

Digitalisierung, Visualisierung und Automatisierung der Fachbauüberwachung im Rahmen von Erdbaumaßnahmen

Digitale Erfassung, Auswertung und Darstellung von Prüfwerten im Erdbau in einem Geoinformationssystem

M. Eng. Jonas Vorschel

Arcadis Germany GmbH, Darmstadt, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schmitt

Hochschule Darmstadt, Darmstadt, Deutschland

Dr.-Ing. Torben Treffeisen

Arcadis Germany GmbH, Darmstadt, Deutschland

Zusammenfassung

Die Digitalisierung eröffnet neue Möglichkeiten für die Fachbauüberwachung im Erdbau, die bislang durch analoge, langsame und fehleranfällige Prozesse geprägt war. Der vorgestellte Workflow beschreibt eine durchgängige digitale Prozesskette: von der Vorbereitung mit zentraler Datenbank und versuchsartspezifischen Eingabemasken über die direkte digitale Erfassung vor Ort mittels GIS und mobiler Endgeräte bis hin zur automatisierten Auswertung in einer konsolidierten Datenbank und innovativen, visuellen Verifikation. Die Visualisierung im GIS ermöglicht eine lagegenaue Darstellung der Versuchspunkte, eine Symbolisierung nach Versuchsart und Bearbeitungsstand sowie eine Aggregation zu Prüfflächen für eine flächenhafte Bewertung der Bauqualität. Damit wird die Fachbauüberwachung effizienter, transparenter und nachvollziehbarer. Der für den Erdbau entwickelte Ansatz ist auf andere (Fach-)Bauüberwachungsbereiche übertragbar und schafft die Grundlage für standardisierte digitale Verfahren, die die digitale Transformation der Geotechnik nachhaltig vorantreiben.

1. Einführung

Die Digitalisierung hat das Bauwesen in den letzten Jahren maßgeblich verändert. Dies deckt sich mit den Ergebnissen einer Branchenumfrage, in der die größten Digitalisierungspotenziale innerhalb der Bauwirtschaft in der Logistik und der Bauausführung gesehen werden, bei der Bauausführung in Form von Automation [1]. Während sich Building Information Modeling (BIM) im Hochbau bereits etabliert hat, wird die Geotechnik bislang nur punktuell in digitale Prozesse eingebunden. Der Arbeitskreis 2.14 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) widmet sich seit 2018 der Entwicklung von BIM-Baugrundmodellen und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur digitalen Transformation des Fachgebiets [2].

Ein bislang wenig beleuchteter Bereich ist die Fachbauüberwachung im Erdbau – ein zentrales Element der geotechnischen Qualitätssicherung. Gerade bei großflächigen Geländeaufschüttungen ist eine präzise und nachvollziehbare Kontrolle der Verdichtungsqualität unerlässlich. In der Praxis ist die Fachbauüberwachung jedoch häufig durch analoge, nicht standardisierte und fehleranfällige Prozesse geprägt. Die manuelle Erfassung und Auswertung von Prüfprotokollen sowie die fehlende Lagebezugsnahme

erschweren die Nachvollziehbarkeit und verzögern den Informationsfluss.

Durch die zunehmende Verfügbarkeit digitaler Werkzeuge wie BIM, GIS und cloudbasierter Anwendungen ergeben sich neue Möglichkeiten, die Fachbauüberwachung effizienter und transparenter zu gestalten. Ein digitaler, automatisierter und visuell unterstützter Workflow kann die Qualität der Dokumentation verbessern und die Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten erleichtern.

Ziel dieses Beitrags ist die Vorstellung eines idealisierten digitalen Workflows für die Fachbauüberwachung im Erdbau. Der Ansatz basiert auf technischen und organisatorischen Überlegungen und beschreibt einen übertragbaren Prozess zur lagegenauen Erfassung, automatisierten Auswertung und intuitiven Visualisierung geotechnischer Prüfwerte.

2. Idealisierter Workflow

Die nachfolgenden Kapitel erläutern die Anforderungen an eine moderne Fachbauüberwachung, die technischen Komponenten des Workflows sowie die sich daraus ergebenden Potenziale für die geotechnische Praxis.

2.1 Vorbereitung

Für einen reibungslosen Ablauf der digitalen Dokumentation der Fachbauüberwachung ist eine sorgfältige Vorbereitung unerlässlich. Insbesondere die Erfassung und Verwaltung geotechnischer Versuchsdaten stellt hohe Anforderungen an die Struktur und Qualität der zugrunde liegenden Datenbasis. Informationen müssen dabei maschineninterpretierbar abgelegt sein und nicht ausschließlich in textlicher Form [3].

