



Rechenprogramm für die elektronische Auswertung der staatlichen Nivellements in Österreich, Stand Ende 1980

Manfred Lang ¹

¹ *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Abteilung K 2 (Erdmessung),
Friedrich-Schmidt-Platz 3, A-1082 Wien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **69** (2), S.
60–67

1981

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Lang_VGI_198104,  
  Title = {Rechenprogramm f{"u}r die elektronische Auswertung der staatlichen  
    Nivellements in {"0}sterreich, Stand Ende 1980},  
  Author = {Lang, Manfred},  
  Journal = {"{"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen und  
    Photogrammetrie},  
  Pages = {60--67},  
  Number = {2},  
  Year = {1981},  
  Volume = {69}  
}
```



Rechenprogramm für die elektronische Auswertung der staatlichen Nivellements in Österreich, Stand Ende 1980

Von *Manfred Lang*, Wien

1. Zur Vorgeschichte

Die Rechenarbeiten bei längeren Nivellementlinien mit ihrer Eintönigkeit und naturgemäß starken Fehlerfortpflanzungsanfälligkeit waren ohne elektronische Methoden infolge der nötigen strengen Kontrollen relativ aufwendig. Diese Umstände und dazu die große Menge gleichförmiger Daten ließen seit jeher eine EDV-Verarbeitung erstrebenswert erscheinen.

Zunächst bot sich eine Programmierung von Linienberechnungen an, bei der die Zahl der benötigten Speicherplätze abzuschätzen war. In der Praxis gab es Linien bis zu 500 Höhenfestpunkten, und die Zahl der nötigen Eingabe- und Ausgabe- sowie Hilfsparameter wurde mit 50 bis 100 pro Festpunkt angenommen. Die Bedingung, über 50000 Speicherplätze verfügen zu können, konnte nun erst von den Computern der Jahre ab etwa 1974 erfüllt werden.

Daraufhin wurden im Jahre 1975 in der Abteilung Erdmessung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien vom Verfasser die Problemanalyse, die Programmierung und die nötigen Teste und Fehlersucharbeiten in Angriff genommen, wobei verschiedene Rechanlagen benutzt werden konnten. Innerhalb von 12 Monaten Programmier- und Testzeit gelang es, die Verarbeitung von Linien mit den wichtigsten Sonderfällen in Gang zu bringen. In den Jahren 1976 bis 1980 wurden bei dem Programm Verbesserungen und Ergänzungen angebracht, die teils die Eingabe aller Sonderfälle erleichtern, teils die Ausgabelisten um neu gewünschte Größen erweitern.

2. Was wurde vom Programm gefordert und was leistet es bis jetzt?

2.1 Grundsätzliches und Eingabeprobleme

Nach dem Stand der technischen Möglichkeiten von 1975 war es unmöglich, das Programm aus den Daten einzelner Meßstände aufzubauen. Also mußten die Bauelemente die händisch summegeprobten Ergebnisse ganzer Nivellementstrecken von Festpunkt zu Festpunkt sein. Solange die Eingabe nur auf Lochkarten möglich war, mußte man sich auf 80 Spalten pro Strecke beschränken. Auf den ab nun verwendeten Disketten gibt es mehr Eingabe-

plätze und damit Möglichkeiten, für Linienberechnungen in einer zukünftigen Programmvariante Daten der Altpunkte und weitere Parameter, wie Temperaturwerte, Punktgütekennzahlen usw. in die Eingabe aufzunehmen.

Die Aufgabenstellung konzentrierte sich auf eine möglichst übersichtliche, logisch einwandfreie, praxisbezogene Anordnung und Reihenfolge der Eingabedaten mit wenigen Prinzipien. In diese waren die praktisch vorkommenden wichtigen Sonderfälle einzuordnen. Im Datensatz für die Eingabe stehen links alle den Punkt betreffenden Daten, von dem die Messungen und Berechnungen ausgehen. Es sind dies zwei Arten von Punktnummern (alt und vorläufig oder alt und neu) sowie Kennzeichnung von Sonderpunkten und der Linienführung (Seitenast oder Schleifenrückkehr), geographische Länge und Breite sowie die Schwere. Rechts stehen die nötigen Meßdaten, betreffend die Strecke von diesem zum nächsten Punkt.

