

Bereinigung von Flächenüberschneidungen bei Kreisbogen-geometrien in Ausgangsdaten für die ALKIS®-Migration

Mark Büdenbender

Zusammenfassung

Aktuell werden überall in den Vermessungs- und Katasterverwaltungen in Deutschland Vorbereitungen für den Übergang in das neue Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS®) getroffen. Wichtigste Voraussetzung für die vollständige und fachlich korrekte Transformation des aktuellen Umfangs der Liegenschaftskatasterinformationen in das ALKIS® sind »migrationsfähige«, d. h. den fachlichen Vorgaben entsprechende Ausgangsdaten. Insofern haben die vorbereitenden Arbeiten, die »Vormigrationsarbeiten«, eine besondere Bedeutung für die reibungslose und zeitlich konzentrierte Überführung in das ALKIS®. Der folgende Artikel widmet sich dabei einer speziellen Fragestellung hinsichtlich der Gewährleistung der Konsistenzforderung des Liegenschaftskatasters bei minimalen Flächenüberschneidungen. Dabei liegt der Fokus auf der Bereinigung minimaler Flächenüberschneidungen im Zusammenhang mit Kreisbögen als Definitionsgeometrien in den ALK-Ausgangsdaten im Migrationsprozess. Der Artikel stellt die bisher noch unbehandelte Fehlersituation dar und beschreibt potentielle Lösungsmöglichkeiten mit ihren Vor- und Nachteilen als Stand der Diskussion. Für eine ganzheitliche Betrachtung werden mögliche Konsequenzen nicht nur für die ALKIS®-Vormigrationsarbeiten in den ALK-Verfahrensumgebungen, sondern auch insbesondere für die Erhebungs- und Qualifizierungsprozesse im ALKIS® betrachtet.

Summary

Currently all German surveying authorities are involved in preparations for the transition to the new Official Real Estate Cadastre Information System (ALKIS®). The most important precondition for the complete and correct transformation of the current state of the real estate information are raw data which comply with regulations. So these preparative operations get a special importance for the smooth and fast transition to ALKIS®. The following article is concentrated on special questions concerning to the warranty of consistency for the real estate cadastre in case of minimal intersections. To this the comments are focussing on the adjustment of minimal intersections during the migration process in case of using circular arcs in definition geometry of Automated Real Estate Map (ALK)-raw data. The article describes the up to now untreated error and points out possible solutions with their assets and drawbacks as the current state of discussion. In attention to the whole context the article considers consequences for preparative operations in the ALK and also for surveying and qualifying processes in ALKIS®.

1 Die Einführung des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS®) in Nordrhein-Westfalen

Seit dem Jahre 1999 wird die Modellierung von Geobasisdaten der Landesvermessung und des Liegenschaftskatasters von Seiten der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) auf eine neue Grundlage gestellt. Das zukunftsweisende AAA-Konzept¹ zur integrierten, systemunabhängigen und objektorientierten Modellierung der Geobasisinformationen ist in der Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok) der AdV unter Berücksichtigung international anerkannter Normen und Standards (ISO², OGC³) beschrieben. Auf dieser Basis werden im Rahmen eines gemeinsamen Anwendungsschemas die Informationssysteme

- Amtliches Festpunktinformationssystem (AFIS®),
- Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS®) und
- Amtlich Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS®) realisiert.

Für die Realisierung des ALKIS® in Nordrhein-Westfalen (NRW) ist zeitgleich mit der Herausgabe der ersten Version der GeoInfoDok das Projekt »GEOBASIS.NRW« ins Leben gerufen worden. In diesem Projekt des Landes und der Kommunen in NRW wird das Ziel verfolgt, basierend auf ALKIS® eine an kommunalen Aufgabenstellungen orientierte kommunale Geodateninfrastruktur (GDI) aufzubauen, um Synergien von ALKIS® und GDI als standard- und normenbasierte Technologien und Strategien in einem erweiterten Kontext zu erschließen.

Während die GDI NRW im Rahmen von Verbundprojekten (2004/2005) recht schnell in Form von operablen Web Services aufgebaut wurde, gestaltet sich die Einführung von ALKIS® als eine mittelfristig zu lösende und komplexe Fachaufgabe für die Vermessungs- und Katasterverwaltung.

Unter Einbeziehung von Nutzern (Energieversorgungsunternehmen) und Softwarefirmen sind umfangreiche konzeptionelle Vorarbeiten vom Land und den Katasterbehörden NRW geleistet worden, die in einem gemeinsamen GEOBASIS-Nutzerforum im Jahre 2003 vorge-

1 AFIS®-ALKIS®-ATKIS®-Konzept

2 International Standardization Organisation

3 Open Geospatial Consortium

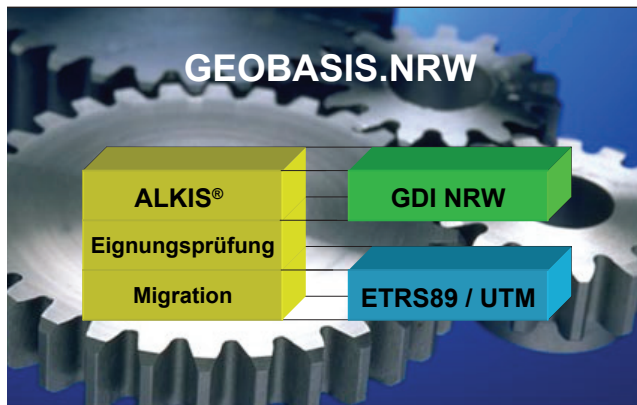


Abb. 1: Die Fachaufgaben im Kontext der ALKIS®-Einführung in Nordrhein-Westfalen

stellt wurden. In Folge dieser Bestandsaufnahme, die auch parallel durch Praxistests begleitet wurde, entschied sich das Land NRW zur Gewährleistung der fachlichen Anforderungen an das ALKIS® für die Durchführung einer sogenannten »ALKIS®-Eignungsprüfung NRW«. Die ALKIS®-Eignungsprüfung wird auf Grundlage des NRW-Pflichtenheftes durchgeführt. Der daraus abgeleitete Qualitätssicherungsrahmen beinhaltet die für die ALKIS®-Eignungsprüfung durchzuführenden und maßgeblichen Prüffälle. Für die zur Zeit im Rahmen der ALKIS®-Eignungsprüfung untersuchten ALKIS®-Verfahrenslösungen verschiedener Softwarefirmen wird die Eignung zur Führung des Liegenschaftskatasters in NRW dann ausgesprochen, wenn alle Prüffälle erfolgreich abgeschlossen und dokumentiert sind.

Zurzeit befindet sich die ALKIS®-Einführung in NRW in der Test- und Implementierungsphase. Der Abschluss der ALKIS®-Eignungsprüfung NRW wird zum Ende des Jahres 2007 terminiert.

Parallel zur ALKIS®-Eignungsprüfung befinden sich die Katasterbehörden in NRW in den vorbereitenden Arbeiten und Tests zur ALKIS®-Migration (ALKIS®-Vormigrationsarbeiten). Hier wird aktuell ein Großteil der Ressourcen bei den Katasterbehörden in NRW gebunden, um »migrationsfähige« Ausgangsdaten als wichtigste Voraussetzung für die ALKIS®-Migration bereitzustellen.

Im Rahmen einer mit dem Land abgestimmten Zeitschiene wird zudem zeitgleich mit dem Umstieg auf ALKIS® auch eine zweite zukunftsweisende Umstellung – der Lagebezugswechsel nach ETRS89/UTM⁴ – vollzogen. Ziel ist es, das Liegenschaftskataster in NRW mit der Umstellung auf den bundesweit einheitlichen AdV-Standard ALKIS® auch gleichzeitig auf ein bundesweit einheitliches und europäisches Raumbezugssystem umzustellen und so die Wettbewerbsfähigkeit und Interoperabilität der Geobasisdaten des Liegenschaftskatasters für die Zukunft zu sichern (Abb. 1).

Damit stellt sich die ALKIS®-Einführung NRW nicht als eine isolierte, sondern vielmehr als eine integrierte Fachaufgabe mit beachtlichem Herausforderungspotential dar und ist ein wesentlicher Baustein zur Aktivierung des Geodatenmarktes in NRW.

Der folgende Artikel konzentriert sich auf eine spezielle Fragestellung aus dem Bereich der ALKIS®-Vormigrationsarbeiten. Dabei geht es um die grundsätzliche Gewährleistung der Konsistenzforderung des Liegenschaftskatasters sowohl in der ALK⁵ als auch im ALKIS® speziell im Zusammenhang mit Kreisbögen als Definitionsgeometrien. Im Folgenden werden sowohl die Problemstellung als auch die potentiellen Lösungsmöglichkeiten als Stand der Diskussion beschrieben.

2 Die Konsistenzforderung des Liegenschaftskatasters

2.1 Fachliche Vorgaben zur Gewährleistung der Konsistenz im Liegenschaftskataster

Die Bereitstellung von migrationsfähigen Ausgangsdaten, d. h. den fachlichen Vorgaben entsprechende und aufeinander abgestimmte ALK- und ALB-Daten, dient

- der vollständigen und fachlich korrekten Transformation des aktuellen Umfangs der Liegenschaftskatasterinformationen in das neue Informationssystem,
- der reibungslosen und zeitlich konzentrierten Überführung in das ALKIS®

und ist damit wichtigste Voraussetzung für die zeitnahe Aufnahme der Führung des Liegenschaftskatasters im ALKIS®.

