

**Zeitschrift:** Bulletin für angewandte Geologie  
**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung der Petroleum-Geologen und –Ingenieure;  
Schweizerische Fachgruppe für Ingenieur-Geologie  
**Band:** 1 (1996)  
**Heft:** 2  
  
**Artikel:** GIS als Hilfsmittel für 3D-Seismikmessungen im Zürcher Weinland  
(Schweiz)  
**Autor:** Kuhn, P. / Graf, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-219185>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# GIS als Hilfsmittel für 3D-Seismikmessungen im Zürcher Weinland (Schweiz)

mit 4 Figuren und 3 Tabellen

P. KUHN<sup>1</sup> und R. GRAF<sup>1</sup>

Key words: 3D seismic, GIS

## *Zusammenfassung*

Im Rahmen der 3D-Seismikmessungen der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) im Zürcher Weinland wurden alle für die Planung relevanten topographischen, infrastrukturellen und raumplanerischen Daten in ein Geographisches Informationssystem (GIS) eingegeben. Der Hauptteil der Planungsarbeiten für die bisher grösste 3D-Seismikkampagne in der Schweiz kann so effizient und präzise am Computer durchgeführt werden.

## *Résumé*

La société Coopérative Nationale pour l'Entreposage de Déchets Radioactifs (Cédra) prévoit une campagne de mesures sismiques 3D dans le Weinland zurichois. L'envergure d'une telle campagne, encore jamais menée en Suisse, nécessite une planification particulièrement soignée dans une région aussi densément peuplée. Tous les données importantes relatives à la topographie, aux infrastructures ainsi qu'à l'aménagement du territoire ont été intégrées dans un Système d'Information Géographique (SIG). La plus grande partie du travail de planification peut ainsi être effectué à l'ordinateur.

## *Abstract*

For planning and permitting purposes of a 3D seismic campaign by the National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste (Nagra) all relevant topographic, infrastructural and regional planning data were incorporated into a geographical information system (GIS). It is demonstrated that the use of a GIS is an efficient method to store, retrieve and update all necessary information for the permitting crew and similarly for the optimization of acquisition parameters.