Das Programm gestattet grundsätzlich eine Linienberechnung von einem gegebenen Anfangs- zu einem gegebenen oder freien Endpunkt, wie sie in der Abteilung Erdmessung seit 1948 in der Praxis üblich ist, da man wegen des Bedarfs sofort verfügbarer Höhen nicht auf große Schleifenausgleichungen hatte warten können. Bei der Konzeption dieses Programms bestand mangels von Speicherplätzen noch nicht die Möglichkeit, Zusammenfassungen von Linien zu größeren Schleifen und deren Ausgleich sowie elektronische Auswahl von Anfangs-, End- und Knotenpunkten einzuplanen. Diese Probleme können erst spätere Großprogramme lösen. Nach Ansicht des Verfassers werden dabei außer der reinen Ausgleichsrechnung noch der Zeitfaktor und Stabilitätskriterien der Punkte, die man mit statistischen Testen erfassen kann, berücksichtigt werden müssen [2]. Da sich Netze immer aus Linien aufbauen, wird es möglich sein, Bauelemente des Linienprogramms in ein Netzprogramm zu übernehmen. Im jetzigen Linienprogramm wird die Auswahl bester Anfangs- und Endpunkte schrittweise vorgenommen. Man sucht nach einem ersten Versuchslauf aus der Umgebung der Knotenpunkte nach geologischen und topographischen Kriterien den besten Punkt direkt durch Vergleich mit älteren Höhenunterschieden aus.

Das vorliegende Programm erlaubt aber bereits die Eingabe und Berechnung von Schleifen mit beliebig vielen Subschleifen innerhalb einer Linie. Das kommt nicht selten bei Felspunktfeldern vor; ebenso dann, wenn die Rückmessung infolge von Punktverlusten in der Zwischenzeit über andere Punkte als die Hinmessung führt. Auch für die elektronische Bearbeitung älterer Linien braucht man Schleifen, weil die Linien teilweise zu unterschiedlichen Zeiten und über verschiedene Meßwege erarbeitet worden waren. Die Schleifeneingabe wurde so gestaltet, daß alle möglichen und vorkommenden Kombinationen von Meßanordnungen, ausgenommen der seltene Fall aneinandergereihter Schleifen, erfaßbar wurden. Der jetzige interne, bei Bedarf geschachtelte Schleifenausgleich erfolgt von innen nach außen iterativ, da die inneren Schleifen immer klein gegen die äußeren sind. Die Fehlerquadrat-

summe liegt, ähnlich wie beim „militärischen Höhenausgleich“, nur um wenige Prozente über der minimalen einer strengen Ausgleichung. Diese Größen sind gegen die Meßfehler zu vernachlässigen. Grundsätzlich ist noch erwähnenswert, daß es im Programm zwei Arten von Schleifen gibt, die an der geometrischen Konfiguration der Messung und der Reihenfolge der Eingabe zu erkennen sind. Die häufiger vorkommende Art ist die mit verschiedenem Eingangs- und Ausgangspunkt (Abb. 1), deren einfachsten Fall eine Gabelung der Linie darstellt.

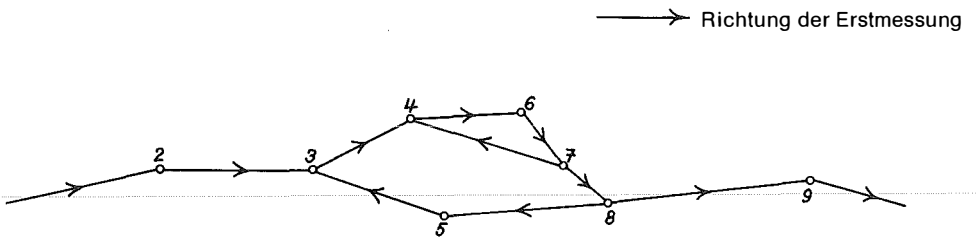


Abb. 1 Schleife erster Art mit einfacher Subschleife

Seltener ist eine Schleife zweiter Art oder seitliche Schleife mit demselben Eingangs- und Ausgangspunkt (Abb. 2).