In den fachlichen Vorgaben sind die Grundsätze zur Führung des Liegenschaftskatasters manifestiert. Die Umsetzung bzw. Gewährleistung dieser Grundsätze bemisst sich allerdings auch an den technischen Realisierungen der ALK- und ALB⁶-Systemumgebungen der letzten 20 Jahre, die bei den Katasterbehörden zum Einsatz kommen. Mit dem ALKIS® wird nicht nur eine neue Modellierung, sondern auch ein neuer technischer Standard auf dem Niveau moderner, raumbezogener Informationssysteme implementiert, der Daten aus den proprietären Standards ALK und ALB übernehmen wird. Aus der Diskrepanz zwischen den Umsetzungsmöglichkeiten des »neuen« und der »alten« Informationssysteme ergeben sich Frage- und Problemstellungen hinsichtlich der Anforderung an die ALKIS®-Ausgangsdaten.

Aktuell wird diskutiert, in welchem Maße die Konsistenz des Liegenschaftskatasters im Grenzbereich der minimalen Flächenüberschneidungen in den ALK-Daten für die Migration nach ALKIS® insbesondere hinsichtlich der unterschiedlichen datenbanktechnischen Koordinatenauflösungen von Ausgangs- (ALK) und Zielsystem (ALKIS®) gewährleistet werden kann.

4 European Terrestrial Reference System 1989/Universal Transverse Mercator Projection

5 Automatisierte Liegenschaftskarte

6 Automatisiertes Liegenschaftsbuch

Unter der Konsistenzforderung des Liegenschaftskatasters soll im Folgenden die fachliche Forderung nach der überschneidungsfreien Führung der Flurstücks- und Tatsächlichen Nutzungsartenobjekte sowohl in der ALK als auch im ALKIS® verstanden werden.

Für die zu migrierenden Daten des Liegenschaftskatasters aus der ALK gelten dabei die fachlichen Festlegungen des Objektabbildungskataloges Liegenschaftskataster (OBAK); für das aufnehmende Informationssystem ALKIS® ist die jeweils aktuelle Version der GeoInfoDok von Seiten der AdV verbindlich:

- Im OBAK gehören die Objekte der Folie 001 (Flurstücke) und 021 (Tatsächliche Nutzung) »zum Folientyp »F« (= flächenförmige Objekte eines flächendeckenden Nachweises)«⁷.
- Hinsichtlich der Führung von Flurstücksobjekten (ALK: Folie 001) im ALKIS® findet sich in der GeoInfoDok die fachliche Festlegung für die Objektartengruppe »Angaben zum Flurstück« dahingehend, dass »die Objekte der Objektartengruppe einen flächendeckenden planaren Graphen mit den Flurstücken als Maschen, den Flurstücksgrenzen als Kanten und den Grenzpunkten als Knoten bilden.«⁸
- Für die Tatsächlichen Nutzungsartenobjekte (ALK: Folie 021) der Objektartengruppe »Tatsächliche Nutzung« wird im ALKIS® ebenfalls festgelegt, dass »alle Objektarten dieses Objektartenbereichs an der lückenlosen, überschneidungsfreien und flächendeckenden Beschreibung der Erdoberfläche teilnehmen (Grundflächen)«⁸
- Ähnliche Anforderungen werden an die Objekte der Objektart »Bodenschätzung« gestellt, wobei für diese Objekte aufgrund der nicht flächendeckenden Migration der entsprechenden Folie 042 in NRW die nachfolgend aufgeführte Problematik nicht relevant ist.

Die Konsistenzforderung des Liegenschaftskatasters hat somit folgende Auswirkungen für die überschneidungsfreie Führung der Flurstücks- und Tatsächlichen Nutzungsartenobjekte im ALKIS®:

- Im ALKIS® sind aufgrund der Modellvorgaben des AAA-Konzeptes Flächenüberschneidungen grundsätzlich nicht zulässig.
- Die von den Softwarefirmen realisierten ALKIS®-Datenhaltungskomponenten dürfen Inkonsistenzen aufgrund von Flächenüberschneidungen nicht übernehmen.
- Es gibt keine Toleranzwerte hinsichtlich der Einhaltung der Konsistenzbedingungen für Flurstücks- und Tatsächliche Nutzungsartenobjekte.
- Anträge auf Führung des Liegenschaftskatasters sind abzuweisen, wenn die für den Produktionsbetrieb zu migrierenden Ausgangsdaten für das ALKIS® mit Mängeln behaftet sind. Dies wäre z.B. bei den nicht den

Konsistenzbedingungen entsprechenden Flurstücken mit Flächenüberschneidungen gegeben.

Rückwirkend bedeutet dies für die ALK-Ausgangsdaten, dass als Konsequenz aus dieser bestehenden fachlichen Forderung die ALK

- auf ihre Überschneidungsfreiheit in den Folien 001 und 021 hin zu überprüfen und
- bei identifizierten Überschneidungen spätestens im Migrationsprozess nach ALKIS® zu bereinigen ist.

2.2 Fehlersituation »minimale Flächenüberschneidung«

Da die zurzeit in NRW überwiegend für die Führung der ALK zum Einsatz kommenden Verfahrensumgebungen über keine umfassenden Prüfmechanismen auf Überschneidungsfreiheit im Grenzbereich und über optional gesetzte Toleranzwert-Einstellungen bei der Übernahme von Erhebungsdaten verfügen, wird mit Flächenüberschneidungen in der ALK als Ausgangsbasis für ALKIS® zu rechnen sein. Dabei handelt es sich um Flächenüberschneidungen minimalen Umfangs. Dem Geodatenzentrum NRW liegen Beispieldaten für Überschneidungsflächen zwischen 0,001 m² und 0,000001 m² vor. Sie sind aufgrund der Konsistenzforderung im ALKIS® bedeutsam und müssen im Rahmen der Vormigrationsarbeiten/Migration behandelt werden.

Während Flächenüberschneidungen »gerader« Flurstücks- und Nutzungsartengrenzen in der Regel problemlos und nachhaltig bearbeitet werden können, ist die Behandlung von Flächenüberschneidungen aufgrund der Verwendung des Geometrietyps »Kreisbogen« differenzierter zu betrachten. Die hier diskutierte Problemstellung beinhaltet dementsprechend nur den »Sonderfall« der Flächenüberschneidung aufgrund der Verwendung des Geometrietyps »Kreisbogen« in der Definitionsgeometrie. Außerdem konzentrieren sich die nachfolgenden Ausführungen exemplarisch auf die Flächenüberschneidungen bei Flurstücksobjekten (Folie 001). Sie sind jedoch als äquivalent für die Tatsächlichen Nutzungsartenobjekte (Folie 021) zu betrachten und anzuwenden.

2.3 Ursachen und Auswirkungen minimaler Flächenüberschneidungen bei Kreisbogengeometrien

Die genannten Flächenüberschneidungen fallen bei der Übernahme von Erhebungsdaten mit Kreisbögen in die ALK-Verfahrensumgebungen an und haben folgende Ursachen:

- Ungenauigkeiten in den Messelementen,
- Überbestimmungen bei der Erfassung von Kreisbögen,
- Verteilungs- und Rundungsmechanismen von Koordinatenberechnungsprogrammen bei der Nachbearbeitung einer örtlichen Vermessung,

7 OBAK/Anlage E. Objekte

8 GeoInfoDok 5.1/Kapitel 7.1 ALKIS®-Objektartenkatalog

- Abweichungen bei der (Rück-)Umsetzung von EDBS⁹-Daten durch Kombination von z.B. ALK-GIAP¹⁰ mit Datenbanken, die nicht wie die ALK/ATKIS-Datenbank[®] der AdV arbeiten.

Die aufgezeigte Fehlersituation stellt für die Flurstücksubjekte in der Folie 001 eine Abweichung vom Soll-Grenzverlauf dar, da die innere Konsistenz zwischen den Flurstücken nicht gegeben und damit nicht vorschriftenkonform ist.

Die Abb. 2 zeigt ein typisches Beispiel für eine Flächenüberschneidung bei der Verwendung des Geometrietyps »Kreisbogen« zur Abbildung der Örtlichkeit einer Straßeneinmündung.

Da sich die Flächenüberschneidungen in der Regel in der Realität im Subquadratdezimeterbereich bewegen, sind sie nicht augenscheinlich in der Karte oder am Bildschirm zu identifizieren. Erschwerend kommt hinzu, dass die überwiegend in NRW und in anderen Bundesländern für die Führung der ALK eingesetzten Verfahrensumgebungen diese Fehlersituation offensichtlich ohne Prüfung und folglich ohne Beanstandung übernehmen können. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die Flächenüberschneidung aufgrund des Geometrietyps »Kreis-

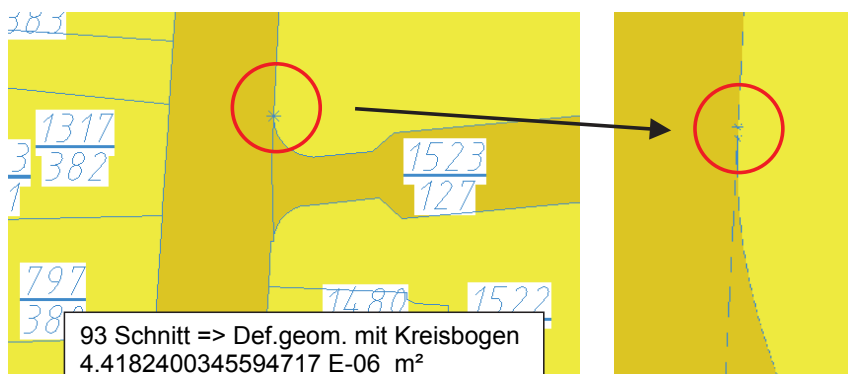


Abb. 2: Beispiel für eine Flächenüberschneidung bei Kreisbogengeometrie und abgehender Flurstücksgrenze in der Folie 001 (Flurstücke) der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK)

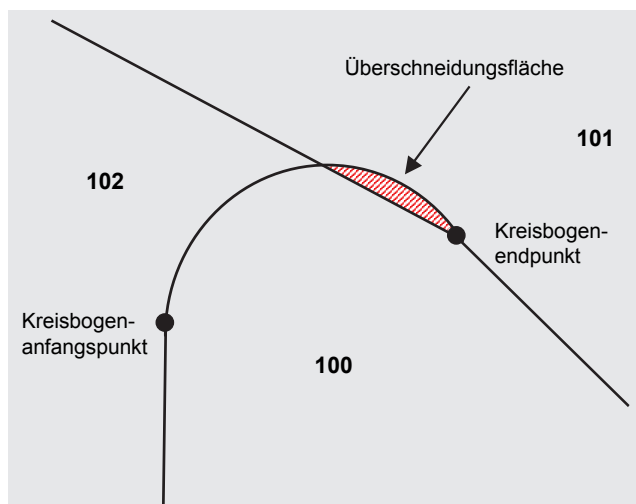


Abb. 3: Prinzipskizze zur Flächenüberschneidung bei ALK-Definitionsgeometrien mit Kreisbögen

bogen« relativ weit verbreitet ist. Diese Fehlersituation ist unbedingt vor dem Übergang in das ALKIS[®] zu behandeln.

