

# Neuberechnung des Katasterzahlenwerks mit Anschluss an UAS-bestimmte Gebäudepunkte

## Recalculation of the Cadastral Measures and Computations with Reference to UAS-determined Building Points

Markus Rembold

### Zusammenfassung

Eine schlechte geometrische Qualität der Flurkarten kann durch Neuberechnung des Katasterzahlenwerks im amtlichen Raumbezug und anschließende Homogenisierung deutlich verbessert werden. Es wird ein Neuberechnungsverfahren vorgestellt, bei dem der Anschluss an den amtlichen Raumbezug über photogrammetrisch bestimmte Gebäudepunkte erfolgt. Auf die Durchführung örtlicher terrestrischer Vermessungen kann dabei verzichtet werden.

**Schlüsselwörter:** unbemannte Luftfahrtsysteme, Koordinierung von Gebäudepunkten, Katastererneuerung, Neuberechnung

### Summary

*Recalculation of the cadastral measures and computations in an official spatial reference with a following homogenization can improve the low quality of the cadastral map. The following report presents a recalculation method, whereby photometrically identified building points are used for the connection to the spatial reference. For this method there is no terrestrial survey necessary.*

**Keywords:** unmanned aerial systems, calculation of building coordinates, remarking of the cadastre, recalculation

### 1 Einleitung

Die Nachweise des Liegenschaftskatasters haben ihren Ursprung im Wesentlichen in den Grundsteuerkatastern, die im 19. Jahrhundert zu Steuerzwecken auf Grundlage der ersten Parzellarvermessungen aufgestellt worden sind. Ein Problem des Liegenschaftskatasters äußert sich heute – neben seiner häufig mangelnden Aktualität bezüglich der Nutzungsarten- und Gebäudenachweise – insbesondere in einer für viele Nutzerinnen und Nutzer nicht ausreichenden geometrischen Qualität der Flurkarte. Aufgrund der Tatsache, dass die Flurkarte flächendeckend digital in einheitlicher kartografischer Ausgestaltung vorliegt, ist es den Nutzerinnen und Nutzern ohne Weiteres nicht möglich, diese mangelnde geometrische Qualität zu erkennen. Alles sieht gleich »gut« aus und kann im Maßstab 1:1 dargestellt werden. Vor dem Hintergrund der Tatsache, dass immer mehr Geofachdaten in digitaler Form vorhanden sind und die Geobasisdaten des Liegenschaftskatasters als Grundlage hierfür verwendet werden sollen (§ 1 Abs. 4 VermKatG NRW), sind in den letzten Jahren verschiedene Bundesländer verstärkt dazu übergegangen, Maßnahmen zur geometrischen Verbesserung der Flurkarte zu ergreifen (Rembold 2017).

In Nordrhein-Westfalen ist das Liegenschaftskataster bei Bedarf zu erneuern, wobei die Erneuerung alle Maßnahmen umfasst, bei denen von Amts wegen in größeren Gebieten die bisher vorhandenen durch neu erhobene Geobasisdaten ersetzt oder ergänzt werden (zum Beispiel durch Katasterneuvermessung; vgl. § 8 Abs. 7 DVOzVermKatG NRW). Dies ist vor allem auch zur Geometrieverbesserung der Flurkarte erforderlich, wie sich unter anderem anhand der Qualität der Grenzpunktkoordinaten zeigt (Katasterbehörden NRW, Jahresbericht 2020): Im Mittel haben 18,1 % aller Grenzpunkte in Nordrhein-Westfalen Koordinatenkatasterqualität (Standardabweichung  $\leq 3$  cm), 40,7 % mittlere Qualität ( $6 \text{ cm} \leq \text{Standardabweichung} \leq 10 \text{ cm}$ ) und 43,2 % geringe Qualität ( $30 \text{ cm} \leq \text{Standardabweichung} \leq 500 \text{ cm}$ , ggf. größer). Die Grenznachweise mit geringer Qualität sind dabei nicht gleichförmig über Nordrhein-Westfalen verteilt, sondern variieren zwischen den Katasteramtsbezirken stark (minimal: 0,0 % geringe Qualität, maximal: 86,9 % geringe Qualität; Abb. 1).

Im vorliegenden Beitrag werden die Ergebnisse von Neuberechnungen des Katasterzahlenwerks beschrieben (Kap. 3), wobei die erforderlichen Anschlusspunktkoordinaten

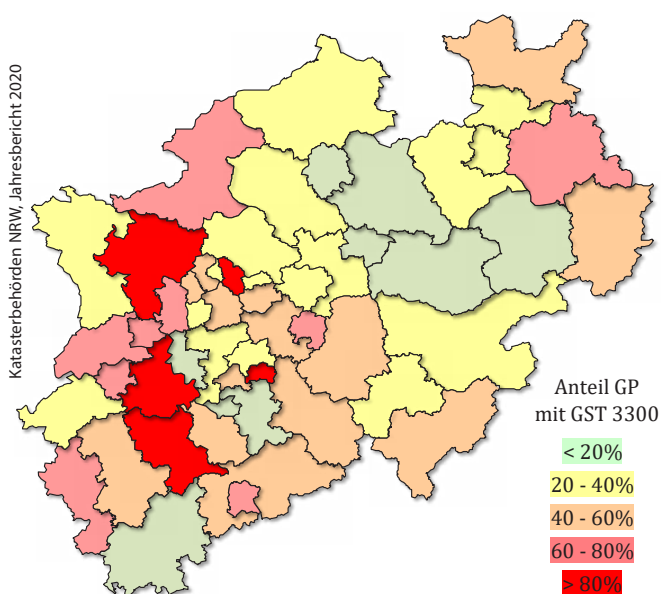


Abb. 1: Anteil der Grenzpunkte mit geringer Qualität

naten (Gebäudepunkte) photogrammetrisch mittels eines unbemannten Luftfahrtsystems (unmanned aircraft system, UAS, »Drohne«) bestimmt wurden. In Ergänzung zu den Ausführungen in Rembold (2020) werden in Kap. 2 die aktuellen rechtlichen Entwicklungen von UAS-Einsätzen durch Behörden kurz beleuchtet.