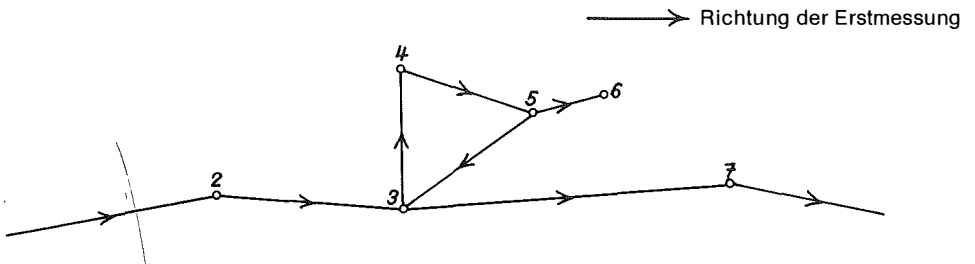


Abb. 2 Schleife zweiter Art

Immer ist in der Zeilenanordnung der Eingabe eine Schleife vollständig zu durchlaufen.

Flächen- oder Stadtnivellements mit aneinandergefelderten Schleifen sind in diesem Programm nicht direkt zu verarbeiten. Jedoch kann man die Linien einzeln frei durchrechnen lassen und nach vorhandenen Unterprogrammen eines Ausgleichsalgorithmus sowohl den Höhen der Knoten als auch den Höhenunterschieden der Linien die ihnen zukommenden Verbesserungen zuteilen. Die Präzisionsnivellementlinien durch die größeren Städte Österreichs einschließlich Wiens wurden so berechnet.

Das Problem der Seitennivellements wurde in diesem Programm so gelöst, wie es die Abb. 3 andeutet.

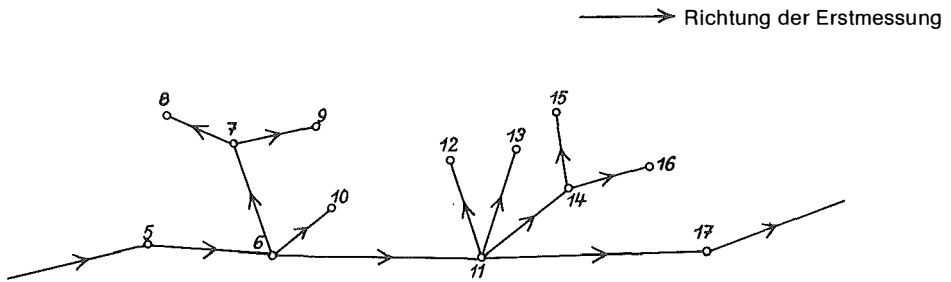


Abb. 3 Mehrfaches Seitennivellement

Die Eingabeanweisung lautet: Seitennivellement hat Vorrang vor der Hauptlinie. Nach diesem Grundsatz können auch von Seitenästen beliebig viele weitere Seitenäste ausgehen. Eingabe, Berechnung und Ausgabelisten (ausgenommen Schwerelisten) springen immer wieder zum jeweiligen Abzweigungspunkt zurück. Details sind einer internen Gebrauchsanweisung für die Eingabe zu entnehmen. Auch innerhalb von Schleifen sind beliebige Seitenäste möglich.

2.2 Zur Berechnungsmethode

Prinzipiell ist eine lineare streckenproportionale Einpassung oder freie Linienberechnung von Höhen so einfach, daß in einer Fachzeitschrift nicht darüber zu berichten wäre, gäbe es nicht doch einige Feinheiten, die für Sachbearbeiter und zum Verständnis späterer Großprogramme von Interesse sein können.

Nach dem jetzigen Stand werden die gemittelten und, wenn nötig, schleifenverbesserten Höhenunterschiede mit bis zu höchstens 5 Paaren verschiedener Lattenkonstanten pro Operat (für Hin- und Rückmessung getrennt) in den jeweils durch einfache Kennung getrennten Abschnitten verarbeitet. Eine Erweiterungsmöglichkeit für künftige verschiedene Temperaturabschnitte besteht bei Erweiterung der Disketteneingabe.