3 Lösungsansätze zur Bereinigung von Flächenüberschneidungen in Ausgangsdaten für die ALKIS[®]-Migration

3.1 Identifizierung von minimalen Flächenüberschneidungen bei Kreisbogengeometrien

Die Inkonsistenzen können z.B. in NRW über den sogenannten »Landesprüfungsarbeitsplatz/Teilkomponente MAP¹¹« identifiziert werden. MAP ist eine Prüfsoftware des Landes, mit der ALK-Daten im ALK-GIAP[®] visualisiert und hinsichtlich ihrer OBAK- d.h. Vorschriften-Konformität überprüft werden können. Bei Prüfung mit dem »Fehlercode 093« untersucht MAP den ALK-Grundriss datenbanktechnisch auf »nicht rechtsläufig erfasste Flächen« sowie topologisch auf »überlappende Flächen«, insbesondere eingeschränkt auf »Flächenüberschneidungen bei Definitionsgeometrien mit Kreisbögen«. MAP identifiziert alle Flächenüberschneidungen > 1 mm²;

darunter liegende Flächenüberschneidungen sind nicht relevant, weil sie im ALKIS[®] als Zielsystem datenbanktechnisch nicht abgebildet und behandelt werden müssen.

Diese angesetzte »Mindestauflösung« leitet sich insbesondere aus den Festlegungen zur Geometriebehandlung im Sinne eines zu gewährleistenden »Trennkriteriums« für die Erhebungs- und Qualifizierungskomponente (EQK) des Zielsystems ALKIS[®] ab¹². Als Schlussfolgerung bedeutet dies, dass die ALKIS[®]-Datenhaltungskomponente (DHK) im Rahmen der Führung im ALKIS[®] prinzipiell keine Daten aus der EQK höher als im Rahmen des »Trennkriteriums« auflösen muss.

Damit hebt die AdV durch ihre Festlegung des »Trennkriteriums von Wurzel 2 [mm]« für die Geometriebehandlung im ALKIS[®] die Absolutforderung der Konsistenzbedingung des Liegenschaftskatasters (keine Toleranzen zulässig) im Sinne einer zu gewährleistenden »Mindestauflösung« auf. Gemessen an dem zurzeit real existierenden »Koordinatenkataster« ist diese Einschränkung jedoch durchaus angemessen und konsequent. Ausgehend von einer Koordinatenauflösung von $\pm 0,5$ mm lassen sich

9 Einheitliche Datenbankschnittstelle zur Übergabe von ALK- und ATKIS-Daten

10 Automatisierte Liegenschaftskarte – Graphisch Interaktiver Arbeitsplatz

11 Maßstabsangepasste Präsentation

12 GeoInfoDok Vers. 5.1/Kapitel 10.4.1.1 Geometriebehandlung

dementsprechend maximal Flächen von $\geq 1 \text{ mm}^2$ sicher auflösen.

3.2 Lösungsansätze zur Bereinigung von Flächenüberschneidungen bei Kreisbogengeometrien

Nach bisherigem Erfahrungsstand und praktischer Anwendung bei den Katasterbehörden in NRW gibt es verschiedene Lösungsansätze zur Behebung der Flächenüberschneidungen, die unterschiedlich in ihren Einsatzmöglichkeiten und der Nachhaltigkeit ihrer Ergebnisse zu werten sind.

Grundsätzlich sind die fachlichen Randbedingungen aufgrund der geltenden Verwaltungsvorschriften zu beachten:

- Einhaltung der amtlichen Fehlergrenzen,
- Wahrung der Konsistenz zwischen den Flurstücken durch eindeutig festgesetzte Flurstücksgrenzen,
- Wahrung der Konsistenz zwischen den Tatsächlichen Nutzungsartenflächen durch eindeutige Objektbildung,
- Vermeidung von rechtlich relevanten Grenz- und Flächenänderungen.

3.2.1 Variante 1 »Variation Kreisbogenparameter«

Bei dieser Variante werden die Kreisbogenparameter so verändert, dass sich der Kreisbogen überschneidungsfrei in die vorhandene Grenzsituation einfügt. In der Regel wird dabei der Kreisbogenmittelpunkt M verschoben. Dadurch verändern sich Kreisbogenradius (R_1 nach R_2) und Mittelpunktswinkel, was Auswirkungen auf die Krümmung des Kreisbogens hat. Zum Beispiel kann die Krümmung des bestehenden Kreisbogens so groß sein, dass sie eine Flächenüberschneidung verursacht, weil die abgehende/geschnittene Flurstücksgrenze im Kreisbogenendpunkt nicht identisch mit der Kreisbogentangente t in diesem Punkt ist. Durch Verschieben des Kreisbogenmittelpunktes (M_1 nach M_2) wird erreicht, dass der Radius R vergrößert wird, die Krümmung flacher wird und die Kreisbogentangente (t_1 nach t_2) im Kreisbogenendpunkt mit der abgehenden Grenze zusammenfällt und damit die Überschneidungsfläche aufgelöst ist (Abb. 4).

Das Ergebnis ist jeweils mit einer Prüfsoftware – beispielsweise mit MAP – zu überprüfen. Da MAP mit einer hohen Flächenauflösung (1 mm^2) prüft, die Geometriebehandlung in der ALK jedoch unmittelbar von der jeweiligen Koordinatenauflösung der ALK-Verfahrensumgebung abhängt und damit die Flächenauflösung niedriger sein kann, können mehrere Durchgänge (iteratives Verschieben des Kreisbogenmittelpunktes M) notwendig sein. Die Vorgehensweise kann optimiert werden, indem die neue Kreisbogenmittelpunktsposition M unmittelbar aus der Identität von abgehender/geschnittener Grenze und Kreisbogentangente t abgeleitet wird (Abb. 5).

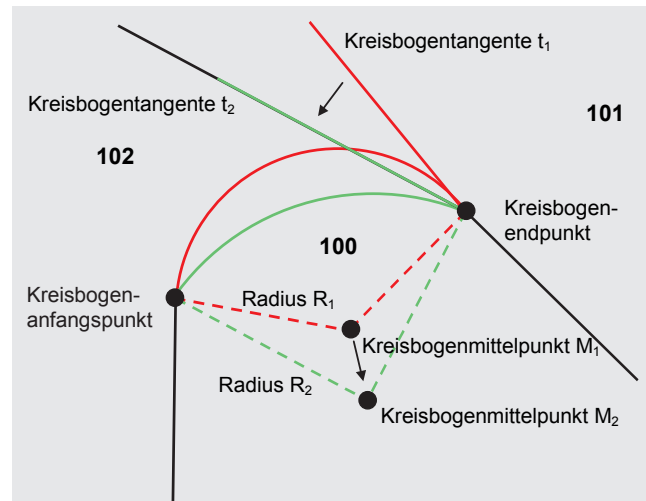


Abb. 4: Prinzipskizze zur Variante 1 »Variation Kreisbogenparameter«

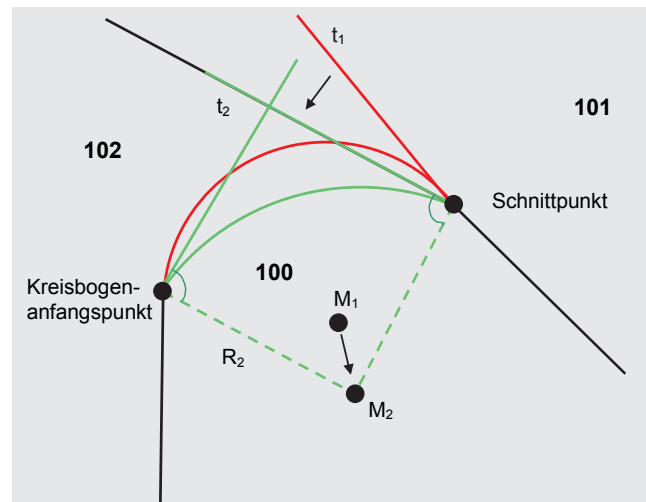


Abb. 5: Ableitung neuer Kreisbogenparameter durch Herstellung der Identität von Kreisbogentangente und abgehender Flurstücksgrenze

Diese Variante lässt sich nur interaktiv in der ALK-Verfahrensumgebung im Rahmen der Vormigrationsarbeiten und der laufenden Erfassungsarbeiten anwenden. Des Weiteren ist die Anwendbarkeit der Variante 1 numerisch beschränkt, da bei großen Kreisbogenradien R sehr große Verschiebungen notwendig sind, um die gewünschte Veränderung der Kreisbogenkrümmung zu bewirken, so dass eine andere Variante effektiver und sicherer im Rahmen der Koordinatenauflösung zum Ergebnis führt. Bei kleinen Kreisbogenradien hingegen kommt man schnell zu einem gewünschten Ergebnis.