Da die geotechnische Qualitätssicherung im Erdbau überwiegend auf Prüfverfahren basiert, entsteht eine große Menge an Messdaten. Zur strukturierten Erfassung und Verwaltung dieser Daten empfiehlt sich die Nutzung einer zentralen Datenbank, die alle relevanten Informationen zusammenführt und für die weitere Verarbeitung bereitstellt [4].

Für eine intuitive und fehlerarme Dateneingabe sollte die Datenbank auf die wesentlichen Informationen beschränkt sein. Gleichzeitig müssen die unterschiedlichen Versuchsarten berücksichtigt werden, die je nach Projektanforderung zum Einsatz kommen. Um trotz dieser Vielfalt eine benutzerfreundliche Eingabe zu ermöglichen, bieten sich versuchsartspezifischer Eingabemasken an, die mit Teil-Datenbanken verknüpft sind. Diese enthalten jeweils nur die relevanten Parameter.

Diese Teil-Datenbanken können automatisiert in eine zentrale Datenbank konsolidiert werden [s. Abb. 1], wodurch sowohl eine detaillierte Einzelbetrachtung als auch eine übergreifende Gesamtdarstellung der Prüfwerte ermöglicht wird. Die Konsolidierung wird erheblich erleichtert, wenn alle Teil-Datenbanken ein einheitliches Layout aufweisen – insbesondere hinsichtlich Struktur, Feldnamen und Datenformaten.

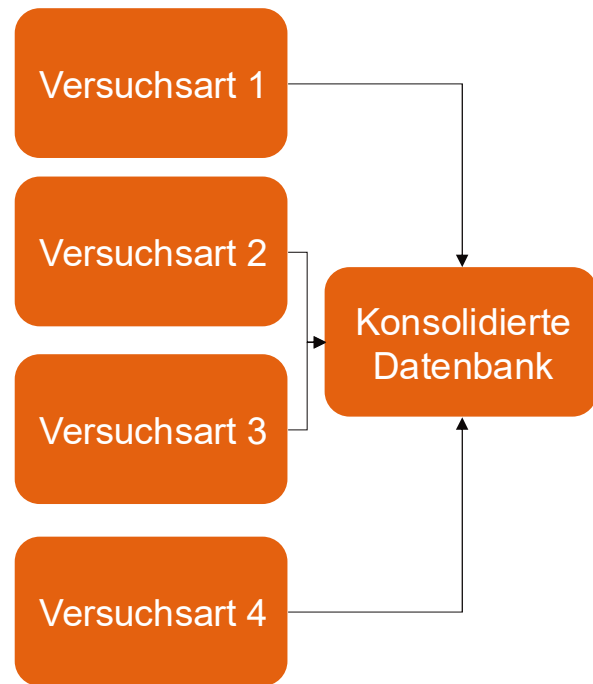


Abb. 1: Zusammenführen von Teil-Datenbanken für im Erdbau relevante Versuchsarten zu einer Gesamtdatenbank

Daher empfiehlt es sich, die Datenstruktur der zentralen Datenbank vorab als Vorlage zu entwerfen und daraus die Teil-Datenbanken abzuleiten. Die benutzerfreundliche Eingabe kann anschließend durch das Ausblenden irrelevanter Felder in den jeweiligen Eingabemasken realisiert werden. So bleibt die Eingabe übersichtlich und auf das Wesentliche fokussiert, ohne die Konsistenz der Datenbasis zu gefährden. Gleichzeitig fungiert sie für den Bearbeiter als eine Art „Guidance“, sodass dieser durch alle für die Auswertung relevanten Felder geführt wird.

Die konsolidierte Datenbank sichert zum einen alle relevanten Daten, digital und zentral. Zum anderen bildet sie die Grundlage für die automatisierte Visualisierung im GIS. Sie ermöglicht die Verknüpfung von Attributdaten mit räumlichen Informationen und schafft damit die Voraussetzung für eine transparente und nachvollziehbare Darstellung des geotechnischen Qualitätsstandes. Darüber hinaus schafft die zentrale digitale Datenbasis die Voraussetzung für weiterführende Automatisierungen, beispielsweise bei der Auswertung geotechnischer Daten oder der teilautomatisierten Erstellung prüfungsrelevanter Berichte und Pläne.