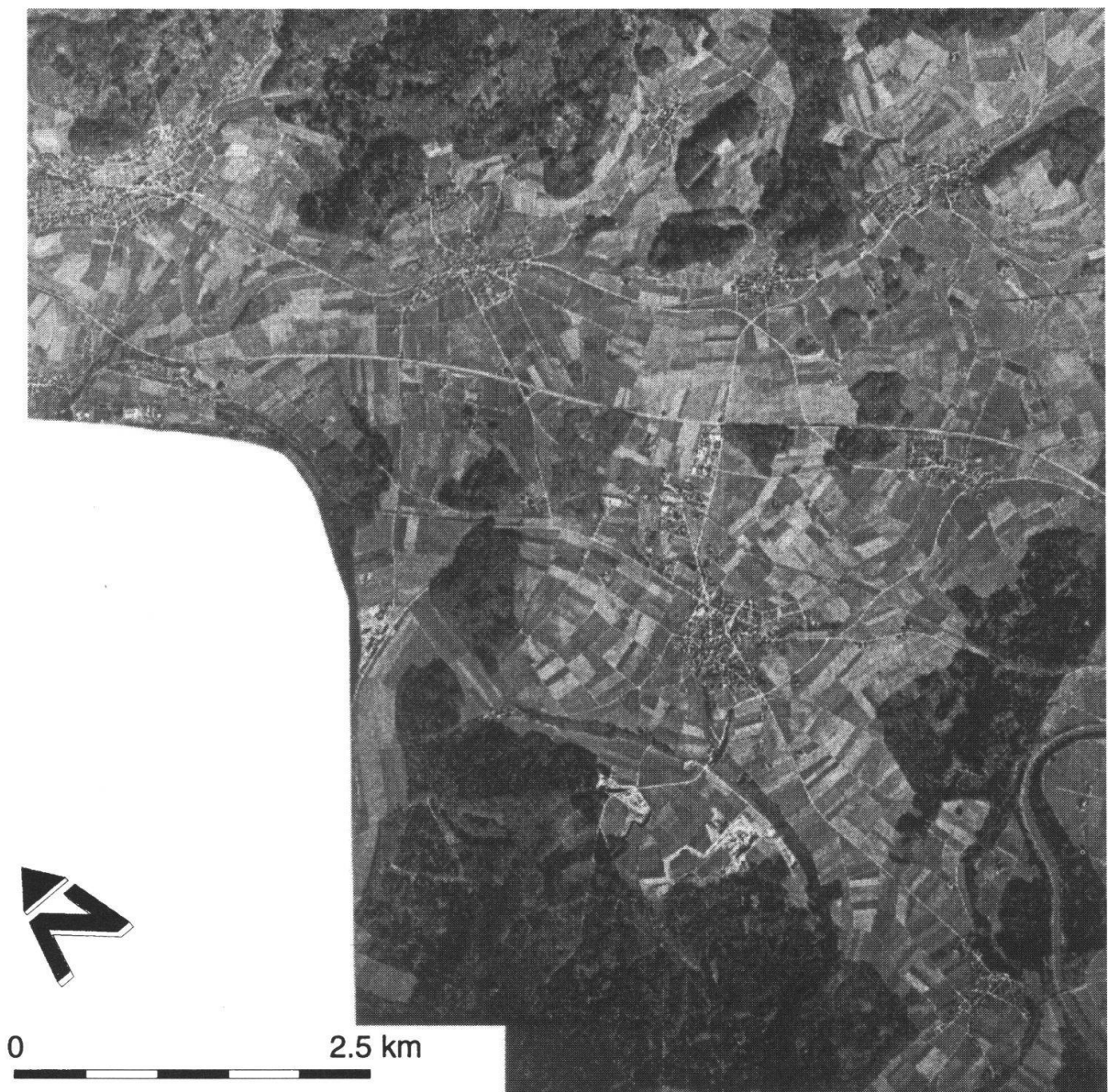
## 1. Einleitung

Die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) untersucht den Opalinuston im Zürcher Weinland bezüglich seiner Eignung, ein Endlager für hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle aufzunehmen (Naef & Birkhäuser 1996). Nach einer regionalen Erkundung mit 2D-Seismik in den Jahren 1991/92 wird im Winter 1996/97 mit einer grossen 3D-Seismikkampagne die lokale Untersuchungsphase begonnen. Dabei wird eine Fläche von etwas weniger als 50 km<sup>2</sup> mit einem engmaschigen Netz von Sender- und Empfängerlinien überzogen. Die Durchführung einer so umfangreichen Feldkampagne in einem dichtbesiedelten und land- und forstwirtschaftlich stark genutzten Gebiet stellt vor allem bezüglich Planung und Permitting viel höhere Anforderungen als vergleichbare frühere 2D-Seismikmessungen, da die Flexibilität bezüglich Messlinienverlauf bei engmaschigen 3D-Messungen geringer ist. Um diese Aufgaben effizient und präzise bewältigen zu können, wurde beschlossen, sämtliche verfügbaren, für die Messungen relevanten Daten in ein Geographisches Informations-System (GIS) einzubinden.

<sup>1</sup> Proseis AG, Baumackerstr. 46, CH-8050 Zürich

## 2. Basispläne (Rasterdaten)

Entzerrte Luftbilder in Form digitaler Orthophotos eignen sich hervorragend als Planbasis in dichtbesiedelten und intensiv bewirtschafteten Gebieten, da Karten bereits bei Drucklegung schon wieder veraltet sind. Die Bilder (Fig. 1) wurden am 21. Februar 1995 durch die Swissair Photo AG aus einer Flughöhe von 3400 Metern über Grund in drei Flugstreifen aufgenommen. Dieser Termin wurde gewählt, um den erwarteten äusseren Bedingungen während der Messungen möglichst genau zu entsprechen. Als Nachteil wurden der zu dieser Jahreszeit tiefe Sonnenstand und die damit verbundenen langen Schlagschatten in Kauf genommen. Die Bilder im Massstab 1:20'000 wurden mit einer Pixelgrösse von 25 µm gescannt, was einer Auflösung am Boden von 50 cm entspricht. Anschliessend wurden die Bilder mit Hilfe von 25 auf der Erdoberfläche mit Tüchern signalisierten Einpasspunkten und dem Digitalen Höhenmodell DHM 25 der Schweizerischen Landestopographie in allen drei Dimensionen entzerrt. Mittels Bildbearbeitungssoftware wurden die ein-