Auch wenn der Begriff »Katasterzahlenwerk« (§ 11 Abs. 1 Satz 3 VermKatG NW 1990) im nordrhein-westfälischen Recht keine Verwendung mehr findet und anstelle dessen der (umfassendere) Begriff »Liegenschaftskatasterakten« (§ 8 Abs. 3 DVOzVermKatG NRW) verwendet wird, wird der Begriff »Katasterzahlenwerk« als Oberbegriff für die Ergebnisse von Liegenschaftsvermessungen (Messungszahlen, Feldmaße, Koordinaten) aufgrund seiner Prägnanz für diesen Aufsatz bewusst beibehalten.

## 2 Rechtliche Aspekte

Bei der in Kap. 3 beschriebenen Erneuerung des Liegenschaftskatasters handelt es sich um eine gesetzliche Aufgabe, die die nordrhein-westfälischen Katasterbehörden auf der Grundlage der Zweckbestimmung des Liegenschaftskatasters und des Aktualitäts- und Erneuerungsgebots wahrnehmen (§ 1 Abs. 3, § 11 Abs. 1 VermKatG NRW; § 8 Abs. 7 DVOzVermKatG NRW).

Gemäß den Regelungen der bisherigen Luftverkehrs-Ordnung war eine Behörde beim Betrieb von UAS von der Erlaubnis- und Kenntnismachungspflicht befreit, wenn der Betrieb zur Erfüllung einer Aufgabe der Behörde stattfand. Wie die folgenden Ausführungen zeigen, ist dies auch bei der auf der Grundlage des EU-Rechts novellierten Luftverkehrs-Ordnung der Fall.

Der Rahmen für das europäische UAS-Luftverkehrsrecht wird im Wesentlichen bestimmt durch die EASA-Grundverordnung (VO (EU) 2018/1139). Hierauf gestützt sind zwei weitere Verordnungen ergangen, nämlich erstens die Delegierte Verordnung (VO (EU) 2019/945), die die technischen Anforderungen für UAS enthält, und zweitens die Durchführungsverordnung (VO (EU) 2019/947), die die beim Betrieb von UAS zu beachtenden Vorschriften beinhaltet.

Die EASA-Grundverordnung gilt dabei nicht für »Luftfahrzeuge ...«, wenn sie für Tätigkeiten oder Dienste für das Militär, den Zoll, die Polizei, Such- und Rettungsdienste, die Brandbekämpfung, die Grenzkontrolle und Küstenwache oder ähnliche Tätigkeiten oder Dienste eingesetzt werden, die unter der Kontrolle und Verantwortung eines Mitgliedstaats im öffentlichen Interesse von einer mit hoheitlichen Befugnissen ausgestatteten Stelle oder in deren Auftrag durchgeführt werden, sowie das an den Tätigkeiten und Diensten dieser Luftfahrzeuge beteiligte Personal und die an diesen Tätigkeiten und Diensten beteiligten Organisationen« (Art. 2 Abs. 3 UAbs. 1 lit. a VO (EU) 2018/1139). Sie legt den Mitgliedstaaten lediglich eine Pflicht zur Berücksichtigung ihrer Sicherheitsziele auf (Art. 2 Abs. 3

UAbs. 2 VO (EU) 2018/1139; Möstl und Schwabenbauer 2021). An diesem partiellen Vorrang einer nationalen Regelung des Einsatzes behördlich genutzter UAS hat auch der Erlass der Delegierten Verordnung (EU) 2019/945 und der Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 nichts geändert (Möstl und Schwabenbauer 2021).

Soweit das vorgenannte EU-Recht einen Gestaltungsspielraum dafür gewährleistet, ist dieser durch nationales Recht auszufüllen. Hierzu ist im Juni 2021 das »Gesetz zur Anpassung nationaler Regelungen an die Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24.05.2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge« in Kraft getreten. Mit diesem Artikelgesetz ist das Luftfahrtrecht (Luftverkehrsgesetz, Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung, Kostenverordnung der Luftfahrtverwaltung), vor allem aber die Luftverkehrs-Ordnung umfänglich geändert worden. Die neue Luftverkehrsgesetzgebung ist bei Eschbach/Nortmann (2021) umfassend behandelt.

Gemäß § 21k Abs. 1 LuftVO bedarf es keiner Betriebsgenehmigung für die Kategorie »speziell« (Art. 12 VO (EU) 2019/947), wenn der UAS-Betrieb (Startmasse < 25 kg) durch Behörden oder unter Aufsicht von Behörden zur Erfüllung ihrer Aufgaben stattfindet. In den §§ 21h und 21i LuftVO werden zum einen der Betrieb von unbemannten Fluggeräten in geografischen Gebieten nach der VO (EU) 2019/947 (beispielsweise Industrieanlagen, Bundesfernstraßen, Naturschutzgebiete), zum anderen die Erteilung von Genehmigungen für bestimmte geografische Gebiete durch die örtlich zuständige Luftfahrtbehörde geregelt. Diese sehr umfangreichen Regelungen gelten in Gänze nicht für den Betrieb von unbemannten Fluggeräten durch Behörden oder unter Aufsicht von Behörden (§ 21k Abs. 2 Satz 1 LuftVO).