Für die automatisierte Bereinigung von Massendaten z.B. im Migrationsprozess eignet sich diese Variante nicht. Außerdem ist die Variante 1 nicht invariant gegenüber späteren Transformationen und Homogenisierungen, wenn die entsprechenden Kreisbogenparameter nicht mit berücksichtigt werden. Somit ist an dieser Stelle mit erneuten Flächenüberschneidungen und folglich mit Nachbearbeitungsaufwand zu rechnen.

3.2.2 Variante 2 »Schnittbildung und Bereinigung Grenzverlauf«

Bei dieser Variante sind zwei Arbeitsschritte durchzuführen. In einem ersten Schritt wird der Schnittpunkt zwischen dem überschneidenden Kreisbogen und der abgehenden/geschnittenen Flurstücksgrenze gebildet und als zusätzlicher Zwischenpunkt des ALK-Grundrisses bestimmt (Abb. 6).

In einem zweiten Schritt wird der Grenzverlauf zwischen Schnittpunkt und Kreisbogenendpunkt bereinigt. Dabei gibt es zwei Möglichkeiten:

- (1) Löschen des überschneidenden Kreisbogenstückes zwischen Schnittpunkt und Kreisbogenendpunkt (Abb. 7) oder
- (2) Löschen der schneidenden Sekante, die identisch mit dem Stück der abgehenden/geschnittenen Flurstücksgrenze zwischen Schnittpunkt und Kreisbogenendpunkt ist (Abb. 8).

Die Variante 2 (1) setzt die Priorität auf den Erhalt des originären Grenzverlaufes der abgehenden/geschnittenen Flurstücksfläche und löst die Überschneidungsfläche auf. Es entsteht ein neuer Zwischenpunkt im Verlauf der Flurstücksgrenze. Ein neuer Punktort wird nicht gebildet. Der Kreisbogen wird zwischen dem Schnittpunkt und dem Kreisbogenendpunkt durch den betreffenden Abschnitt der abgehenden Flurstücksgrenze approximiert.

Die Variante 2 (2) setzt die Priorität auf den Erhalt des originären Grenzverlaufes des Kreisbogens und löst die Überschneidungsfläche auf. Es entsteht ein neuer Zwischenpunkt im Verlauf der Flurstücksgrenze. Ein neuer Punktort wird nicht gebildet. Die abgehende/geschnittene Flurstücksgrenze wird zwischen Schnittpunkt und Kreisbogenendpunkt durch den Kreisbogen zwischen Schnittpunkt und Kreisbogenendpunkt approximiert. Sie erhält einen zusätzlichen Knick.

Beide Möglichkeiten können angewendet werden, wobei entweder die rechnerische Fläche des innenliegenden oder außenliegenden Flurstücks um minimale Beträge verändert wird.

Die Variante 2 eignet sich für die automatisierte Bearbeitung von Massendaten im Rahmen der Vormigrationsarbeiten oder integriert in den Migrationsprozess. Allerdings bleibt die Geometrie des Kreisbogens erhalten, so dass zukünftige erneute Flächenüberschneidungen durch spätere Transformationen und Homogenisierungen nicht ausgeschlossen werden können, wenn die entsprechenden Kreisbogenparameter nicht mitberücksichtigt werden. Es entsteht ggf. Nachbearbeitungsaufwand.

3.2.3 Variante 3 »Kreisbogenlinearisierung«

Eine dritte mögliche Vorgehensweise, um die Flächenüberschneidungen im Zusammenhang mit Kreisbögen aufzulösen, ist die Kreisbogenlinearisierung. Der wesentliche

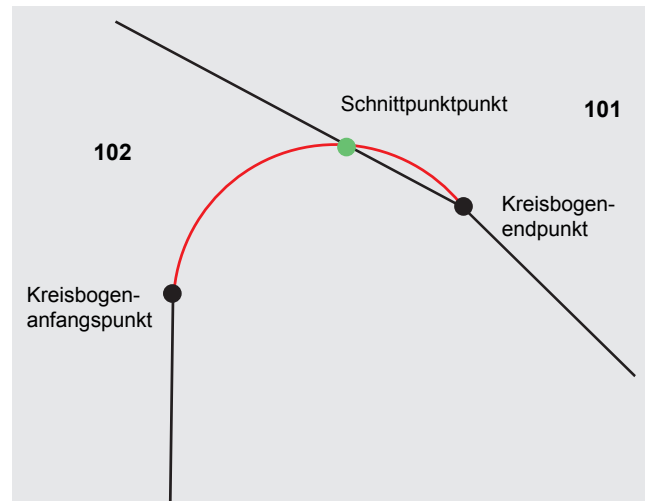


Abb. 6: Prinzipische Skizze Variante 2 »Schnittbildung und Bereinigung Grenzverlauf«/Schnittpunktbildung

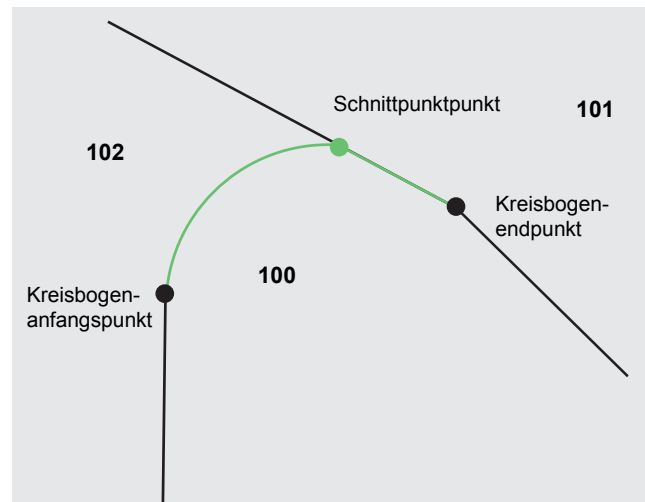


Abb. 7: Prinzipische Skizze Variante 2 (1) »Schnittbildung und Bereinigung Grenzverlauf«/Bereinigung durch Löschen des überschneidenden Kreisbogenstückes

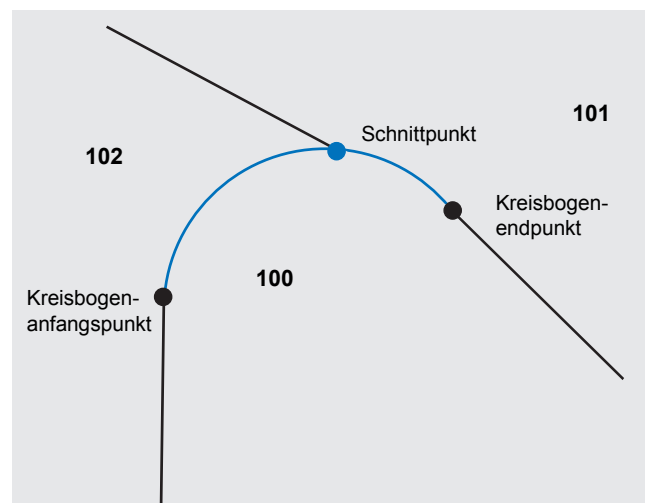


Abb. 8: Prinzipische Skizze Variante 2 (2) »Schnittbildung und Bereinigung Grenzverlauf«/Bereinigung durch Löschen der schneidenden Sekante

Schwachpunkt der Varianten 1 und 2 – die fehlende Invarianz gegenüber späteren Transformationen und Homogenisierungen, sofern die Kreisbogenparameter nicht mit einbezogen werden – kann durch Approximation der Kreisbogengeometrie durch ein Geradenpolygon mit Zwischenpunkten als Stützpunkte des bestehenden Kreisbogens aufgehoben werden. Die neuen Zwischenpunkte sowie die Geraden als Verbindungsgeometrien des Grundrisses lassen sich dann sowohl in der Transformation als auch in der Homogenisierung topologisch berücksichtigen (fachliche Anforderung an die Homogenisierungskomponente). Die Variante 3 ist nach jetzigem Erkenntnisstand invariant gegenüber späteren Transformationen und Homogenisierungen.

Hinsichtlich der Vorgehensweise bei der Kreisbogenlinearisierung gibt es zwei Möglichkeiten:

- (1) Linearisierung des Kreisbogens zwischen Kreisbogenanfangs- und -endpunkt, im Anschluss Überprüfung, ob alle neuen Zwischenpunkte »innenliegend«¹³ sind; ggf. Variation der Pfeilhöhe dh und erneute Linearisierung; abschließende Prüfung, ob alle neuen Zwischenpunkte »innenliegend« sind (Abb. 9),
- (2) Schnittbildung zwischen Kreisbogen und abgehender/geschnittener Flurstücksgrenze, Löschen des überschneidenden Kreisbogenstückes zwischen Schnittpunkt und Kreisbogenendpunkt und im Anschluss Linearisierung des verbleibenden Kreisbogenstückes zwischen Kreisbogenanfangspunkt und Schnittpunkt (Abb. 10).