**Fig. 1:** Luftaufnahme des gesamten Messgebietes.

zelenen Bilder zusammengefügt, farblich angeglichen und mit unterschiedlichen Auflösungen, von 0,5 bis 8 Meter, auf Festplatte gespeichert. Die Bilder sind jederzeit am Bildschirm abrufbar und können, da sie in die drei Spektralkanäle (rot-grün-blau RGB) aufgeteilt sind, gezielt weiterverarbeitet werden.

Beim selben Flug wurden zusätzlich Farb-Infrarotbilder (CIR) des Untersuchungsgebiets aufgenommen. Diese liegen als nicht entzerrte Einzelszenen vor. Der Nutzen der CIR-Bilder liegt vor allem im Erkennen der Bodenbeschaffenheit (Vernässung, Verdichtung, Intensität der Bewirtschaftung) und der Dichte des Baumbestandes in den grossen Nadel- und Laubwaldgebieten im Untersuchungsgebiet.

Für zusätzliche, auf den Luftbildern nicht enthaltene Informationen wie Orts- und Flurnamen sowie das Grundstückskataster boten sich die digitalen Übersichtspläne an, die vom GIS-Dienstleistungszentrum des Kantons Zürich erstellt wurden. Diese Pixelkarten entstanden durch Scannen der Übersichtspläne im Massstab 1:2'500. Dank anschliessender Entzerrung wurde eine Lagegenauigkeit von etwa  $\pm 1$  Meter erreicht (vgl. Tab. 1).

Die Kombination der beiden Rasterdatensätze (Luftbild und Übersichtsplan als darüberliegende transparente Ebene) ergibt ein Maximum an Information und hat sich als Planbasis bestens bewährt (vgl. Fig. 2).

### 3. Erfassung der Katasterinformationen (Vektordaten)

Um bei der Planung der seismischen Messungen eine möglichst hohe Genauigkeit und Flexibilität zu erhalten, wurde beschlossen, sämtliche Werkleitungs- und Schutzzonenkataster lückenlos digital zu erfassen. Die Katasterinformationen lagen dabei grösstenteils in analoger Form als Pläne in den Massstäben 1:500 bzw. 1:1'000 vor. Grundlage bildeten dabei Grundbuchpläne meist älteren Datums (hauptsächlich aus den dreissiger Jahren).