Ein solcher UAS-Betrieb durch Behörden stützt sich auf die oben genannte Regelung in Art. 2 Abs. 3 UAbs. 1 lit. a, UAbs. 2 VO (EU) 2018/1139 (Deutscher Bundestag 2021, Drs. 19/28179). Nach Ansicht der Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (EASA) fallen unter diese Vorschrift solche Tätigkeiten oder Dienste, die mit den dort ausdrücklich genannten Behörden und Organisationen die folgenden zwei Gemeinsamkeiten aufweisen: erstens, sie werden im öffentlichen Interesse vorgenommen und zweitens, sie erfordern dabei bisweilen ein anderes Risiko als der Zivilbetrieb (Deutscher Bundestag 2021, Drs. 19/28179).

Die Ausnahmeregelungen sind auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass die Verwaltung grundsätzlich an Gesetz und Recht gebunden ist und daher die Einhaltung der für den UAS-Betrieb maßgeblichen materiell-rechtlichen Bestimmungen hinreichend gewährleistet ist (Art. 20 Abs. 3 GG; Deutscher Bundestag 2021, Drs. 19/28179). In der Sache muss jede Behörde für jede Mitarbeiterin und jeden Mitarbeiter, der die Befugnis erhält, ein UAS dienstlich zu steuern, die gleichen Sachkenntnisse sicherstellen, die auch von privaten oder gewerblichen Pilotinnen und Piloten nachzuweisen sind (Gröhn 2017).

### 3 Katastererneuerung

#### 3.1 Allgemeines

Insbesondere in den Außenbereichen des Ennepe-Ruhr-Kreises (Ortsrand-, Gehöft-, Feld- und Waldlagen) bestehen nach wie vor erhebliche Defizite in der geometrischen Qualität der digitalen Flurkarte im Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem. Absolute und nachbarschaftliche Lagefehler der Flurkarte in der Größe von mehreren Metern sind keine Seltenheit.

Dies ist zum einen in der Kartier- und Zeichengenauigkeit der analogen Flurkarten (überwiegend Inselkarten im Maßstab 1:2500) und der Qualität ihrer Umstellung auf digitale Führung (Passpunktdichte/-verteilung), zum anderen in der nicht vollständigen Berücksichtigung des bestehenden Katasterzahlenwerks begründet. Das Ideal der Identität des Originärnachweises »Zahl« (Katasterzahlenwerk; vgl. Nr. 3.1 Abs. 2 LiegKatErl.) mit der Präsentations-ebene »Karte« (digitalisierte Flurkarte) ist nicht annähernd realisiert. Bei einer Umfrage unter den nordrhein-westfälischen Katasterbehörden, an der sich 35 von insgesamt 53 Behörden beteiligten, haben 11 Behörden angegeben, dass mit einem Abschluss der rechnerischen Katastererneuerung erst in den Jahren 2030 bis 2050 zu rechnen sein wird (Rademacher 2017).

Auch im Ennepe-Ruhr-Kreis hat eine durchgreifende Substanzverbesserung (klassische, allmähliche oder vereinfachte Neuvermessungen) in den letzten zwei Jahrhunderten insbesondere in den Außenbereichen nicht stattgefunden. Auch wurden nur wenige Flurbereinigungsverfahren

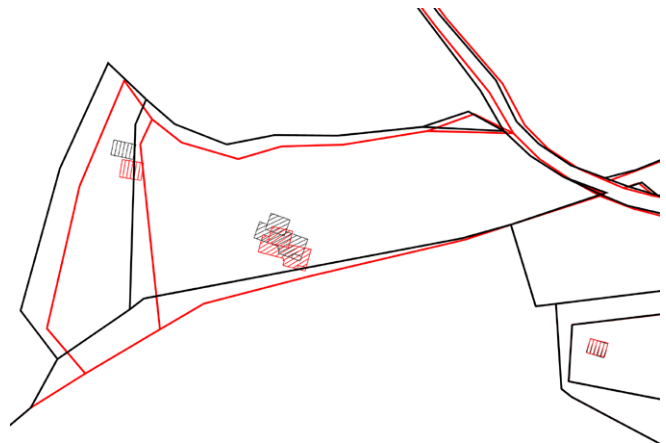


Abb. 2: Flurkarte vor der Katastererneuerung (schwarz) und nach der Katastererneuerung (rot); West-Ost-Ausdehnung: 250 m, Lagefehler: 12 m

durchgeführt. Erst ab 2010 sind flächenhafte Maßnahmen zur Erneuerung des Liegenschaftskatasters konsequent umgesetzt worden (Rembold 2017). Es ergeben sich daher in nicht wenigen Fällen Konstellationen, wie sie in Abb. 2 dargestellt sind. Dort zeigen sich absolute Lagefehler der Flurkarte in einer Größenordnung von maximal 12 m.

Im Vergleich zum nordrhein-westfälischen Landesdurchschnitt (Kap. 1) ist im Ennepe-Ruhr-Kreis die Qualität der Grenzpunktkoordinaten um einiges schlechter (Katasterbehörden NRW, Jahresbericht 2020): 18,7 % aller Grenzpunkte haben Koordinatenkatasterqualität (Standardabweichung  $\leq 3$  cm), 32,6 % mittlere Qualität ( $6 \text{ cm} \leq \text{Standardabweichung} \leq 10 \text{ cm}$ ) und 48,7 % geringe Qualität ( $30 \text{ cm} \leq \text{Standardabweichung} \leq 500 \text{ cm}$ , ggf. größer).