Die nach den Messungen aus Meßwegen auf den Ö. K. 1 : 50 000 auf etwa 20 m genau fixierten graphischen Punktlagen werden zunächst in der Abteilung für elektronische Datenverarbeitung des Bundesamtes digitalisiert und in geographische Breiten und Längen verwandelt. Diese, auf ein bis zwei Hundertstel der Bogenminute genau, kommen derzeit noch auf dem Umweg über die Eingabeliste ins Programm, doch darf man auf eine Lösung des Problems durch eine direkte elektronische Datenübertragung ohne händischen Zwischenschritt hoffen. Aus der geographischen Breite wird für jeden Punkt die „sphäroidische Korrektur“ wie beim alten Höhennetz der Monarchie nach der Formel

$$K = -1,5362 \cdot 10^{-6} \cdot (\varphi'_B - \varphi'_A) \cdot (H_A + H_B)/2$$

berechnet und an die Höhenunterschiede angebracht. Das geschah aus Kontinuitätsgründen für das Gebrauchshöhennetz ([1], [3]). Nur so konnte das alte Netz, abgesehen von den zunächst noch unbekanntem Vertikalbewegungen, wenigstens methodisch nach dem Zweiten Weltkrieg nahtlos in das neue Gebrauchsnetz übergeführt werden. Das vorliegende Programm änderte noch nichts daran, denn eine Anlage neuer, wissenschaftlich besser fundierter Höhennetze und Horizontumstellungen war bisher, abgesehen von der Kapazität der Computer, auch durch den Mangel personeller Möglichkeiten für umfangreiche Nachführungs- und Änderungsarbeiten des Höhenkatasters noch behindert.

Das Programm bewirkt jetzt, daß die sphäroidisch reduzierten Höhenunterschiede von einem als fest erkannten Anfangspunkt, der nicht ein Knotenpunkt sein muß, ausgehend über alle Seitenäste und Schleifen hinweg richtig bis zum gewählten Endpunkt aufsummiert werden. Je nach Kennung wird entweder bei gegebener Endhöhe ein Zwang berechnet und proportional nach allen Strecken und über alle Schleifen verteilt oder es wird frei gerechnet. Die weiteren Rechenvorgänge betreffen:

2.2.1 Aufbau verschiedener Numerierungssysteme je nach Kennung entweder ganz neu von einer gegebenen Anfangsnummer fortschreitend oder aus Altnummern oder durch Übernahme vorgegebener Neunummern. Auch eine interne laufende Nummer von Knoten zu Knoten ab Nr. 1 wird ermittelt.

2.2.2 Berechnung aller für die klassische Fehlerrechnung ([4], [5]) wichtigen Hilfsgrößen und Daten sowohl aus den Differenzen der Hin- und Rückmessungen als auch aus den Standfehlersummen, wobei in den Schleifen die Differenzen auf die Gesamtsumme der Differenzen zwischen Hin- und Rückweg reduziert werden.

2.2.3 Berechnung zusätzlicher, für eine spätere Gewichtsbestimmung von Linien oder Linienteilen verwendbarer Parameter.

2.2.4 Auffüllung wiederkehrender Daten bei gleichen, aber mehrmals in der Eingabeliste anzuführenden Punkten zur Erleichterung der Eingabearbeit.

2.2.5 Aufsummierung der neu gemessenen und berechneten Höhenunterschiede von Altpunkt zu Altpunkt.

2.3 Tabellierung der Ergebnisse

2.3.1 Als erste wird eine komplette Liste der Eingabedaten ausgedruckt, die nicht durch Fehler in den Eingabedaten blockiert werden kann. Sie muß vollständig mit den Originalmeßheften verglichen werden, damit die späteren Listen fehlerfrei sein können.

2.3.2 In der zweiten Liste sind neben zugehörigen Eingabedaten die in 2.2.3 erwähnten Zusatzparameter für Gewichtsbestimmungen enthalten. Es sind dies die durchschnittlichen Zielweiten im Bereich der Einzelstrecken und für die Streckensumme vom Anfang bis zur laufenden Strecke, dann die Summe der Absolutwerte der Höhenunterschiede vom Anfang bis zur ausgewiesenen Teilstrecke und weiters diese Summe geteilt durch die Summe der Teilstrecken ab dem Anfang.

2.3.3 In der dritten Tabelle werden die nötigen Parameter der klassischen Fehlerrechnung von Nivellementteilstrecken und Linienstücken ab dem Anfang mit ihren Hilfsgrößen ausgewiesen. Diese sind: Summen der Anzahl der Instrumentenstände und der Streckenlängen vom Anfang bis zum laufenden Punkt, Länge der Teilstrecke und gemittelter Höhenunterschied zum nächsten Punkt, Einzelwerte und deren fortlaufende Aufsummierung, Summe der d^2 und daraus abgeleiteter mittlerer Fehler des Linienstückes bis zum Punkt und für dasselbe Stück der mittlere Fehler aus Standfehlersummen.