2.2 Datenerfassung

Die Erfassung geotechnischer Versuchsdaten ist ein zentraler Bestandteil der Fachbauüberwachung im Erdbau. In der aktuellen Praxis erfolgt sie häufig manuell: Versuchspunkte werden im besten Fall eingemessen, in vielen Fällen jedoch lediglich auf

Papierplänen markiert. Versuchsergebnisse werden in PDF-Protokollen bereitgestellt und relevante Kennwerte anschließend händisch in – wenn vorhanden – Excellisten oder Datenbanken übertragen. Diese Vorgehensweise ist fehleranfällig, zeitaufwendig und nicht mehr zeitgemäß. Insbesondere bei umfangreichen Projekten mit einer hohen Prüfanzahl steigt der Aufwand erheblich, zumal die Datenaufbereitung oft nicht durch die prüfende Person selbst erfolgt, wodurch Übertragungsfehler häufiger auftreten können.

Ein zentraler Bestandteil eines modernen Workflows ist daher der Einsatz eines Geoinformationssystems (GIS), das die lagegenaue Dokumentation der Versuchspunkte ermöglicht und gleichzeitig als Plattform für die Visualisierung und Auswertung dient [s. Abb. 2]. Die manuelle Erfassung auf Papierplänen sollte durch eine direkte digitale Erfassung ersetzt werden – idealerweise über mobile Endgeräte mit GPS-Funktionalität. So lassen sich Versuchspunkte bereits während der Durchführung der Prüfungen präzise verorten und im Idealfall direkt und automatisiert in die dahinterliegende GIS-Datenbank überführen.

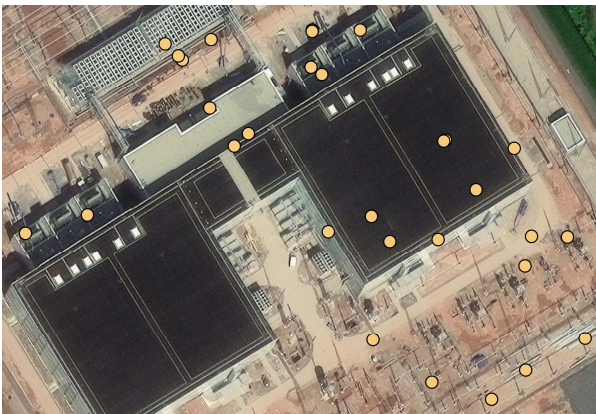


Abb. 2: Visualisierung georeferenzierter Versuchspunkte in ein digitales GIS-Modell zur Qualitätssicherung im Erdbau

Darüber hinaus sollte auch die Eingabe der Prüfwerte direkt am Ort der Bauausführung erfolgen. Anstatt die Ergebnisse zunächst handschriftlich zu notieren und später manuell in digitale Formate zu übertragen, bietet sich eine strukturierte, georeferenzierte und digitale Eingabe in die Teil-Datenbank an. Die direkte Eingabe durch die prüfende Person reduziert nicht nur den zeitlichen Aufwand, sondern minimiert auch potenzielle Fehlerquellen bei der Datenübertragung. Gleichzeitig stehen die Daten in Echtzeit für Auswertungen und Visualisierungen zur Verfügung.

Technisch lässt sich dies durch den Einsatz mobiler Endgeräte wie Tablets oder Smartphones realisieren, die mit geeigneter Software ausgestattet sind. GIS-basierte Field-Apps ermöglichen die Kombination aus GPS-

gestützter Lageerfassung und strukturierter Eingabe prüfungsrelevanter Kennwerte. Die Versuchspunkte werden automatisch georeferenziert und mit den zugehörigen Attributdaten verknüpft.

Die direkte digitale Erfassung der Versuchspunkte und Prüfwerte stellt somit einen entscheidenden Schritt zur Effizienzsteigerung in der Fachbauüberwachung dar. Durch die Kombination aus GPS-gestützter Lageerfassung und strukturierter Eingabe prüfungsrelevanter Kennwerte wird nicht nur die Datenqualität verbessert, sondern auch der Informationsfluss erheblich beschleunigt. Die erfassten Daten stehen unmittelbar für die weitere Verarbeitung zur Verfügung und bilden die Grundlage für eine konsistente, transparente und automatisierte Auswertung im weiteren Verlauf des digitalen Workflows.

2.3 Automatisierte, visuelle Auswertung

Sobald die Versuchsdaten direkt vor Ort digital erfasst wurden, beginnt der nächste Schritt im idealisierten Workflow: die automatisierte Auswertung der Prüfwerte mit anschließender Visualisierung. Das Ziel besteht darin, die geotechnischen Informationen nicht nur tabellarisch, sondern auch räumlich und visuell aufzubereiten – verständlich für Fachleute ebenso wie für fachfremde Projekt-Beteiligte.