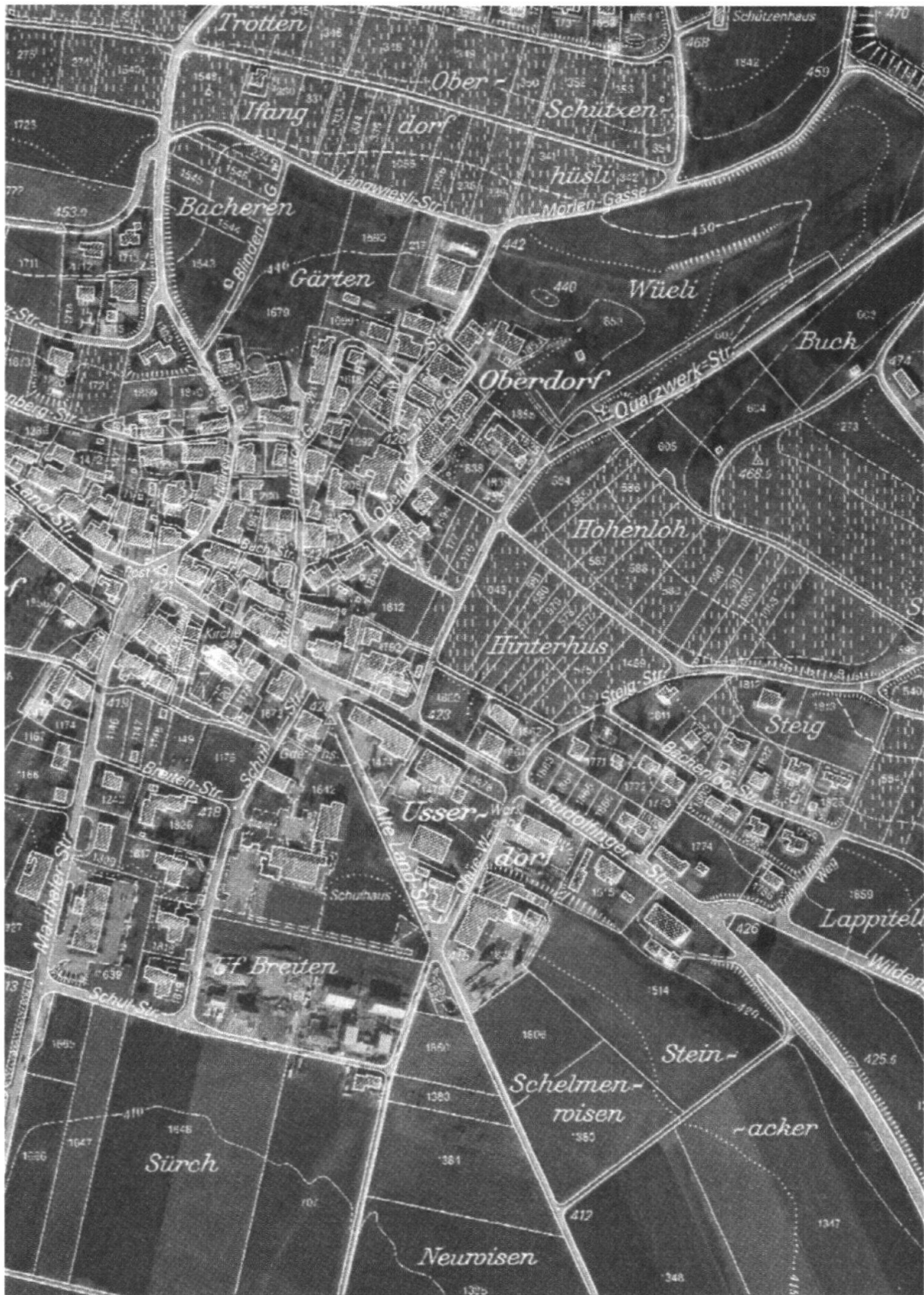
Die Erfassung der Pläne geschah mittels manueller Digitalisierung auf einem Digitalisiertisch. Dabei wurde der Digitalisiergenauigkeit und der Qualitätskontrolle

	<b>Luftbild</b>	<b>Übersichtsplan</b>
Originaler Bildmassstab	1:20'000	1:2'500
Scanauflösung	40 Linien pro mm	8 Linien pro mm <sup>1</sup>
wahre Pixelgrösse	50 cm	31,25 cm
Farbtiefe	RGB (3 x 8 bit)	Schwarz-Weiss (1 bit)
Entzerrung	mit Passpunkten und Digitalem Höhenmodell	mit Passpunkten
geschätzte Genauigkeit	1 m	1 m
Aktualität	21. 2. 1996	nach Gemeinde variabel
totale Fläche	122 km <sup>2</sup>	78,75 km <sup>2</sup>
Dateiformat	TIFF	TIFF komprimiert
Dateigrösse	1,5 Gigabyte	13,5 Megabyte

<sup>1</sup> Die ursprüngliche Pixelgrösse von 24 Linien pro mm wurde aus Gründen der Verarbeitungsgeschwindigkeit reduziert.

**Tab. 1:** Parameter der verwendeten Rasterbilder.





**Fig. 2:** Kombination Luftbild und digitaler Übersichtsplan (mit freundlicher Genehmigung des Meliorations- und Vermessungsamts des Kantons Zürich vom 9. Oktober 1996).

grösste Beachtung geschenkt. Alle digitalisierten Daten wurden auf ihre Lagegenauigkeit gegenüber dem Übersichtsplan und dem Luftbild überprüft. Bei Lagefehlern aufgrund von Planverzerrungen wurden Fehler grösser als 1 m mittels Plantransformation korrigiert. Die Genauigkeit der digitalen Daten bezüglich des Übersichtsplans im Vergleich zu den Original-Werkplänen kann somit mit  $\pm 1$  m angegeben werden.