Die Variante 3 (2) stellt dabei eine Optimierung der Variante 2 (2) dar (s.o.), mit dem Nachteil, dass eine Rekonstruktion des ursprünglichen Kreisbogens nur unzulänglich möglich ist, da ein weiterer Zwischenpunkt als

¹³ »innenliegend« bedeutet im konkreten Beispiel (s. Abb. 9), dass kein neuer Zwischenpunkt in der Überschneidungsfläche, d.h. im Flurstück 101 liegt.

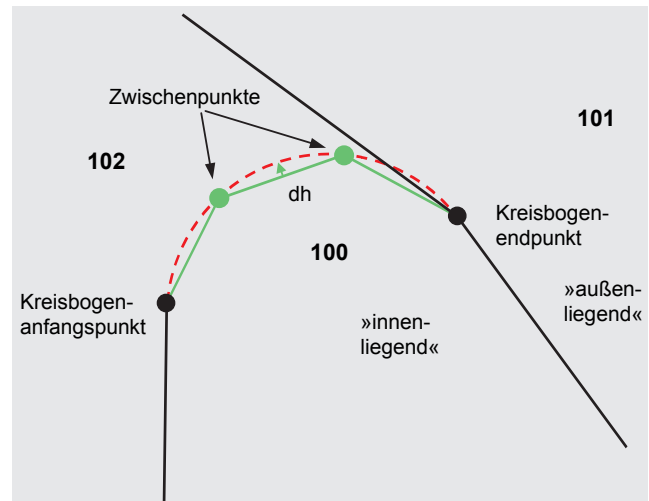


Abb. 9: Prinzipische Skizze Variante 3 (1) »Kreisbogenlinearisierung«

Schnittpunkt eingefügt wird. Deshalb ist in der Regel Variante 3 (1) zu bevorzugen. Zum einen, weil es sich um minimale Überschneidungsflächen handelt, zum anderen, weil durch die Wahl der entsprechenden Pfeilhöhe dh bei der Linearisierung die Lage des letzten Zwischenpunktes so beeinflusst werden kann, dass er »innenliegend« ist (s.o.). Dadurch kann auf eine Schnittpunktbestimmung verzichtet werden.

Durch Linearisierung der gesamten Kreisbogengeometrie kann zudem bei Bedarf der ursprüngliche Kreisbogen über Anfangs- und Endpunkt sowie einen beliebigen Stützpunkt vollständig rekonstruiert werden (Fall: Kreisbogenbestimmung über drei Punkte) (Abb. 11).

Der linearisierte Kreisbogen wird durch das approximierende Geradenpolygon (Zwischenpunkte, Geraden) in der Liegenschaftskarte dargestellt.

Die Variante 3 eignet sich für die automatisierte Bearbeitung von Massendaten im Rahmen der Vormigrationsarbeiten, integriert in den Migrationsprozess und in den Erhebungs- und Qualifizierungsprozess im ALKIS®.

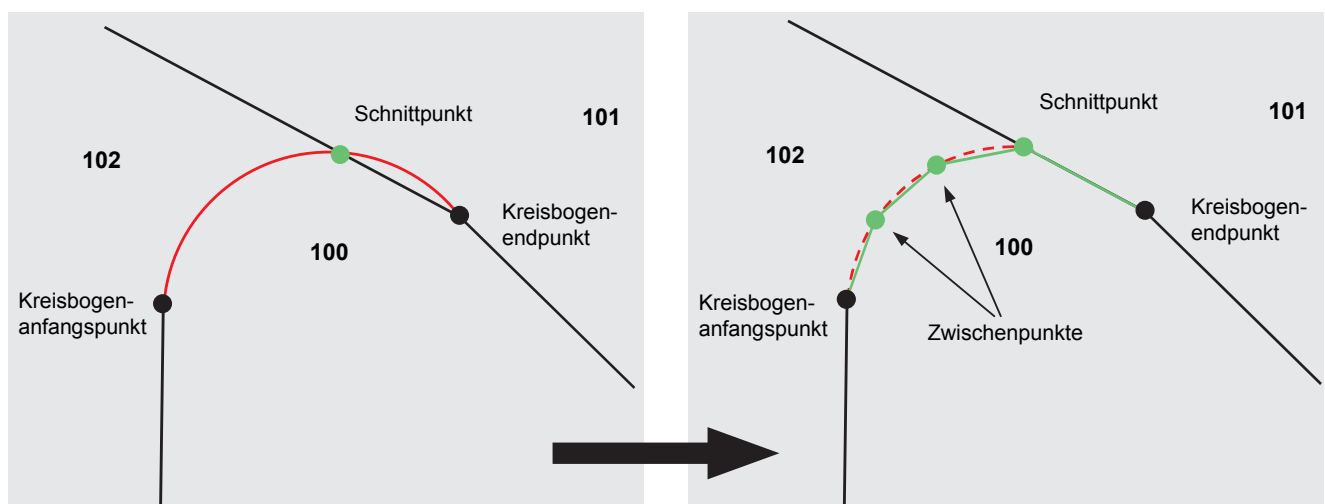


Abb. 10: Prinzipische Skizze Variante 3 (2) »Kreisbogenlinearisierung« mit Schnittpunktbildung und Linearisierung des Kreisbogens

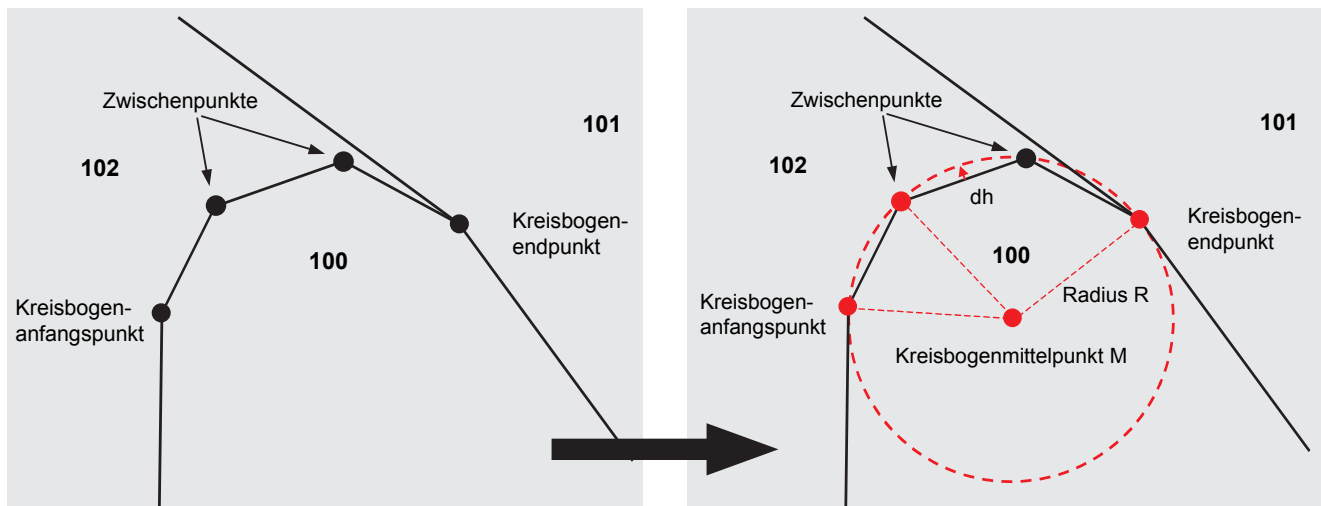


Abb. 11: Rekonstruktion der Kreisbogenparameter aus einem linearisierten Kreisbogen

3.2.4 Untersuchung der Ansätze für Pfeilhöhen dh bei der Kreisbogenlinearisierung

Bei der Kreisbogenlinearisierung müssen für die programmgestützte Umsetzung Parameter festgesetzt werden. Der wesentliche Parameter ist neben den Kreisbogenparametern (Radius R , Sehne s , Mittelpunktswinkel α) die vorzugebende Pfeilhöhe dh für den Linearisierungsansatz. Im Rahmen der folgenden Untersuchung sollen für die praktische Anwendung der Kreisbogenlinearisierung zwei wesentliche Fragen geklärt werden:

1. Welche Pfeilhöhe ist für die Linearisierung ausreichend, damit die Flächendifferenz einen bestimmten Wert nicht überschreitet?
2. Mit wie vielen zusätzlichen Zwischenpunkten aufgrund der Linearisierung ist unter der Maßgabe von 1. zu rechnen?

Annahmen

Die Verwendung von Kreisbögen als Geometrietyp in der ALK beschränkt sich i. d. R. auf

- Mittelpunktswinkel $\alpha_{\max} \leq 100$ gon (Viertelkreise),
- Radien R zwischen 5 m und 500 m,
- Sehnenlängen zwischen Kreisbogenanfangs- und -endpunkt $s_{\max}$ zwischen 5 m und 20 m.

Die Approximation erfolgt durch ein Geradenpolygon mit mindestens einem zusätzlichen Zwischenpunkt.

Die Differenz zwischen der Flurstücksfläche vor und nach der Linearisierung muss kleiner $0,25 \text{ m}^2$ sein – Ansatz: $S \text{ d}F \leq 0,1 \text{ m}^2$.

Es werden Pfeilhöhen dh_n zwischen 0,05 m und 0,001 m für die Linearisierung vorgegeben.

