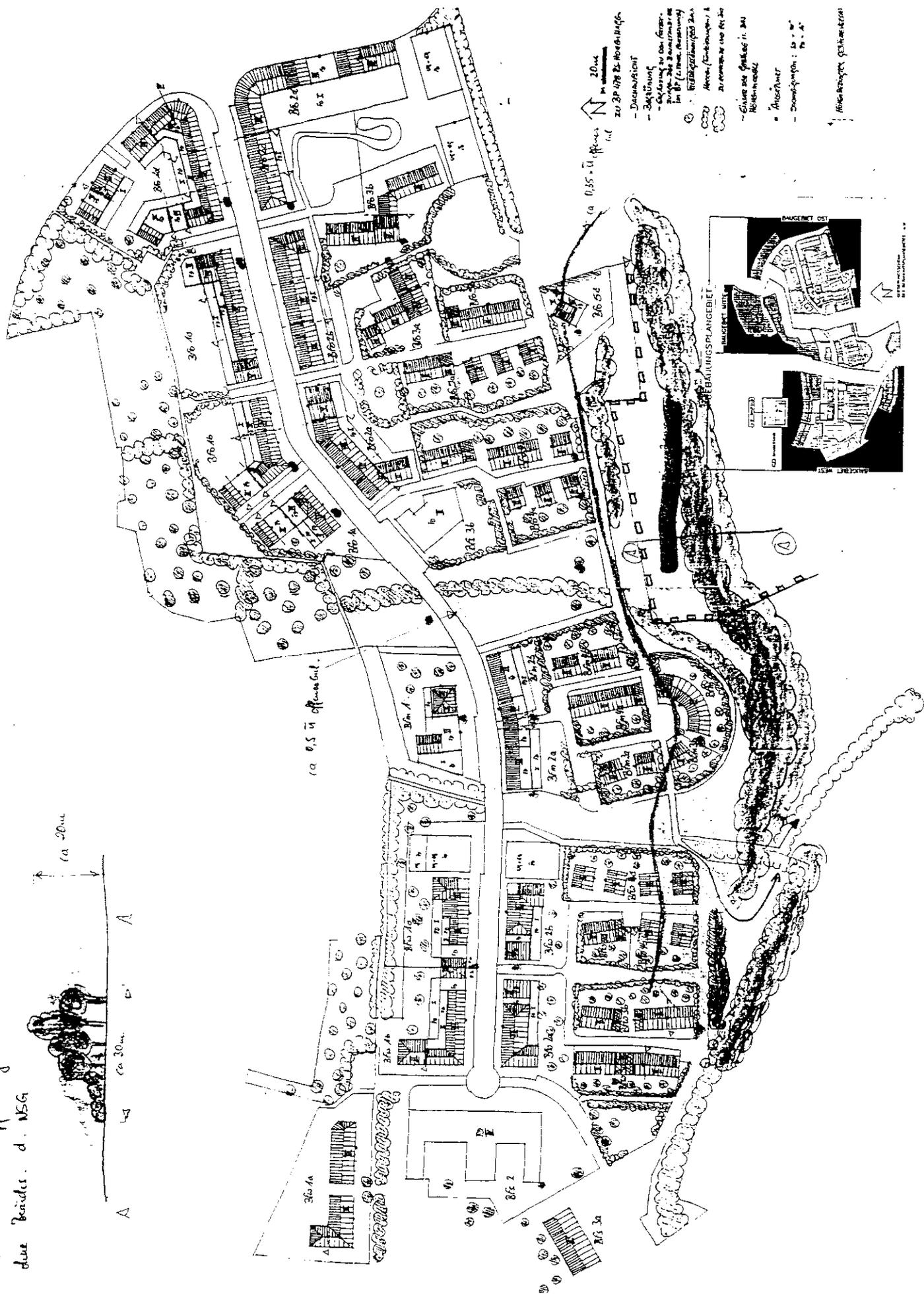
Flur 122
Witternshöhe

Wind

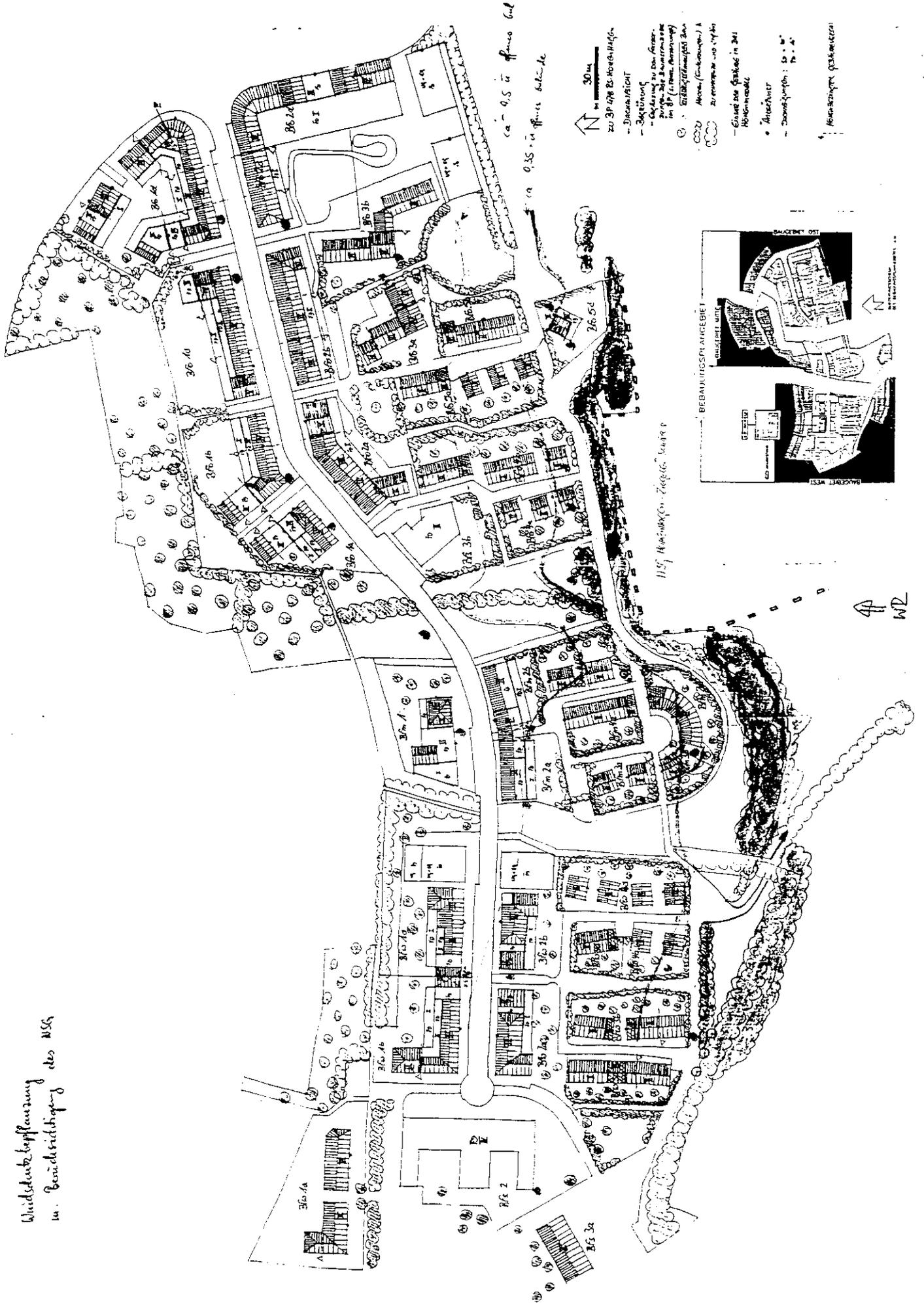
Flur 107

100m

Variante I
Massive Wälderschneidplanung
desse Bereiches d. NSG



Variante II
Windlastbepflanzung
in Berücksichtigung des NSG

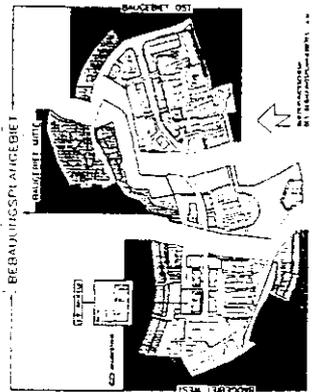


30m

- DIREKTIONSWINDRICHTUNG
- Begrünlung
- Einflussung zu den Gebäuden
- Zentrale Grünflächen
- NSG (Naturschutzgebiet)
- Mauern (Erdwände)
- Zurückhaltung von Straßen
- Grüne des NSG in der Höhenrelief
- Anlageplan
- Doppelplan: 1:500, 1:1000

ca. 0,5 m offene Gel.
ca. 0,35 m offene Gel.

NSG Höhenrelief (ca. 200m, 300m)



WD