Die Zeichengenauigkeit und vor allem auch die Aktualität der Pläne liess oft zu wünschen übrig. Die zu erwartenden Abweichungen zur Realität sind daher in erster Linie durch fehlerbehaftete Pläne und erst in zweiter Linie durch Ungenauigkeiten beim Digitalisieren zu erklären. Zur Beweissicherung wurden daher alle Planvorlagen bis zum Abschluss der Messkampagne archiviert.

Tabelle 2 gibt Aufschluss über die nach Abschluss der Erfassung zur Verfügung stehenden Vektordaten.

Werkleitungen	total	Einzelobjekte	Schutzzonen
Wasserversorgung	196 km	Masten	Quellschutzgebiete
Abwasser	274 km	Pumpstationen	Grundwasserschutz
Elektrizität	118 km	Schächte	Gewässerschutz
Melioration (Drainage)	304 km	schützenswerte Gebäude	Archäologische Verdachtsflächen
Kabelfernsehen	66 km	Erdwärmesonden	Naturschutzgebiete
Telefon	161 km	Quellfassungen	
Gas-Transitleitung	15 km	Reservoirs	
Fernwärme	2 km	freistehende Gebäude	

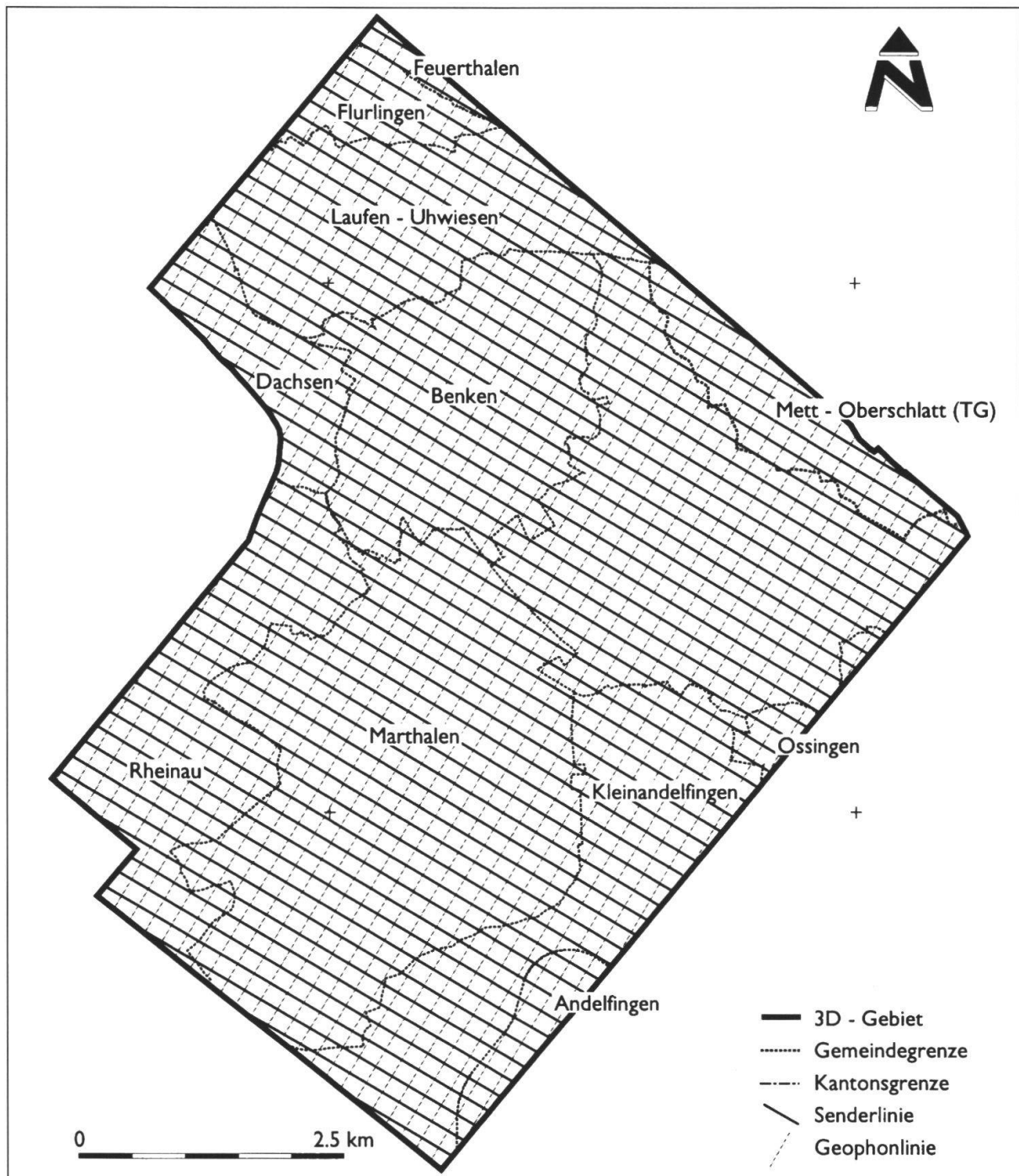
**Tab. 2:** Verschiedene Klassen der digitalen Vektordaten.