Berechnungsansätze

Berechnung Sehne:

$$s_{\max} = \sqrt{dh \cdot (8 \cdot R - 4 \cdot dh)} ; s_n = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\alpha_n}{2}\right)$$

Berechnung Mittelpunktswinkel:

$$\alpha_{\max} = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{s_{\max}}{2 \cdot R}\right) ; \alpha_n = 4 \cdot \arctan\left(\frac{2 \cdot dh_n}{s_n}\right)$$

Berechnung Anzahl der zusätzlichen Stützpunkte:

$$SP = \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_n} - 1$$

Berechnung Einzel-Flächendifferenzen:

$$dF = \frac{\alpha_n}{400 \text{ gon}} \cdot R^2 \cdot \pi - \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot \sin \alpha_n$$

Berechnung Gesamtflächendifferenz:

$$S \text{ d}F = (SP + 1) \cdot dF$$

Bei der Untersuchung wird zunächst mit der Vorgabe von Radius R und Sehnenlänge $s_{\max}$ der für diesen Untersuchungsbereich maximale Mittelpunktswinkel $\alpha_{\max}$ ermittelt (Abb. 12). In einem zweiten Berechnungsschritt werden mit verschiedenen Pfeilhöhen dh_n die daraus resultierenden Mittelpunktswinkel α_n , Sehnenlängen s_n sowie die Gesamtflächendifferenz $S \text{ d}F$ ermittelt (Abb. 13). Die Anzahl der zusätzlichen Stützpunkte SP ergibt sich dabei durch Division des maximalen Mittelpunktswinkels $\alpha_{\max}$ durch den Mittelpunktswinkel α_n für die jeweils gültige Pfeilhöhe dh_n bei vorgegebenem Radius R . Ansätze, die nicht mindestens einen zusätzlichen Stützpunkt SP oder eine Gesamtflächendifferenz $S \text{ d}F < 0,25 \text{ m}^2$ haben, werden nicht für Schlussfolgerungen herangezogen (orange Markierungen). Die hellgrün markierten Ergebnisse gehen in die Auswertung ein, die dunkelgrün markierten Ergebnisse sind die für einen Linearisierungsansatz zu wählenden Maximalwerte dh_n . Die folgenden Tab. 1 und 2 zeigen Beispiele der Untersuchung in einem bestimmten Wertebereich.

Tab. 1: Untersuchungsergebnisse Pfeilhöhen dh_n bei der Kreisbogenlinearisierung
Beispiel 1: Wertebereich $R = 10\text{ m}$, $s_{\max} = 5\text{ m}$, 10 m , 15 m

Vorgabe				Vorgabe					
Sehne [m]	Radius [m]	alpha max [gon]	resultierende Pfeilhöhen [m]	Pfeilhöhe [m]	Sehne [m]	alpha_n [gon]	Anzahl Zwischenpunkte	Summe dF [m ²]	
5	10	32,17225	0,31754	0,05	1,997498436	12,73770659	1	0,133233289	< 0,25 m ²
				0,02	1,26427845	8,054016653	2	0,050581261	< 0,25 m ²
				0,01	0,894203556	5,694574962	4	0,029809767	< 0,25 m ²
				0,005	0,63237647	4,026504751	6	0,014756189	< 0,25 m ²
				0,001	0,282835641	1,800647638	16	0,003205503	< 0,25 m ²
10	10	66,66667	1,33975	0,05	1,997498436	12,73770659	4	0,333083222	> 0,25 m ²
				0,02	1,26427845	8,054016653	7	0,134883362	< 0,25 m ²
				0,01	0,894203556	5,694574962	10	0,065581488	< 0,25 m ²
				0,005	0,63237647	4,026504751	15	0,033728432	< 0,25 m ²
				0,001	0,282835641	1,800647638	36	0,006976682	< 0,25 m ²
15	10	107,97862	3,38562	0,05	1,997498436	12,73770659	7	0,532933155	> 0,25 m ²
				0,02	1,26427845	8,054016653	12	0,219185464	< 0,25 m ²
				0,01	0,894203556	5,694574962	17	0,107315162	< 0,25 m ²
				0,005	0,63237647	4,026504751	25	0,054808702	< 0,25 m ²
				0,001	0,282835641	1,800647638	58	0,01112498	< 0,25 m ²

Tab. 2: Untersuchungsergebnisse Pfeilhöhen dh_n bei der Kreisbogenlinearisierung
Beispiel 2: Wertebereich $R = 250\text{ m}$, $s_{\max} = 5\text{ m}$, 10 m , 20 m

Vorgabe				Vorgabe					
Sehne [m]	Radius [m]	alpha max [gon]	resultierende Pfeilhöhen [m]	Pfeilhöhe [m]	Sehne [m]	alpha_n [gon]	Anzahl Zwischenpunkte	Summe dF [m ²]	
5	250	1,27326	0,01250	0,05	9,999499987	2,546521533	-1	0	< 0,25 m ²
				0,02	6,324428828	1,610545524	-1	0	< 0,25 m ²
				0,01	4,472091233	1,138823866	0	0,029814061	< 0,25 m ²
				0,005	3,162261849	0,805268736	0	0,010540894	< 0,25 m ²
				0,001	1,414212148	0,360126647	2	0,002828425	< 0,25 m ²
10	250	2,54665	0,05001	0,05	9,999499987	2,546521533	0	0,333323333	> 0,25 m ²
				0,02	6,324428828	1,610545524	0	0,084326392	< 0,25 m ²
				0,01	4,472091233	1,138823866	1	0,059628122	< 0,25 m ²
				0,005	3,162261849	0,805268736	2	0,031622682	< 0,25 m ²
				0,001	1,414212148	0,360126647	6	0,006599659	< 0,25 m ²
20	250	5,09432	0,20008	0,05	9,999499987	2,546521533	1	0,666646666	> 0,25 m ²
				0,02	6,324428828	1,610545524	2	0,252979177	> 0,25 m ²
				0,01	4,472091233	1,138823866	3	0,119256243	< 0,25 m ²
				0,005	3,162261849	0,805268736	5	0,063245363	< 0,25 m ²
				0,001	1,414212148	0,360126647	13	0,013199319	< 0,25 m ²

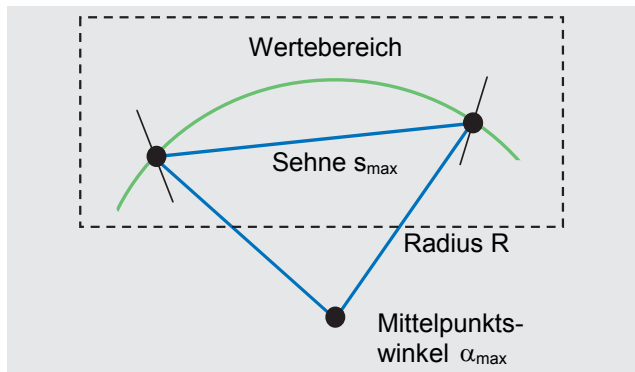


Abb. 12: Bestimmung des Wertebereichs zu den Parametern Radius R , Sehne $s_{\max}$ und/oder Mittelpunktswinkel $\alpha_{\max}$

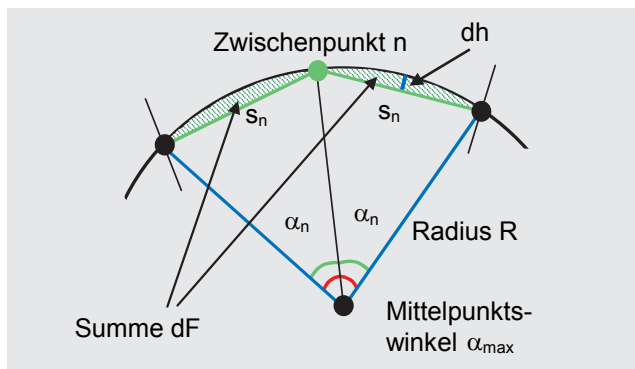


Abb. 13: Bestimmung der Anzahl zusätzlicher Stützpunkte und der Flächendifferenz bei Vorgabe des Wertebereichs und der Pfeilhöhe dh

Berechnungsergebnisse

Aus den Untersuchungen lassen sich grundsätzlich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Die Ergebnisse lassen sich nur bedingt pauschal bewerten. Es besteht eine starke Abhängigkeit vom jeweiligen Kreisbogenradius R sowie maximalen Mittelpunktswinkel $\alpha_{\max}$ und/oder maximaler Sehne $s_{\max}$.
- Linearisierungsansätze mit Pfeilhöhen $dh \leq 0,02 \text{ m}$ führen für den angesetzten Werterahmen zu Flächendifferenzen $S \text{ dF} < 0,25 \text{ m}^2$ und erfüllen damit die fachlichen Anforderungen.
- Bei größeren Radien ($R \geq 50 \text{ m}$) sind grundsätzlich kleinere Pfeilhöhen dh zum Ansatz zu bringen (hier: $dh = 0,005 \text{ m}$ oder $0,001 \text{ m}$).
- Bei kleineren Radien ($R < 50 \text{ m}$) sind grundsätzlich Pfeilhöhen zwischen $dh = 0,02 \text{ m}$ oder $0,01 \text{ m}$ ausreichend.
- Die Anzahl der zusätzlich benötigten Zwischenpunkte SP liegt beim angesetzten Wertebereich von $dh = 0,001 \text{ m}$ bis $0,02 \text{ m}$ bei 1 bis 20 Punkten und ist damit akzeptabel, d.h. es entsteht keine übermäßig hohe Anzahl zusätzlicher Zwischenpunkte SP in der Definitionsgeometrie.

Damit kann für die anzusetzende Pfeilhöhe dh festgehalten werden, dass diese in Abhängigkeit vom Kreisbogenradius R sowie der Länge der Kreisbogensekante zwischen Kreisbogenanfangs- und -endpunkt $s_{\max}$ variabel

im Rahmen der festgestellten Maximalwerte (s.u.) angesetzt werden muss. Als erweitertes Kriterium sollte auch die »formgerechte« Approximation (mindestens ein zusätzlicher Zwischenpunkt SP) herangezogen werden. Diese beiden Kernanforderungen sind programmtechnisch umzusetzen.