Eine ausschließliche Koordinierung der Gebäudepunkte – mittels Liegenschaftsvermessung oder photogrammetrischer Verfahren – ist regelmäßig nicht zielführend, da das Prinzip der Nachbarschaft bezüglich der den Gebäudepunkten benachbarten Grenzpunkte infolge der absoluten Lagefehler der Flurkarte erheblich verletzt wird. Die Koordinaten der Grenzpunkte sind daher mit den vorhandenen Messwerten (Katasterzahlenwerk, Originärnachweis) im amtlichen Raumbezug neu zu berechnen. Vordringlich sind dabei Punktorte von Grenzpunkten, deren Lage durch Digitali-

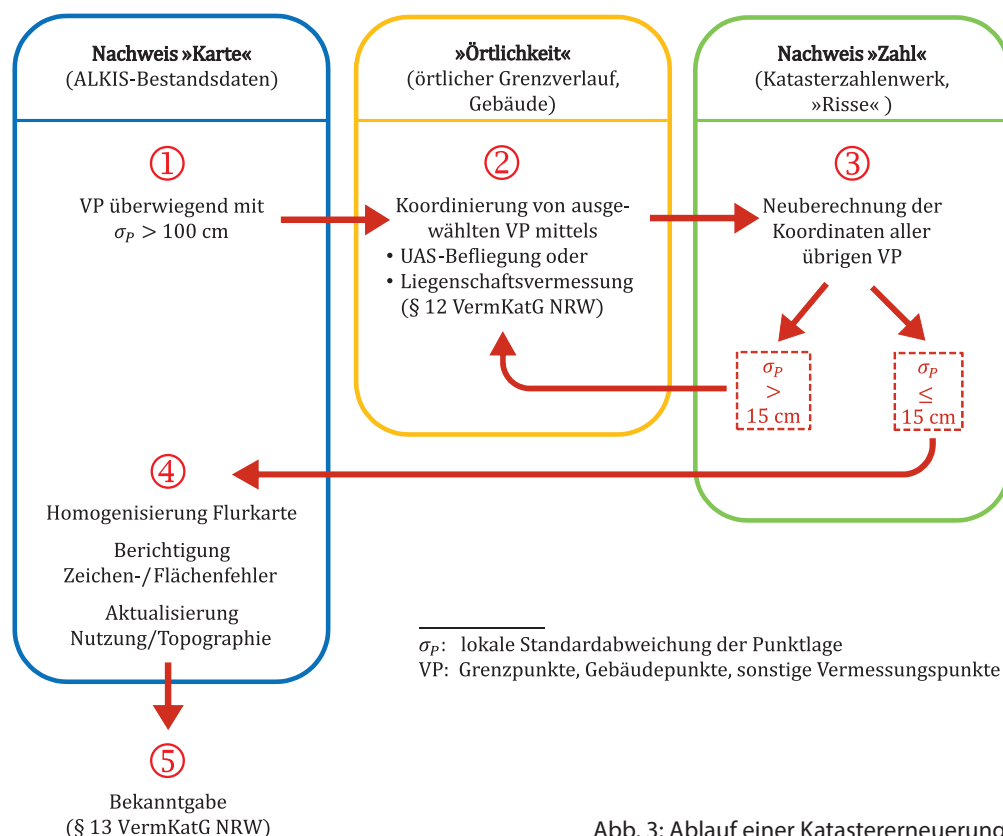


Abb. 3: Ablauf einer Katastererneuerung

sierung ermittelt wurden, durch solche zu ersetzen, deren Koordinaten eine höhere Qualität aufweisen (Nr. 9.2.3.1 Satz 2 LiegKatErl.).

Die Neuberechnung des Katasterzahlenwerks erfolgt mittels Ausgleichungsverfahren. Die Messwerte (Messbandstrecken, rechte Winkel, Geradlinigkeiten, örtliche Koordinaten ...) werden entsprechend ihrer Entstehungsgenauigkeit gewichtet; die a priori Gewichtsansätze sind bei Rembold (2018) angegeben. Die Neuberechnung ist dabei der erste Schritt eines Katastererneuerungsverfahrens. Den Ablauf einer Katastererneuerung in Abhängigkeit der unterschiedlichen Grenznachweise (Örtlichkeit, Zahl, Karte) zeigt Abb. 3.

### 3.2 Verfahren Breckerfeld-Wahnscheid

Nachfolgend werden die Ergebnisse eines Katastererneuerungsverfahrens beschrieben, dessen Anschluss an den amtlichen Raumbezug (ETRS89/DREF91/Realisierung 2016) über mittels UAS photogrammetrisch bestimmte Gebäudepunkte erfolgte.

Das Gebiet des Verfahrens Breckerfeld-Wahnscheid (Stadt Breckerfeld, Gemarkung Breckerfeld, Flur 12; Az. 20-F-022) umfasst eine Fläche von fünf Hektar, die im Wesentlichen von einer kleineren Ortslage mit etwa 40 Gebäudeobjekten geprägt ist.

#### 3.2.1 Befliegung

Die Ortslage wurde zunächst in fünf unterschiedlichen Bildflügen (eine Nadiraufnahme, je eine Obliqueaufnahme pro Himmelsrichtung, Neigungswinkel  $-60^\circ$ ) in 65 m Höhe mit einer Längsüberdeckung von 80 % und einer Querüberdeckung von 70 % überflogen, wobei insgesamt 1894 Bilder aufgenommen wurden.

Zum Einsatz kam ein UAS der Firma SZ DJI Technology Co., Ltd. (Phantom 4 RTK). Der Zweifrequenz-RTK-GNSS-Empfänger empfängt neben den L1-/L2-Frequenzen des GPS- und des GLONASS-Systems auch die B1-/B2-Frequenzen des BeiDou-Systems und die E1-/E5a-Frequenzen des Galileo-Systems; die SAPOS®-HEPS-Korrekturdaten werden über NTRIP empfangen.