#### 4. Planung des seismischen Messnetzes

Ziel der Vorplanung war eine Optimierung des Messnetzes in Bezug auf logistische Effizienz, Vermeidung grösserer Beeinträchtigungen von Infrastruktur und Landschaft und grösstmögliche Überdeckung des seismisch abzubildenden Untergrundes. Mit den vorgegebenen Feldparametern (Tab. 3) wurde in einem ersten Schritt versucht, die Messauslage möglichst optimal der Topographie und der Infrastruktur (Strassen) anzupassen. Die vorherrschende Hauptrichtung des Strassennetzwerks sowie das Einfallen der intensiv genutzten Hügelflanke Uhwiesen-Benken-Trüllikon führten zum Entschluss, die Senderlinien NW-SE auszurichten (siehe Fig. 3).

SP Abstand	30 m
Gruppen Abstand	30 m
Geophonlinien Abstand	180 m
Senderlinien Abstand	180 m
Fläche Messgebiet	48,8 km <sup>2</sup>
Total Sendepunkte	9'076

**Tab. 3:**  
Geometrie der Feldauslage.

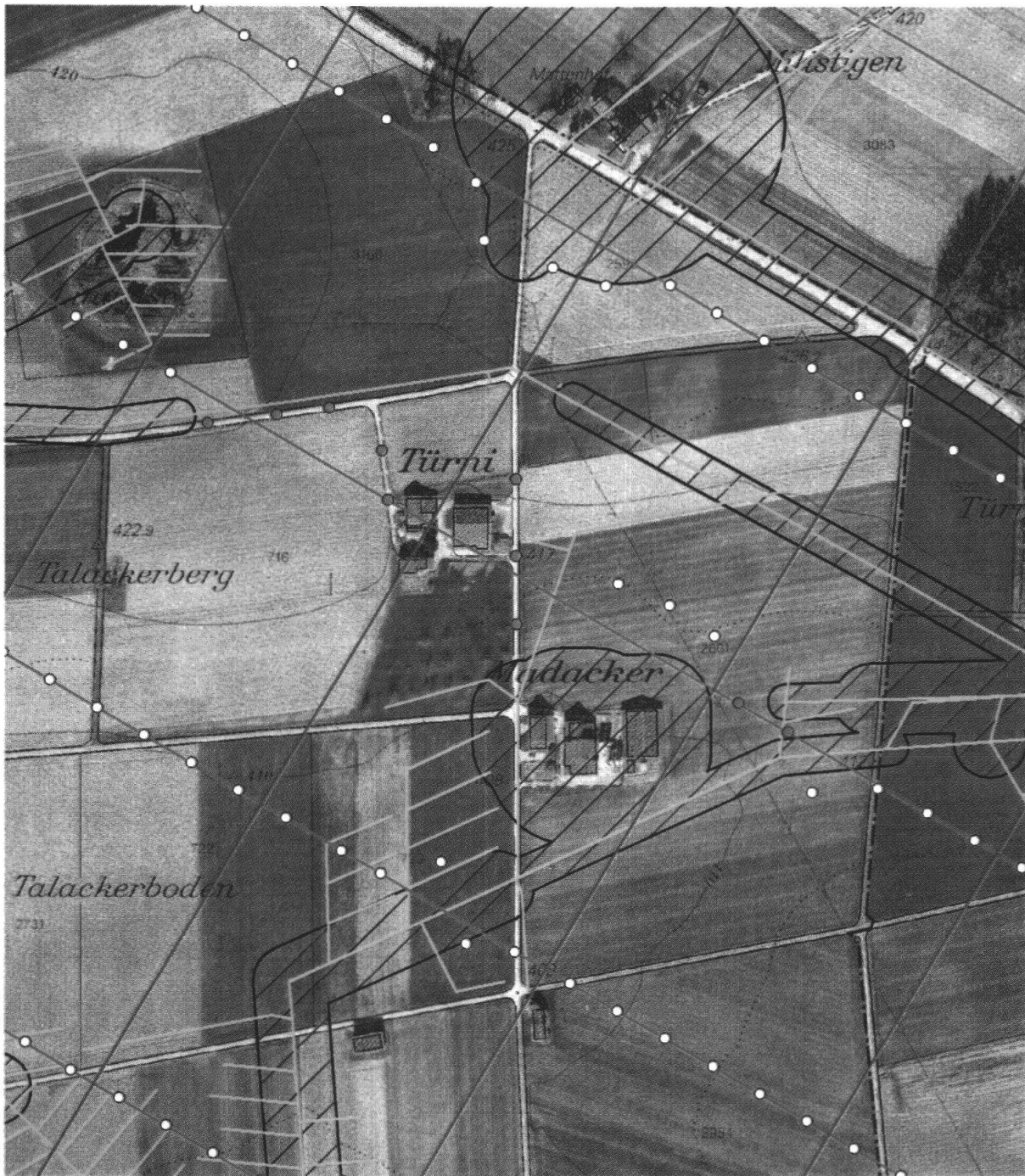


**Fig. 3:** Ideales Messnetz mit einem Schuss- und Geophonlinienabstand von je 180 Metern.

In Dörfern, wo ein genügend dichtes Strassennetz vorhanden ist, sollen Vibratoren als Energiequelle benutzt werden. Das Untersuchungsgebiet setzt sich nebst zehn Dörfern aus mehreren grösseren Waldgebieten (insgesamt fast 19 km<sup>2</sup>) und ca. 24 km<sup>2</sup> intensiv genutzten Agrarlands zusammen. Hier kommen als Energiequelle ebenfalls Vibratoren (auf befestigten Strassen und Wegen) oder Schusseismik in Frage.