Die automatisierte Auswertung in der konsolidierten Datenbank basiert auf vordefinierten Prüfregeln, die je nach Versuchsart und projektspezifischen Anforderungen hinterlegt sind. Diese Regeln prüfen beispielsweise, ob Verdichtungsgrade eingehalten wurden, ob die Korngrößenverteilung den Vorgaben entspricht oder ob Verformungsmodule innerhalb der zulässigen Toleranzen liegen. Somit ist für jeden Versuch nachvollziehbar, ob die Vorgaben eingehalten oder nicht eingehalten sind.

Für die Verständlichkeit sollten die Attributdaten, aus der konsolidierten Datenbank so ins GIS importiert werden, dass nur die für die jeweilige Versuchsart relevanten Daten übertragen werden. Bei einer Abfrage der Versuchspunkte im GIS ist dadurch sichergestellt, dass die einzelnen Punkte nicht mit irrelevanten Attributen überladen sind.

Die visuelle Darstellung erfolgt über ein GIS, das die Versuchspunkte lagegenau auf digitalen Lageplänen oder Luftbildern abbildet. Jeder Versuchspunkt wird dabei mit einer Symbolisierung versehen, die sowohl die Versuchsart als auch den Auswertungsstatus repräsentiert. Die Wahl unterschiedlicher Formen für die Versuchsarten ermöglicht eine klare visuelle Unterscheidung [s. Tab. 1].

Tab. 1: Symbolisierung von Versuchsarten durch geometrische Formen

Versuchs- art 1	Versuchs- art 2	Versuchs- art 3	Versuchs- art 4
			

Die Färbung der Formen nach Auswertungstatus erlaubt eine schnelle Interpretation, ob ein Versuchspunkt die erforderlichen Richtwerte eingehalten hat oder nicht. [s. Tab. 2]

Tab. 2: Symbolisierung vom Auswertungstatus durch Farben

Versuchs- art 1	Versuchs- art 2	Versuchs- art 3	Versuchs- art 4
			
Ja	Ja	Ja	Ja
			
Nein	Nein	Nein	Nein

Die reine Visualisierung des Auswertungstatus deckt jedoch die Komplexität und Vielfalt der realen Szenarien nicht ausreichend ab. Daher sind praxisnahe Bearbeitungsstände zu definieren, die typische Situationen aus der Baupraxis berücksichtigen und eine differenziertere Betrachtung der Versuchspunkte ermöglichen, z. B.:

- Bestanden
- Nicht Bestanden
- Toleranzbereich
- Veraltet

Wie die Bearbeitungsstände „Bestanden“ und „Nicht Bestanden“, die dem Auswertungstatus entsprechen, werden auch die weiteren Bearbeitungsstände anhand der Attributdaten automatisiert ermittelt.

Beim Bearbeitungsstand „Toleranzbereich“ können vereinbarte Abweichungen von den Anforderungen berücksichtigt werden.

Der Bearbeitungsstand „Veraltet“ tritt auf, wenn infolge nicht bestandener Versuche, eine Nachbearbeitung der Fläche durch die ausführende Firma stattgefunden hat und anschließend eine Nachprüfung durchgeführt wurde. Dadurch ist der ursprüngliche Versuch nicht mehr aktuell und somit irrelevant.

Die automatisierte Ermittlung des Bearbeitungsstands für einen Versuchspunkt lässt sich anhand eines Flussdiagramms darstellen [s. Abb. 3].



Abb. 3: Flussdiagramm für die automatisierte Ermittlung des Bearbeitungszustands eines Versuchspunkts

Für die visuelle Differenzierung erhält jeder Bearbeitungsstand eine eigene Farbe, dies verbessert die Übersichtlichkeit bei einer großen Anzahl von Versuchspunkten gegenüber einer reinen Berücksichtigung des Auswertungstatus [s. Abb. 4].

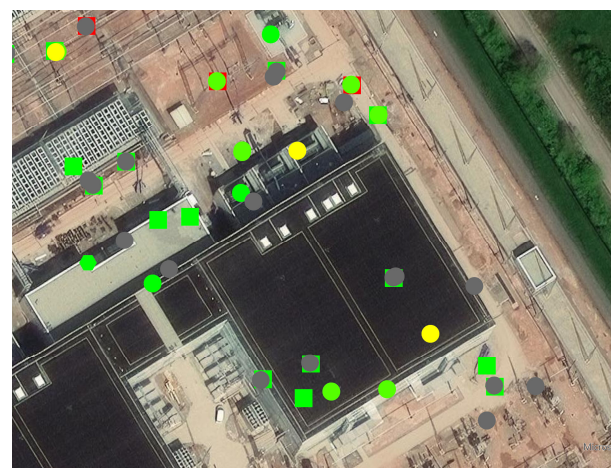


Abb. 4: Symbolisierung nach Versuchsart und Bearbeitungsstand

Darüber hinaus können die Versuchspunkte zu Prüfflächen zusammengefasst werden, die als Flächenobjekte im GIS dargestellt werden. Die Aggregation der Versuchsergebnisse innerhalb eines Prüffloes erlaubt eine flächenhafte Bewertung der Bauqualität [s. Abb. 5].