Zehn über das Gebiet verteilte Punkte (Kontrollpunkte/Passpunkte) wurden mittels GNSS (SAPOS®-HEPS, Leica GS 16) im amtlichen Raumbezug zweifach bestimmt (lineare Abweichung aus zwei unabhängigen Bestimmungen:  $\varnothing$  0,9 cm, maximal 2,3 cm). Sie wurden dabei zunächst nicht zur Lagerung der Bildflüge, sondern lediglich als reine Kontrollpunkte (Checkpoints CP) benutzt. Ein Vergleich der gemessenen GNSS-Koordinaten mit den photogrammetrisch bestimmten Koordinaten dieser Punkte (je 60 Bildmessungen) ergab eine lineare Abweichung (2D) von durchschnittlich 0,9 cm.

Der mittels Metashape Professional Edition (Agisoft LLC) vorgenommenen photogrammetrischen Auswertung lassen sich folgende Beurteilungsparameter entnehmen:

- durchschnittlicher RMSE-Rückprojektionsfehler der »dünnen Punktwolke« (1.280.000 Verknüpfungspunkte): 0,64 px
- durchschnittlicher Kamera-Projektionsfehler (Average camera location error; RMSE-3D): 1,6 cm
- durchschnittlicher RMSE-3D-Wert für die zehn Passpunkte (Ground Control points GCP): 1,9 cm

Nach der Bündelausgleichung wurden die in den (Schrägluft-)Bildern sichtbaren Gebäudeecken mit Hilfe allgemeiner räumlicher Vorwärtsschnitte im amtlichen Raumbezug koordiniert (Rembold 2020). Dazu wurden durchschnittlich etwa sieben Bildmessungen pro Gebäudeecke durchgeführt. Bei insgesamt 145 koordinierten Gebäudeecken ergab sich ein durchschnittlicher Bildmessfehler von 0,62 px.

Die photogrammetrisch bestimmten Gebäudepunkte werden mit der Genauigkeitsstufe 2200 (Standardabweichung  $\leq 6$  cm) und mit der Deskription »Aus sonstiger Vermessung ermittelt« (DES 1900) geführt. Aufgrund der bei der photogrammetrischen Koordinierung erzielten Genauigkeiten wäre auch eine Vergabe der Genauigkeitsstufe 2100 (Standardabweichung  $\leq 3$  cm) möglich. Da die Gebäudepunkte aber örtlich nicht untersucht wurden und daher eine Nutzung der Gebäudepunkte als Anschlusspunkte für künftige Liegenschaftsvermessungen ausgeschlossen werden soll (vgl. Nr. 33.1.3 ErhE zur Punktdefinition), wird die Genauigkeitsstufe 2200 vergeben.

#### 3.2.2 Neuberechnung des Katasterzahlenwerks

Für die Ortslage liegen insgesamt 24 Fortführungsrisse (Zeitraum von 1896 bis 2019) vor. Alle Vermessungspunkte (Grenzpunkte, besondere Gebäudepunkte) weisen nur eine grafische Genauigkeit (Genauigkeitsstufe GST 3300, Standardabweichung  $\leq 500$  cm) auf. Eine Ausnahme hiervon bilden lediglich 13 Grenzpunkte, die im Jahr 2019 bei einer Grenzvermessung in Koordinatenkatasterqualität (GST 2100, Standardabweichung  $\leq 3$  cm) bestimmt wurden.

Aus den Fortführungsrisse wurden insgesamt 1046 Messbandstrecken (Abszissen, Ordinaten, Steinbreiten, Streben), 229 rechte Winkel, 419 Geradlinigkeiten und 36 örtliche Koordinaten für die Neuberechnung der Gebäudekoordinaten, die nicht photogrammetrisch bestimmt werden konnten, und der Grenzpunktkoordinaten erfasst und entsprechend ihrer Entstehungsgenauigkeit gewichtet. Die Neuberechnung erfolgte mit dem Ausgleichungsprogramm WinKAFKA®. Abb. 4 zeigt das entsprechende Netzbild, in dem die früheren Aufnahmefethoden des Liegenschaftskatasters (Orthogonalverfahren, Einbindeverfahren) deutlich zu Tage treten.

Der Anschluss an den amtlichen Raumbezug erfolgte über 43 photogrammetrisch bestimmte Gebäudepunkte (Kap. 3.2.1) sowie über weitere sieben Vermessungspunkte, die bereits in der Genauigkeitsstufe 2100 vorlagen.

Da die Grenz- und Gebäudepunkte früher in der Regel mittels Orthogonal- oder Einbindeverfahren nachbar-