Für alle Objekte mit vorgeschriebenen Sicherheitsabständen zu Vibrator- bzw. Schusspunkten wurden je nach Art der Anregung die spezifischen horizontalen





0 200 m

- |   |                                     |   |                           |
|---|-------------------------------------|---|---------------------------|
| ○   | Schusspunkt 600 g                   | — | theoretische Senderlinie  |
| ●   | Schusspunkt 3 x 200 g               | — | theoretische Geophonlinie |
| ●   | Vibropunkt                          | — | Leitungen                 |
|  | Schutzzone um Leitungen und Objekte |   |                           |

**Fig. 4:** Beispiel für das angepasste Messnetz. Die Grösse der Schutzzone richtet sich nach der zum Einsatz kommenden seismischen Quelle. (Digitaler Übersichtsplan mit freundlicher Genehmigung des Meliorations- und Vermessungsamts des Kantons Zürich vom 9. Oktober 1996).



Abstände bestimmt und daraus die entsprechenden Pufferzonen berechnet (siehe Fig. 4). Diese Pufferzonen wurden zusammen mit Luftbild und Übersichtsplan zur definitiven Positionierung der Sendepunkte eingesetzt. Es wurde versucht, die Verschiebungsbeträge möglichst klein zu halten. Ausserhalb der Dörfer war es grösstenteils möglich, die maximalen Verschiebungsbeträge auf 30 m quer zu den Senderlinien und 10 m entlang der Senderlinien zu beschränken. In den Dörfern ist die Einhaltung dieser Mindestabstände oftmals nicht möglich, da die Vibratoren dem meist sehr unregelmässigen Strassennetz folgen.