2.3.4 Die vierte Tabelle bringt die ausgeglichenen Gebrauchshöhen und die Meßwege zum Vor- und Nachpunkt, die neben den Punktnummern die wichtigsten Daten des Höhenkatasters auf den Punktkarten für Kunden sind. Dazu gibt sie die Summe der sphäroidischen Korrekturen und der Verbesserungen durch den Linienzwang ab dem Linienanfang, weiters eine Aufsummierung der neuen Höhenunterschiede vom Anfang bis zum laufenden Punkt und weiters von Altpunkt zu Altpunkt (2.2.5). Das erleichtert Höhenvergleiche zwischen Alt- und Neumessung. Zur Punktlage wird hier die Blatt-Nr. der Ö. K. 1 : 50 000 tabelliert, ebenso die geographische Breite und Länge.

2.3.5 Seit 1980 werden zur Fortführung der Tradition der älteren Punkt- und Höhenlisten (V 7a) Tabellen in der alten Form mit demselben Inhalt wie früher, jetzt elektronisch hergestellt. Darin erscheinen die Punkte mit ihren Gebrauchshöhen und in den Zwischenzeilen die neuen Höhenunterschiede mit ihren sphäroidischen Einzelkorrekturen und Zwanganteilen.

2.3.6 Als letzte Liste wird eine Punktliste mit den dazugehörigen Gebrauchshöhen, Schwerewerten und geographischen Koordinaten ausgedruckt. Punkte, die in den vorherigen Listen wegen Abzweigungen mehrmals vorkommen müssen, werden in diesen sogenannten Schwerelisten nur einmal angeführt.

Allgemein kann zu 2.3 noch gesagt werden, daß zwei Anweisungsziffern in der ersten Eingabezeile jedes Operats darüber entscheiden, welche Art der Numerierung und welche Kombination von Listen in dem betreffenden Durchlauf gewünscht werden.

2.4 Fehlerkontrollen

Zuerst wird immer die erste Liste der Eingabewerte ausgedruckt. Sie kann durch Datenfehler nicht blockiert werden. Ein sorgfältiger direkter Vergleich mit den Feldbüchern soll hier alle Fehler aufdecken, die bei der Eintragung von den Feldbüchern in die Eingabeliste V 3 L und bei der Übertragung von dieser Liste auf die elektronischen Datenträger entstanden sind. Erfahrungsgemäß findet man dabei noch immer einige Zehntel bis zu einem Prozent Fehler. Hier soll über die häufigsten Fehlerarten, ihre Auswirkungen und ihre Auffindungsmethoden berichtet werden.

2.4.1 Fehler einer Punktnummer innerhalb der Linie pflanzen sich nicht fort. Gefährliche Auswirkungen gibt es nur bei falschen Nummernwiederholungen. Daher sind die Abzweigepunkte besonders zu prüfen.

2.4.2 Fehlerhafte Kennzahlen eines Punktes bezüglich seiner Lage auf Seitenästen oder bei Schleifentrückkehr werden manchmal, besonders bei Abzweigepunkten, nicht sofort erkannt. Sie haben stark störende Wirkung auf den Berechnungsablauf. Als Gegenmaßnahme wird verstärkte Sonderkontrolle der Kennzahlen und Abzweigepunkte empfohlen.

2.4.3 Irrtümlich eingetragene Gedankenstriche vor naturgemäß positiven Zahlen, z. B. vor Punktnummern, der Standanzahl, der Streckenlänge oder Standfehlersumme werden in der Rechnung als Minuszeichen gedeutet und führen vom Programm aus in eine Falle, die den Rechenvorgang stoppt und den Fehlerort ausweist. So wird ein Tilgen dieses „Minus“ rasch möglich.