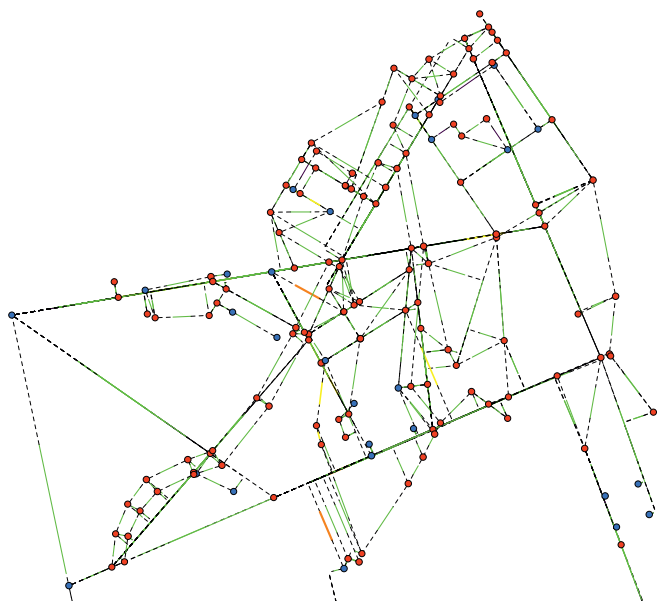


Abb. 4: Netzbild der Neuberechnung, Verfahren Breckerfeld-Wahnscheid (West-Ost-Ausdehnung: 150 m)

schaftlich auf örtliche Messungslinien aufgemessen wurden, ist bei geschlossenen Ortslagen der Anschluss über die vorgenannten Gebäude-/Vermessungspunkte ausreichend. Zusätzliche polar oder satellitengeodätisch bestimmte Anschlusspunkte sind nicht erforderlich.

Die oben genannten Messwerte (Messbandstrecken, rechte Winkel, Geradlinigkeiten, örtliche Koordinaten) wurden dynamisch ausgeglichen und die Anschlusspunkte angemessen wie folgt gewichtet (Standardabweichung der Anschlusskoordinaten):

- 3 cm für die vorhandenen Vermessungspunkte mit Genauigkeitsstufe 2100
- 6 cm für die photogrammetrisch bestimmten Vermessungspunkte

Insgesamt wurden 157 Neupunkte (Grenzpunkte, Gebäudepunkte, sonstige Vermessungspunkte) koordiniert. Der (globale) Helmert'sche mittlere Punktfehler (SP) ergab sich durchschnittlich zu 4 cm (maximal 11 cm), während die lokale Standardabweichung der Punktlage (LSP) durchschnittlich 4 cm beträgt (maximal 28 cm).

Die Überprüfung der a priori Gewichtsansätze erfolgt normalerweise in einer freien Ausgleichung. Bei einer solchen Ausgleichung des Katasterzahlenwerks zeigen sich manchmal Konfigurationsdefekte, die alleine den früher im Liegenschaftskataster eingesetzten Messmethoden (Linien-/Einbindeverfahren, Orthogonalverfahren) geschuldet sind (Rembold 2018). Auch im vorliegenden Fall war deshalb eine freie Ausgleichung nicht möglich. Bezeichnet man die Standardabweichung der beweglichen Anschlusspunkte mit  $\sigma$ , so nähert sich für  $\sigma \rightarrow \infty$  eine dynamische Ausgleichung einer freien Ausgleichung an. Im vorliegenden Fall wurden daher die Anschlusspunktkoordinaten stark abgewichtet (Gewichtseinheitsfaktor der beweglichen Anschlusspunkte  $p = 25$ ). Die Ergebnisse der hiermit berechneten »freien« Ausgleichung sind in Tab. 1 dargestellt.

Bei einer angemessenen Gewichtung der Anschlusspunkte (Gewichtseinheitsfaktor  $p = 1$ ) ergab sich die a posteriori Standardabweichung der Gewichtseinheit für die Beobachtungsgruppe der dynamischen Anschlusspunkte zu 0,82.

Die neu berechneten Koordinaten der Vermessungspunkte (Grenzpunkte, Gebäudepunkte, sonstige Vermessungspunkte) werden einheitlich mit der Genauigkeitsstufe 2300 (Standardabweichung  $\leq 10$  cm) und der Deskription »Aus Katastervermessung mit unzureichender Lagegenauigkeit« (DES 1040) geführt.

Tab. 1: Ergebnisse der Varianzkomponentenschätzung, Verfahren Breckerfeld-Wahnscheid

Beobachtungstyp	Gewichtsansatz (Rembold 2018)	n	$\Sigma r$	$\hat{\sigma}_{\text{einzel}}$	$\hat{\sigma}_{\text{Gruppe}}$
Messbandstrecken aus Bestimmungsjahr	1896–1954	532	141,55	0,79	0,73
	1955–1995	490	160,94	0,66	
	ab 1996	24	2,18	n. b.	
Rechte Winkel	Ungünstige Verhältnisse	125	54,02	0,61	0,61
	Günstige Verhältnisse	102	45,30	0,61	
	Polarverfahren	2	0,51	n. b.	
Geraden	Ungünstige Verhältnisse	236	121,91	0,73	0,66
	Günstige Verhältnisse	176	96,36	0,57	
	Polarverfahren	7	1,70	n. b.	
Örtliche Koordinaten (Bestimmungsjahr 2005)	2 cm	36	10,08	0,68	0,68
n	Anzahl der Beobachtungen				
$\Sigma r$	Summe der Teilredundanzen				
n. b.	nicht berechnet, da $\Sigma r < 3$ oder $\Sigma r/n < 0,2$ (WinKafka 2020)				
$\hat{\sigma}_{\text{einzel/Gruppe}}$	a posteriori Standardabweichung der Gewichtseinheit für den einzelnen Gewichtsansatz beziehungsweise für die Beobachtungsgruppe				

### 3.2.3 Homogenisierung

Im nächsten Schritt wurde die Flurkarte an die neu bestimmte, lagerichtige Geometrie aus der Neuberechnung (Kap. 3.2.2) – unter Berücksichtigung des Prinzips der Nachbarschaft und unter gleichzeitigem Erhalt der geometrischen Bedingungen – angepasst (Homogenisierung, vgl. Nr. 9.2.3.1 LiegKatErl.).