Zur Beantwortung der zu Anfang aufgeworfenen Fragen nach einem Maximalansatz dh und der zu erwartenden Anzahl zusätzlicher Stützpunkte SP für die Definitionsgeometrie lassen sich die Untersuchungsergebnisse wie folgt zusammenstellen:

Die Tab. 3 gibt die ermittelten Untersuchungsergebnisse in Abhängigkeit von variablen Radien R , Sekanten $s_{\max}$ als Wertebereich sowie angesetzter Pfeilhöhen dh_n als Maximalwerte für einen Linearisierungsansatz zusammen mit den daraus resultierenden Gesamtflächendifferenzen $S \text{ dF}$ und der Anzahl zusätzlicher Zwischenpunkte SP im Überblick wieder:

Anhand der Tabelle lässt sich entweder ein Pauschalan-satz oder ein mit variablen Parametern gesteuerter Ansatz für die programmtechnische Umsetzung der Kreisbogen-linearisierung erstellen. Eine Ausweitung des Wertebereichs von Radius R , maximaler Sehne $s_{\max}$ und dementsprechend maximalem Mittelpunktswinkel $\alpha_{\max}$ hilft, den Ansatz auch für Ausnahmefälle zu vervollständigen.

3.2.5 Gegenüberstellung der Lösungsmöglichkeiten

Die aufgeführten Varianten verdeutlichen, dass es grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten zur Bereinigung von Flächenüberschneidungen bei Kreisbögen in Definitionsgeometrien gibt. Bei der Bewertung der einzelnen Varianten sind allerdings folgende Aspekte von besonderer Bedeutung:

- Welche Definitionsgeometrien – Kreisbogen oder abgehende Grenze – werden verändert?
- Wie wird die Definitionsgeometrie verändert – zusätzliche Stütz- oder Knickpunkte?
- Ist die Lösungsvariante nachhaltig – invariant gegen Transformation und Homogenisierung?
- Ist die Lösungsvariante eindeutig – Wahrung eindeutiger Grenzverlauf?
- Ist die Lösungsvariante automatisiert, interaktiv oder manuell anwendbar?

Zur Beantwortung dieser Fragen sind in Tab. 4 die Vor- und Nachteile im Überblick zusammengestellt:

Das Resümee der Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile aller Varianten ist eine eindeutige Empfehlung der Variante 3 (1). Bei dieser Variante überwiegen die Vorteile vor allem aus fachlicher Sicht, so dass sie aus Gründen der Nachhaltigkeit und der Herstellung bzw. Wahrung der Eindeutigkeit des Liegenschaftskatasters zur Bereinigung der diskutierten Fehlersituation zu wählen ist.

Die beiden anderen Varianten können unter Berücksichtigung der sich aus den genannten Vor- und Nachtei-

Tab. 3: Ergebnisse zu den Maximalwerten für Pfeilhöhen dh_n und Anzahl zusätzlicher Zwischenpunkte SP für eine Kreisbogenlinearisierung bei Vorgabe eines bestimmten Wertebereichs

Radius R [m]	Sehne $s_{\max}$ [m]	Pfeilhöhe dh_n [m]	Anzahl zusätzlicher Zwischenpunkte SP	Flächendifferenz S_{dF} [m ²]
5	2,5	0,02	1	0,024
	5	0,02	4	0,060
	7,5	0,02	8	0,107
10	5	0,02	2	0,051
	10	0,01	10	0,066
	15	0,01	17	0,107
50	5	0,01	1	0,003
	10	0,05	1	0,030
	20	0,05	3	0,060
100	5	0,005	1	0,001
	10	0,02	1	0,011
	20	0,05	2	0,063
250	5	0,001	2	0,003
	10	0,01	1	0,060
	20	0,005	5	0,063
500	5	0,001	1	0,003
	10	0,005	1	0,030
	20	0,005	3	0,060

len ergebenden Konsequenzen ebenfalls zur Bereinigung der Fehlersituation angewandt werden. Sie sind grundsätzlich nicht ausgeschlossen, führen aber unter Umständen nur zu einer momentanen Fehlerbereinigung und ggf. zu Nachbearbeitungsaufwand.

Entscheidet man sich für die Anwendung der empfohlenen Variante 3 (1), sind ergänzend folgende Aspekte zu beachten:

- Rechtlich verbindlicher Nachweis des Grenzverlaufs ist und bleibt die in der Örtlichkeit verhandelte Grenznie-derschrift mit den dazugehörigen Vermessungsunter-lagen.
- Die Liegenschaftskarte nimmt am öffentlichen Glau-ben teil. Deshalb wird empfohlen, zusätzlich durch den Vorschriftengeber zu regeln, dass Standardausgaben der Liegenschaftskarte i. d. R. keinen größeren Maß-stab als 1:500 aufweisen. Kartographische Ausgaben mit einem größeren Maßstab als 1:500 gelten dann als Auswertungen. Sie werden mit einem Hinweis für die Nutzer versehen, dass der Verlauf der Grundstücks-grenzen aufgrund der datenverarbeitungstechnischen Abbildung der Örtlichkeit einen »unruhigen« – weil li-nearisierten – Verlauf zeigen kann.
- Die Daten des Liegenschaftskatasters (ALK-Grundriss) werden als Planungsgrundlage für kommunale Auf-gaben (z.B. Bauleitplanung, Verkehrsplanung) sowie von Kunden (z.B. Trassenplanung der Energieversor-ger) genutzt. Besteht die Anforderung, Kreisbogen-parameter aus den Grundrissdaten abzuleiten, so sind

Tab. 4: Vor- und Nachteile der (Lösungs-)Varianten im Überblick

	Vorteile	Nachteile
Variante 1	■ Erhalt der Kreisbogengeometrie	■ Anwendbarkeit numerisch beschränkt ■ Interaktion erforderlich, somit Beschränkung auf Einsatz in den Vormigrationsarbeiten ■ Erneute Flächenüberschneidungen durch spä-tere Transformationen/Homogenisierungen möglich
Variante 2	■ Erhalt des reduzierten Kreisbogens ■ Automatisierte Umsetzung in den Vormigra-tionsarbeiten oder im Migrationsprozess möglich	■ Durch die Schnittbildung erhält entweder der Grenzverlauf Kreisbogen (Variante 2(1)) oder der Grenzverlauf Flurstücksgrenze (Variante 2(2)) einen zusätzlichen Zwischen-punkt bzw. »Knick« ■ Erneute Flächenüberschneidungen durch spä-tere Transformationen/Homogenisierungen möglich
Variante 3	■ Automatisierte Umsetzung in den Vormigra-tionsarbeiten oder im Migrationsprozess sowie Integration in den Erhebungs- und Qualifizie-rungsprozess im ALKIS möglich ■ Auflösung der Flächenüberschneidung ohne Schnittbildung (Variante 3(1)) ■ Keine irreversible Kreisbogeneauflösung ■ Keine erneuten Flächenüberschneidungen durch spätere Transformationen/Homogenisierungen	■ Aufgabe des Geometrietyps »Kreisbogen«

diese aufgrund der Kreisbogenlinearisierung nicht mehr unmittelbar verfügbar. Die benötigten Kreisbogenparameter können jedoch interaktiv über den Anfangs- und Endpunkt sowie einen beliebigen Zwischenpunkt eines linearisierten Kreisbogens unmittelbar abgeleitet werden (Kreisbogenbestimmung über drei Punkte). Alternativ können die benötigten Kreisbogenparameter bei Bedarf aus den Vermessungsunterlagen recherchiert werden. Damit ist auch die zukünftige Verwendbarkeit der Grundrissdaten als Planungsgrundlage auch nach einer Kreisbogenlinearisierung gewährleistet.

- Wird die Variante 3 (1) angewendet, so ergibt sich eine heterogene Situation, wenn nur die Fälle der im Rahmen der Migration identifizierten Flächenüberschneidungen zu einer Kreisbogenlinearisierung führen. Es wird empfohlen, die Kreisbogenlinearisierung möglichst einheitlich und flächendeckend anzuwenden, d. h. möglichst alle Kreisbögen in einem Katasteramtsbezirk zu linearisieren.
- Kreisbögen anderer Objekte/Objektarten sind nicht betroffen und deshalb in die Überlegungen nicht mit einbezogen worden (z. B. kreisförmige Gebäudegrundrisse/Silo).

3.3 Softwaretechnische Realisierung der drei Varianten

Es empfiehlt sich, bzgl. der softwaretechnischen Umsetzung der oben aufgezeigten Varianten im Rahmen der ALK-Anwendergemeinschaften sich zusammen mit den Softwarefirmen zum Zeitpunkt der ALKIS®-Vormigrationsarbeiten oder spätestens der ALKIS®-Migration der Problematik anzunehmen. Die aufgezeigte Problematik sowie die anzuwendende Lösungsvariante ist zudem bei der Beschaffung einer ALKIS®-Verfahrenslösung zu berücksichtigen. Dabei sollten die Firmen Module oder Prozesse in den ALK-Verfahrensumgebungen bzw. in den ALKIS®-Migrationskomponenten bereitstellen, die eine weitestgehend automatisierte, mindestens jedoch interaktive Nachbearbeitung von Flächenüberschneidungen aufgrund des Geometrietyps »Kreisbogen« ermöglichen. Bei einigen Firmen existieren bereits Lösungsansätze der oben genannten Art für die Vormigration und auch für die ALKIS®-Migration. Die Integration dieser Prozesse in die Vormigration ist eine wirtschaftlich sinnvolle und daher zu empfehlende Vorgehensweise.