2.4.4 Besonders schwierig sind Vorzeichenfehler bei den Höhenunterschieden aufzudecken, die aus einer Vertauschung von Hin- und Rückmessung resultieren, weil alles beim ersten Blick formal richtig aussieht. Dies tritt bei einer neuen Meßmethode mit oft wechselnder Meßrichtung merkbar häufiger ein. Die Endhöhe ist bei einem solchen Fall um den doppelten Betrag des Fehlers falsch. Ist nur einer pro Rechenoperat vorhanden, kann man ihn auf Grund dieser groben Differenz rasch finden. Bei zwei oder mehreren hilft ein Vergleich der in den Listen 2.3.4 aufsummierten Neuhöhen mit den Althöhen, aus dem sich ebenso viele Sprungstellen als grobe Fehler ergeben. Seitenäste sind bezüglich dieser Fehler besonders anfällig und müssen daher in dieser Hinsicht doppelt streng kollationiert werden. Vorzeichenfehler nur des einen der beiden Höhenunterschiede äußern sich in einem sofort sichtbaren Differenzenüberlauf in der Liste 2.3.3. Zu diesen in der Praxis erlebten groben Fehlern können noch

2.4.5 kleine Fehler kommen. Darunter sollen hier diejenigen verstanden werden, deren Wirkung den Bereich von einigen Zehnteln von Millimetern in Höhe und wenigen Metern des Meßweges nicht überschreiten. Da der Repro-

duzierbarkeit einer Höhenkote in der Natur durch unvermeidbare kleine Meßfehler und die geodynamische Instabilität der Festpunkte eine Schranke ähnlichen Ausmaßes gesetzt ist, bedeutet die Nichtentdeckung eines solchen Fehlers keine Einbuße in der Qualität eines Operates. Es handelt sich um fehlerhafte Ziffern in der letzten Stelle der geographischen Breite oder Länge, der Meßentfernung und der Standfehlersumme und in den beiden letzten Stellen des Höhenunterschiedes.

Literatur

[1] *Mitter, J.*: „Das österreichische Höhennetz innerhalb des europäischen Netzes“, in „Erste Fachtagung für Vermessungswesen“, Wien 1966.

[2] *Lang, M.*: „Lokale Beständigkeit der Höhe eines Präzisionsnivelementpunktes aus regionalen statistischen Untersuchungen“, in „Vierte Fachtagung für Vermessungswesen“, Wien 1970.

[3] *Litschauer, J.*: „Über die Grundlagen eines staatlichen Höhennetzes“, ÖZfVW, 39 (1951), Nr. 6, S. 163–174.

[4] *Rabe, G.*: „Zum Problem systematischer Fehler beim Nivellement“, Verm.-Technik, 15, Berlin 1967, S. 433–436.

[5] *Jordan – Eggert – Kneissl*, „Handbuch der Vermessungskunde“, Bd. III (Höhenmessung), S. 104–127, Stuttgart 1956.

Mitteilungen, Tagungsberichte

Bodenbewegung und Grenzkataster (Eine Diskussionsgrundlage)

Im Eich- und Vermessungsmagazin, Informationsdienst des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Heft Nr. 30, wurden in zwei Abhandlungen die Probleme aufgezeigt, die sich bei der Errichtung und Revision des Festpunktfeldes in Gebieten mit Bodenbewegungen ergeben. Ergänzend dazu soll hier untersucht werden, unter welchen Voraussetzungen Bewegungen des Bodens zu Grenzänderungen führen und welche rechtliche Möglichkeit besteht, den Grenzkataster den neu entstandenen Grenzen anzugleichen.

1. Einleitung

Sachen, die ohne Verletzung ihrer Substanz von einer Stelle zur anderen versetzt werden können, sind *beweglich*. *Unbeweglich* sind die Grundstücke und alles, was mit ihnen verwachsen ist und auf ihnen in der Absicht dauernder Verbindung gebaut wurde (§§ 295, 297 ABGB). Die im Boden verwurzelten Pflanzen und die mit ihm fest verbundenen Bauwerke sind Bestandteil des Grundes und teilen dessen rechtliches Schicksal. Wird jedoch die feste Verbindung zerstört oder bleibt sie nur lose bestehen, werden sie zu beweglichen Sachen und sind als solche sonderrechtsfähig. Gelangen diese Sachen auf das Gebiet eines anderen, verbleiben sie im Eigentum des Berechtigten, also des Eigentümers, von dessen Grund sie sich gelöst haben.

Das *Grundstück* ist ein begrenzter Teil der Erdoberfläche, der im Grenzkataster oder im Grundsteuerkataster mit einer eigenen Nummer bezeichnet ist. Das Recht des Eigentümers am