Die Homogenisierung erfolgte mit dem Programm KATHOM (Hettwer 2003). Die Beobachtungen des Gauß-Markoff-Modells der Homogenisierung sind

- die grafischen (digitalisierten) Koordinaten der zu transformierenden Punkte (Genauigkeitsstufe GST 3300, Standardabweichung  $\leq 500$  cm) im Startsystem ETRS89/UTM32,
- die Beobachtungen zur Realisierung der geometrischen Bedingungen und
- die fingierten Beobachtungen zwischen benachbarten Punkten zur Gewährleistung der Nachbarschaft (hybrider Anpassungsansatz; hierzu und zum funktional-stochastischen Modell siehe Hettwer 2003).

Die geometrischen Bedingungen werden dabei mit vergleichsweise hohem Gewicht in die Ausgleichung eingeführt; so werden die a priori Standardabweichungen zum Beispiel für Geraden- und Rechtwinkelbedingungen in der Regel  $< 1$  cm gewählt. Die Koordinaten der transformierten Punkte im Zielsystem ETRS89/UTM32 einerseits und die Parameter der dem funktionalen Modell zugrundeliegenden 5-Parameter-Transformation andererseits stellen die unbekannten Parameter dar.

Die Gesamthomogenisierung (bestehend aus drei Teilhomogenisierungen) ergab Verschiebungen der grafischen Koordinaten in der Größenordnung von durchschnittlich 1,1 m, wobei 35 % der transformierten Punkte weniger als 0,5 m, 41 % der transformierten Punkte zwischen 0,5 m und 1,5 m und 24 % der transformierten Punkte zwischen 1,5 m und 4,6 m (Maximalwert) verschoben wurden.

Bei der weiteren Bearbeitung im Anschluss an die Homogenisierung wurden vier Flächenfehler und zwei Zeichenfehler korrigiert und für insgesamt 16 Flurstücke die Angaben zur tatsächlichen Nutzung beziehungsweise die Lagebezeichnungen aktualisiert.

### 3.2.4 Dokumentation

Eine Dokumentation der Ergebnisse eines Katastererneuerungsverfahrens ist in Nordrhein-Westfalen – genauso wie die bei der Katastererneuerung einzusetzenden Methoden und zu erzielenden Genauigkeiten – in Verwaltungsvorschriften nicht geregelt. Es greift daher der in Nr. 1.6.1 S. 1 ErhE enthaltene Grundsatz, dass die Erhebung der Geobasisdaten so zu dokumentieren ist, dass die Ergebnisse und die durchgeführten Arbeitsschritte nachvollziehbar sind.

Die Dokumentation der photogrammetrisch bestimmten Gebäudepunkte erfolgt in einem Fortführungsriß (Abb. 5) und in den hierzu gehörenden Vordrucken der Anlage 8 ErhE (Blätter A, B1 und D; siehe im Einzelnen Rembold 2020). Ergänzend werden weitere Angaben wie zum Beispiel zur Kamera-Kalibrierung, zu den Kamerapositionen und den Passpunkten in einem aus der verwendeten Software Metashape Professional Edition (Agisoft LLC) erstellten Bericht nachgewiesen.

Die Berechnungsunterlagen für die Neuberechnungen (Programm WinKAFKA®, Kap. 3.2.2) und die Homogenisierungen (Programm KATHOM, Kap. 3.2.3) werden einschließlich grafischer Übersichten unter Beachtung der in § 25 Abs. 2 DVOzVermKatG NRW genannten Kriterien ausschließlich elektronisch gespeichert.

Lediglich ein Deckblatt mit den erforderlichen Bescheinigungen (Eignungsprüfung und fachtechnische Qualifizierung, Nrn. 6 und 9 LiegKatErl.) wird wegen der Unterschriftserfordernisse noch analog erstellt und nach Abschluss eines Katastererneuerungsverfahrens digital im Geschäftsbuch abgelegt.



Abb. 5: Fortführungsriß (Ausschnitt)

## 4 Zusammenfassung

Nach wie vor besteht ein zum Teil erheblicher Bedarf, das Liegenschaftskataster zu erneuern. Dies betrifft vor allem die Aktualität der Geobasisdaten und die Qualität der Grenzpunkt- und Gebäudekoordinaten. Zur Erfüllung der Zweckbestimmung des Liegenschaftskatasters muss Koordinatenkatasterqualität für die vorgenannten Vermessungspunkte nicht das Maß aller Dinge sein.

Da die Aufgabenerfüllung des amtlichen Vermessungswesens ständig dem Fortschritt von Wissenschaft und Technik anzupassen ist (§ 1 Abs. 1 Satz 2 VermKatG NRW), liegt es nahe, die Einsatzmöglichkeiten moderner Erhebungsverfahren wie UAS auch für die Katastererneuerung auszuloten.

Die mittels UAS photogrammetrisch im ETRS89/UTM32 bestimmten Gebäudekoordinaten und die sich daran anschließende Neuberechnung des Katasterzahlenwerks führten in den betrachteten Fällen (kleine Ortslagen, grafische Koordinaten, überwiegend orthogonaler Katasternachweis) zu einer vollständigen, für die Nutzerbelange hinreichend genauen und Nachbarschaftsbeziehungen berücksichtigenden Koordinierung der Vermessungspunkte. Auf die Durchführung örtlicher Liegenschaftsvermessungen konnte – mit Ausnahme der mittels SAPOS® bestimmten photogrammetrischen Kontrollpunkte – vollständig verzichtet werden. Im Endergebnis entsprechen die Geobasisdaten des Liegenschaftskatasters nunmehr den Anforderungen, die aufgrund der Zweckbestimmung und des Aktualitätsgebotes an sie gestellt werden (§ 1 Abs. 3, § 11 Abs. 1 VermKatG NRW).