Alternativ dazu müssen die Katasterbehörden bzw. Länder mit eigenen fachlichen und personellen Ressourcen für die Auflösung der Flächenüberschneidungen sorgen – spätestens bei der Migration nach ALKIS®. Die Flächenüberschneidungsproblematik bei Verwendung des Geometrietyps »Kreisbogen« muss zukünftig bei jeder ALK-Fortführung entsprechend beachtet, geprüft und behandelt werden.

3.4 Kreisbogenbehandlung in der ALKIS®-Verfahrenslösung

Die Flächenüberschneidungsproblematik aufgrund von Kreisbögen muss zukünftig auch bei jeder ALKIS®-Fortführung beachtet, geprüft und behandelt werden. Dabei können die Flächenüberschneidungen als Fehler anlassbezogen oder präventiv behandelt werden.

Bei der anlassbezogenen Vorgehensweise werden die Erhebungsdaten übernommen und bei Vorliegen einer Fehlermeldung »Flächenüberschneidung« mit den vorhandenen Werkzeugen im ALKIS® gemäß der Varianten 1 und 2 interaktiv behandelt. Es entsteht Nachbearbeitungsaufwand. Entsprechendes gilt bei Durchführung von Transformationen und Homogenisierungen im ALKIS®.

Bei der präventiven Vorgehensweise begegnet man diesem Nachbearbeitungsaufwand in den Fällen der Erhebung, Transformation und Homogenisierung durch Anwendung der Variante 3 (1) im Erhebungs- und Qualifizierungsprozess. Hier steht der Gedanke im Vordergrund, eine einheitliche Vorgehensweise über die Vormigration hinaus bis in die Führung des Liegenschaftskatasters in der neuen Verfahrensumgebung ALKIS® zu wahren, indem die empfohlene Variante auch konsequent bei der Führung im ALKIS® Anwendung findet.

Aus Sicht der ALKIS®-Modellierung bestehen keine Zwänge, auf die Kreisbögen als zulässige Definitionsgeometrien im ALKIS® zu verzichten. Allerdings greifen auch hier die Argumente, die für die Variante 3 (1) bereits als Vorteile genannt wurden: Auch im ALKIS® werden Transformationen und Homogenisierungen durchzuführen sein, d. h. Messungenauigkeiten u. a. können erneut zu Überschneidungen führen. In den ALKIS®-Verfahrenslösungen werden diese Fortführungen modellbedingt abgelehnt, da Inkonsistenzen der Flurstücksobjekte unzulässig sind. Das zugrundeliegende Problem der Kreisbögen wird durch die Varianten 1 und 2 nicht nachhaltig im Rahmen der Vormigrationsarbeiten/Migration gelöst, sondern kann Nachbearbeitungsaufwand im ALKIS® verursachen. Insofern ist es sinnvoll, die Linearisierung von Kreisbögen auch innerhalb der ALKIS®-Verfahrenslösung präventiv und konsequent fortzuführen.

Die sich daraus ergebenden fachlichen Anforderungen haben zudem Auswirkungen auf die zukünftige Abwicklung der Hauptprozesse »Benutzung« und »Erhebung«. Dazu nachfolgende, nähere Ausführungen:

Die örtliche Erfassung verläuft i. d. R. bisher so, dass die Kreisbögen über geometrische Bestimmungselemente erfasst und für die Datenaufbereitung im Innendienst bereitgestellt werden. In der Datenaufbereitung werden die geometrischen Bestimmungselemente zusammen mit den Feldbüchern oder anderen Dokumentationen zur Modellierung des Kreisbogens als Flurstücksgrenze herangezogen. Als Abschluss des Erhebungsprozesses werden dann die Kreisbögen nach Qualifizierung der Erhebungsdaten endgültig in das Liegenschaftskataster übernommen.

Die bisherige örtliche Erfassungspraxis der Katasterbehörden sowie sonstiger Vermessungsstellen kann beibehalten werden. Hinsichtlich der Nachbearbeitung im Inendienst müssen die Arbeitsschritte angepasst werden:

■ **Linearisierung innerhalb der ALKIS®-Verfahrenslösung**

Die örtlich erfassten Punkte werden unaufbereitet über die Schnittstelle NAS-ERH¹⁴ an die Katasterbehörde für die weitere Bearbeitung in die EQK¹⁵ der ALKIS®-Verfahrenslösung übergeben. Im ALKIS® werden die Objekte als Kreisbögen anhand der Feldbücher oder sonstigen Dokumentationen gebildet. In einem zweiten Schritt werden die neu gebildeten Kreisbögen mit Hilfe von Werkzeugen der ALKIS®-Verfahrenslösung automatisiert linearisiert und als Polylinien endgültig in das Liegenschaftskataster übernommen.

■ **Linearisierung außerhalb der ALKIS®-Verfahrenslösung**

Vor Übergabe der örtlich erfassten Punkte an die Übernahmestelle der Katasterbehörde werden Kreisbögen per Linearisierung automatisiert in Geradenpolygone aufgelöst und für eine Übergabe per NAS-ERH aufbereitet. Die dazu notwendigen Werkzeuge müssen außerhalb der ALKIS®-Verfahrenslösung durch die Softwarefirmen bereitgestellt werden. Die aufgelösten Kreisbögen werden dann direkt über die NAS-ERH nach ALKIS® übernommen.

Alternativ kann die Erfassung auch grundsätzlich darauf abgestellt werden, keine Kreisbogengeometrien mehr aufzunehmen und den Grenzlauf direkt als approximierendes Gradenvolygon zu erfassen. Eine Linearisierung in einem zweiten Schritt entfällt dadurch.

4 Zusammenfassung und Vorgehensweise in NRW

Ausgehend von der Feststellung, dass fachlich einwandfreie bzw. vorschriftenkonforme ALK- und ALB-Ausgangsdaten die wichtigste Voraussetzung für die Überführung des Liegenschaftskatasters nach ALKIS® sind, haben die obigen Ausführungen speziell die Gewährleistung der Konsistenzforderung des Liegenschaftskatasters untersucht. Es wurde dargelegt, dass es eine noch unbehandelte Fehlersituation im Bereich der minimalen Flächenüberschneidungen bei Kreisbögen in der Definitionsgeometrie gibt. Die Ursachen liegen zum einen in der gängigen Erhebungs- und Führungspraxis in den bestehenden ALK-Verfahrensumgebungen, zum anderen aber auch in der Diskrepanz zwischen dem Ausgangs- (ALK) und Zielsystem (ALKIS®) hinsichtlich der Gewährleistung der Überschneidungsfreiheit von Flurstücken und Tat-

sächlichen Nutzungsarten im Rahmen der datenbanktechnischen Flächenauflösung. Dementsprechend ist die Fehlersituation spätestens in der ALKIS®-Migration zu behandeln.

Zur Fehlerbereinigung wurden verschiedene Lösungsvarianten mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt. Insbesondere die Variante der Kreisbogenlinearisierung entspricht der Anforderung nach einer nachhaltigen und eindeutigen Lösung zur Gewährleistung der Konsistenzforderung des Liegenschaftskatasters. Für eine mögliche programmtechnische Umsetzung wurden zudem Maximalwerte für den Ansatz der Kreisbogenlinearisierung über den Parameter einer vorzugebenden Pfeilhöhe dh aufgezeigt. Die frühzeitige Vergabe der programmtechnischen Umsetzung an gängige Softwarefirmen im Rahmen von Anwendergemeinschaften ist empfehlenswert.

Für die ganzheitliche Betrachtung sind mögliche Konsequenzen nicht nur für die Vormigrationsarbeiten in den ALK-Verfahrensumgebungen, sondern auch im Zielsystem ALKIS® insbesondere für die Erhebung und Qualifizierung sowie Speicherung näher betrachtet und mögliche Anpassungen der Geschäftsprozesse aufgezeigt worden.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die frühzeitige Berücksichtigung und Lösung der aufgezeigten Fehlersituation dazu beiträgt, die vollständige und fachlich korrekte Transformation des aktuellen Umfangs der Liegenschaftskatasterinformationen in das ALKIS® sicherzustellen, so dass das Ziel der zeitnahen Aufnahme der Führung des Liegenschaftskatasters im ALKIS® erreicht wird.

In NRW wird die Lösungsvariante der Kreisbogenlinearisierung von Seiten des Vorschriftengebers ausdrücklich empfohlen. Die endgültige Entscheidung für eine der drei Lösungsvarianten liegt jedoch letztlich im eigenständigen Ermessen der Katasterbehörden in NRW, mit der Maßgabe, die Konsistenzforderung des Liegenschaftskatasters im Hinblick auf die Migration nach ALKIS® zu erfüllen. Hier wird erwartet, dass die Softwarefirmen entsprechende Anwendungen oder Methoden für den Kunden »Katasterbehörde« im Rahmen der aktuell laufenden Vormigrationsarbeiten bereitstellen.

Literatur

- Objektabbildungskatalog Liegenschaftskataster (OBAL-Kat NRW) vom 12.08.2003 i. d. F. v. 12.07.2005, Quelle: www.lverma.nrw.de
- Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok) Vers. 5.1 vom 31.03.2006, Quelle: www.adv-online.de
- Landesvermessungsamt NRW: »ALKIS® Vormigration/Handlungsempfehlung Kreisbögen Vers. 2.1 vom 13.02.2007«, Quelle: www.lverma.nrw.de

Adresse des Autors

Mark Büdenbender
Landesvermessungsamt NRW
Muffendorfer Straße 19–21, 53177 Bonn
mark.buedenbender@lverma.nrw.de

14 Arbeitstitel für die »Schnittstelle für Erhebungsdaten« als GB-Fortführungsauftrag innerhalb von GEOBASIS.NRW

15 Erhebungs- und Qualifizierungskomponente