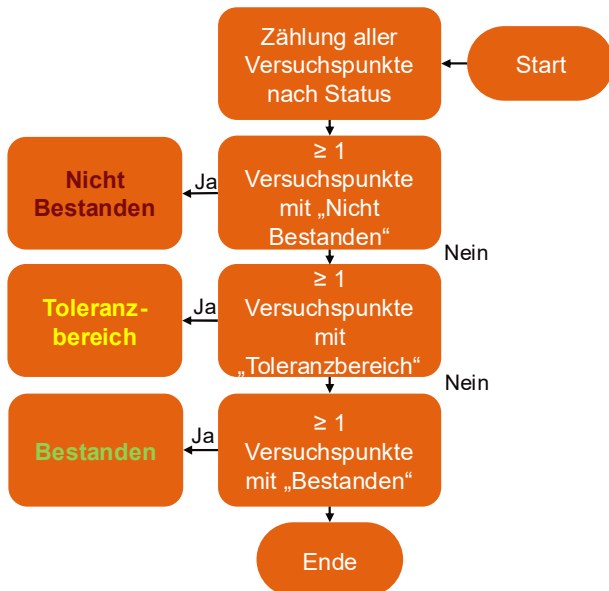


Abb. 5: Flussdiagramm für Bestimmung des Bearbeitungsstands für Prüfflächen

Auch hier erfolgt die Visualisierung automatisiert und richtet sich nach dem gültigen Status der enthaltenen Prüfungen [s. Abb. 6].



Abb. 6: Symbolisierung des Bearbeitungsstands der Prüfflächen anhand Versuchsart 3

3. Fazit

Der vorgestellte Workflow zeigt, wie sich die Fachbauüberwachung im Erdbau durch den Einsatz digitaler Prozesse effizienter, transparenter und weniger fehleranfällig gestalten lässt. Die direkte digitale Erfassung vor Ort, die zentrale Datenhaltung und die automatisierte Auswertung bilden eine durchgängige Prozesskette, die den Informationsfluss erheblich beschleunigt und die Qualität der Dokumentation verbessert. Ein entscheidender Bestandteil ist die visuelle Aufbereitung der Ergebnisse im GIS: Sie ermöglicht eine lagegenaue Darstellung der Versuchspunkte, eine intuitive Symbolisierung nach Versuchsart und Bearbeitungsstand sowie die Aggregation zu Prüffloes für eine flächenhafte Bewertung der Bauqualität in Echtzeit.

Über den hier dargestellten Workflow hinaus verdeutlicht der Ansatz einen generellen Trend in der Geotechnik: die zunehmende Integration von GIS, Datenbanken und Automatisierung in die Baupraxis. Diese Entwicklung bringt nicht nur Vorteile für einzelne Projekte mit sich, sondern legt die Grundlage für standardisierte digitale Verfahren, die branchenweit eingesetzt werden können.

Dadurch wandelt sich die Fachbauüberwachung von einem analogen, fragmentierten Prozess zu einem integralen Bestandteil der digitalen Bauwerksdokumentation. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für Qualitätssicherung, Kommunikation und Nachvollziehbarkeit und trägt dazu bei, die digitale Transformation im Bauwesen auch in der Geotechnik nachhaltig voranzutreiben.

Literatur

- [1] ROLAND BERGER (2023): *Digitalisierung der europäischen Bauwirtschaft – Der europäische Weg zu Construction 4.0*.
- [2] DIGITAL-MAGAZIN.DE: *Digitalisierung - Was ist das? Die Definition, einfach erklärt*, <https://digital-magazin.de/digitalisierung-definition/>, Abfragedatum: 10.11.2025.
- [3] BARTNITZEK, L.; TILGER, K. (2023): *Anforderungen an den Datenaustausch Baugrundmodell*, Bundesanstalt für Wasserbau, Kolloquium Digitalisierung in der Geotechnik, 23. Januar 2020, Karlsruhe, S. 57-63.
- [4] DVW E. V. – GESELLSCHAFT FÜR GEODÄSIE, GEOINFORMATION UND LANDMANAGEMENT (Hrsg.) (2025): *Leitfaden Geodäsie und BIM, Version 5.0*.