Im Weiteren wäre das gewählte Verfahren noch näher bezüglich der Art und Weise der Koordinierung der Gebäudepunkte zu untersuchen. Zwischen einer photogrammetrischen Koordinierung aller (sichtbaren) Gebäudepunkte und einer Minimal-Koordinierung mit zusätzlichen geometrischen Homogenisierungsbedingungen (Geraden, Parallelen, rechte Winkel) sind mehrere Verfahrensvarianten denkbar. Hier ist dasjenige Verfahren zu finden, das sich unter Beachtung der Nutzeranforderungen am effizientesten herausstellt.

### Literatur

- Deutscher Bundestag (2021): Gesetzentwurf der Bundesregierung, Entwurf eines Gesetzes zur Anpassung nationaler Regelungen an die Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24.05.2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge, Drucksache 19/28179.
- Eschbach, P., Nortmann, U. (2021): Nationale Regelungen Unbemannte Luftfahrt – Deutschland. Die neue Luftverkehrsgesetzgebung im Spiegelbild der geltenden EU-Regelwerke für UAS in Deutschland. Dachau.
- Gröhn, K. (2017): Der ordnungsbehördliche Einsatz von Kameradrohnen. In: Baurecht, Heft 10/2017, 48. Jg., 1614–1622.
- Hettwer, J. (2003): Numerische Methoden zur Homogenisierung großer Geodatenbestände. Veröffentlichungen des Geodätischen Instituts der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Nr. 60. Aachen.
- Möstl, M., Schwabenbauer, T. (Hrsg.) (2021): Beck'scher Online-Kommentar Polizei- und Sicherheitsrecht Bayern, PAG Art. 47 Rn. 17. München.

- Rademacher, M. (2017): Rechnerische Erneuerung des Liegenschaftskatasters bei der Stadt Essen. Bachelorarbeit (n.v.). Bochum.
- Rembold, M. (2017): »Hauptsache, daß es fertig werde« – Zur Erneuerung des Liegenschaftskatasters. In: NÖV – Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungswesen Nordrhein-Westfalen, Heft 1/2017, 50. Jg., 26–45.
- Rembold, M. (2018): Gewichtsansätze bei der Ausgleichung von altem Katasterzahlenwerk. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 4/2018, 143. Jg., 233–241. DOI: 10.12902/zfv-0216-2018.
- Rembold, M. (2020): Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen im Liegenschaftskataster. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 6/2020, 145. Jg., 357–363. DOI: 10.12902/zfv-0311-2020.
- WinKafka (2020): Programmsystem Kafka, Komplexe Analyse flächenhafter Kataster-Aufnahmen, Handbuch zur Windows-Version 8.2.0. Aachen.

### Rechtsquellen und Verwaltungsvorschriften (chronologisch)

- Bekanntmachung der Neufassung des Gesetzes über die Landesvermessung und das Liegenschaftskataster (Vermessungs- und Katastergesetz – VermKatG NW) vom 30.05.1990 (GV. NW. S. 360).
- Gesetz über die Landesvermessung und das Liegenschaftskataster (Vermessungs- und Katastergesetz – VermKatG NRW) vom 01.03.2005 (SGV. NRW. 7134), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 01.12.2020 (GV. NRW. S. 1109).
- Verordnung zur Durchführung des Gesetzes über die Landesvermessung und das Liegenschaftskataster (DVOzVermKatG NRW) vom 25.10.2006 (SGV. NRW. 7134), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 09.12.2019 (GV. NRW. S. 985).
- Die Führung des Liegenschaftskatasters in Nordrhein-Westfalen (Liegenschaftskatastererlass – LiegKatErl.), Runderlass des Innenministeriums vom 13.01.2009 (SMBL. NRW. 71342), zuletzt geändert durch Runderlass vom 27.09.2019 (MBL. NRW. 2019, S. 512).
- Luftverkehrs-Ordnung vom 29.10.2015 (BGBl. I S. 1894), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14.06.2021 (BGBl. I S. 1766).
- Verordnung (EU) 2018/1139 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 04.07.2018 zur Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Zivilluftfahrt und zur Errichtung einer Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit sowie zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 2111/2005, (EG) Nr. 1008/2008, (EU) Nr. 996/2010, (EU) Nr. 376/2014 und der Richtlinien 2014/30/EU und 2014/53/EU des Europäischen Parlaments und des Rates, und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 552/2004 und (EG) Nr. 216/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EWG) Nr. 3922/91 des Rates (ABl. L 212 vom 22.08.2018, S. 1).
- Delegierte Verordnung (EU) 2019/945 der Kommission vom 12.03.2019 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme (ABl. L 152 vom 11.06.2019, S. 1), geändert durch delegierte Verordnung (EU) 2020/1058 der Kommission vom 27.04.2020 (ABl. L 232 vom 20.07.2020, S. 1).
- Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24.05.2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge (ABl. L 152 vom 11.06.2019, S. 45), zuletzt geändert durch Durchführungsverordnung (EU) 2020/746 der Kommission vom 04.06.2020 (ABl. L 176 vom 05.06.2020, S. 13).
- Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, zuletzt geändert durch Artikel 1 und 2 des Gesetzes vom 29.09.2020 (BGBl. I S. 2048).
- Gesetz zur Anpassung nationaler Regelungen an die Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24.05.2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge vom 14.06.2021 (BGBl. I S. 1766).

### Kontakt

Dr.-Ing. Markus Rembold  
c/o Ennepe-Ruhr-Kreis, Abteilung Liegenschaftskataster und Geoinformationen, Hauptstraße 92, 58332 Schwelm  
m.rembold@en-kreis.de