## **5. Einsatz des GIS während Permitting und Messung**

Nach Abschluss der Vorplanung wurde das optimierte Messnetz zusammen mit den Basisplänen und allen weiteren relevanten Informationen an die Permittinggruppe<sup>1</sup> weitergegeben. Dabei wurden als Übersicht Pläne in den Massstäben 1:10'000 und 1:5'000 ausgedruckt. Für die Detailarbeit wurden einerseits Pläne im Massstab 1:2'500 gedruckt, andererseits wurde der ganze GIS-Datensatz in digitaler Form abgegeben. Mittels eines Desktop-Systems können damit Abfragen und Analysen durch die Permitter selbst durchgeführt werden.

Bei Drucklegung dieses Artikels ist das Permitting noch im Gange. Sobald das Permitting abgeschlossen sein wird, werden die Ergebnisse unverzüglich ins GIS aufgenommen. Wo schlechte Böden, unbefestigte Strassen und Wege oder rutschgefährdete Hänge den Einsatz von schwerem Bohrgerät oder Vibratoren verhindern, kann mit Hilfe des GIS nach Alternativen gesucht werden.

Nach der endgültigen Positionierung aller Sendepunkte wird für jeden einzelnen der über 9'000 Messpunkte ein Protokollblatt erstellt. Dieses enthält sämtliche relevanten Informationen aus der Geographischen Datenbank: Positionsnummer, Art der seismischen Energiequelle, geographische Position, Grundstücksnummer sowie die Adresse des Eigentümers bzw. Ansprechpartners. Auf diesen Protokollen können Bemerkungen über kurzfristige Änderungen der Lage oder der Konfiguration der Punkte, Beobachtungen beim Bohren oder allfällige Beeinträchtigungen eingetragen werden. Diese Dokumente werden nach Abschluss der Messungen zur Schadensregelung benötigt.

Bereits in der Vorplanung wurde der seismische Kontraktor, die Compagnie Générale de Géophysique (CGG) mit GIS-Daten wie den Koordinaten der Messpunkte oder den topographischen Basisdaten beliefert. Die endgültige Lage der Sende- und Geophongruppenpunkte wird dem Kontraktor kurz vor Beginn der Vermessung in digitaler Form und auf Plänen abgeliefert werden. Auftretende Probleme während der Vermessung können dank Einsatz eines GIS-Systems bei der CGG rasch behoben werden. Auch die Tagesplanung der Bohraktivitäten sowie der eigentlichen Messung geschieht mittels GIS. Die täglich eintreffenden Protokolle der einzelnen Trupps werden in die Datenbank eingetragen, so dass eine Kontrolle des Messfortschritts sowie eine genaue Einsatzplanung jederzeit mit aktuellsten Daten möglich ist.

<sup>1</sup> Permitting: Einholen aller Bewilligungen bei Ämtern und Grundbesitzern

## 6. Schlussbemerkungen

Bei der Planung dieser bisher grössten seismischen 3D-Messkampagne in der Schweiz konnten die Vorteile digitaler geographischer Datenbanken voll ausgenützt werden:

- Homogenisierung unterschiedlichster Datensätze
- Zentrale Datenverwaltung, dezentrale Datenverwendung
- Grösstmögliche Präzision
- Verknüpfung räumlicher und tabellarischer Daten mit einfacher Abfragemöglichkeit
- Gemeinsame Darstellung und Plotten aller Daten in beliebigem Massstab auf aktueller Basis (digitale Orthophotos, gescannte Grundbuchpläne)
- Problemlose und schnelle Aktualisierung der Daten sowie der Messanordnung

### *Literaturverzeichnis*

NAEF, H. & BIRKHÄUSER, PH. 1996: Reflexionsseismik zur Erkundung des Opalinustons. Bull. angew. Geol.1/2, 113-134.