

# **Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund**

## **Teil A3: Aufgeständerte Gründungspolster**

FA 89.050

Forschungsstelle: GTU Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover  
Bearbeiter: Beilke, O. / Rogner, J. / Stelter, J.  
Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach  
Abschluss: April 2001

### **1. Aufgabenstellung**

Ziel der Forschungsarbeit "Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund, Teil A3 – Verfahren mit aufgeständerten Gründungspolstern" ist die Dokumentation des "Standes der Technik" und der gegenwärtigen Entwicklung.

Die Dokumentation umfasst eine allgemeine Verfahrensbeschreibung und eine Beschreibung eines Berechnungsverfahrens mit allgemeinen Angaben zu erforderlichen Standsicherheits- und Verformungsberechnungen sowie Erläuterungen zum Ansatz von Sicherheitsbeiwerten.

Die geforderten Standsicherheits- und Verformungsberechnungen für Bauzustände und den Gebrauchszustand sind an vorgegebenen Fallbeispielen zu führen. Damit die verschiedenen Verfahren miteinander verglichen werden können, wurden die Standsicherheitsberechnungen für vom Auftraggeber vorgegebene Fallbeispiele durchgeführt. Für diese Fallbeispiele wurden ein Querschnitt RQ 26, Bauklasse I, eine Böschungsneigung von 1 : 1,5 und Dammhöhen von 1,5 m, 4 m und 8 m vorgegeben. Für die Boden- und Grundwasserverhältnisse wurden mehrere Profile mit unterschiedlichen Mächtigkeiten der wenig tragfähigen Schichten vorgegeben. Für die wenig tragfähigen Böden wurden bodenmechanische Kennwerte vorgegeben, wobei die Kennwerte auch für eine Bodenart variiert wurden, um ein unterschiedliches Tragverhalten der jeweiligen Bodenart abzubilden.

Ein weiterer Teil der Arbeit umfasst den Bericht zu bereits ausgeführten Baumaßnahmen. Hierzu gehören insbesondere die Dokumentation der Bauausführung und der Ergebnisse von baubegleitend und nach Verkehrsfreigabe durchgeführten Messungen.

Weiterhin sind besondere Maßnahmen bei angrenzender oder bei kreuzender Bebauung zu beschreiben sowie die Kosten für die Hauptpositionen zu ermitteln und zusammenzustellen.

Abschließend werden technisch und ökologisch begründete Anwendungsgrenzen und Vorteile der aufgeständerten Gründungspolster gegenüber anderen Bauweisen aufgeführt und die Einflüsse aus den Randbedingungen bewertet. Zu den zu betrachtenden Randbedingungen zählen unter anderem die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse, die Höhe der Gradienten über Gelände, die Verkehrsbelastung und Bedeutung der Straße, die Verfügbarkeit geeigneter Baustoffe und Deponieflächen, die Bauzeit sowie ökologische Vorgaben und eine angrenzende Bebauung.

### **2. Untersuchungsmethodik**

Aufgeständerte Gründungspolster sind eine Verbundkonstruktion aus horizontalen lastverteilenden Tragschichten (geogitterbewehrte Tragschicht) und vertikalen Traggliedern (Pfähle). Im Bereich der Dammaufstandsfläche werden die vertikalen Spannungen aus Eigengewicht und aus Verkehrslast über die hori-

zontale Tragschicht in die vertikalen Pfahlelemente und den tragfähigen Baugrund eingeleitet.

Für dieses Bauverfahren wurde durch die Kempfert + Partner GmbH, Kassel – Konstanz, ein Berechnungsverfahren entwickelt und veröffentlicht. Dieses Berechnungsverfahren wurde in der Forschungsarbeit dokumentiert. Außerdem wurde zu diesem Berechnungsverfahren Stellung genommen und auf wesentliche Unterschiede zum Berechnungsverfahren nach der britischen Norm British Standard BS 8006 hingewiesen.

Es wurde Kontakt zu den Auftraggebern und zu Unternehmen, die aufgeständerte Gründungspolster ausgeführt haben, aufgenommen. Da sich das Bauverfahren noch in der Entwicklung befindet, war es nur eingeschränkt möglich, unveröffentlichte Daten, insbesondere statische Berechnungen und Messergebnisse, zu erhalten.

Die über eine Literaturrecherche, Auftraggeber und Unternehmen erhaltenen Daten wurden ausgewertet. Ausgewählte Baumaßnahmen, bei denen aufgeständerte Gründungspolster ausgeführt wurden, wurden ausführlicher beschrieben.

Im Rahmen einer Parameterstudie, die auf der Basis des genannten Berechnungsverfahrens durchgeführt wurde, wurden die das Tragverhalten bestimmenden Einflussparameter variiert, um zum grundsätzlichen Verständnis des Tragverhaltens beizutragen.

Des Weiteren wurden anhand des vorliegenden Berechnungsmodells die in der Aufgabenstellung vorgegebenen Fallbeispiele berechnet. Für ein gewähltes, übliches Pfahlraster wurden jeweils die erforderliche Geokunststoffbewehrung bemessen und die erforderlichen Pfahllängen bestimmt. Mit den so ermittelten Massen und den grob abgeschätzten Richtpreisen für die Hauptpositionen wird die Größenordnung der Baukosten für die Fallbeispiele abgeschätzt.

### **3. Untersuchungsergebnisse**

Das vorliegende Berechnungsverfahren ist noch in der Entwicklung und berücksichtigt bestimmte Randbedingungen in einem teilweise engen Rahmen. Deshalb kann es nicht ohne Weiteres auf jeden Anwendungsfall übertragen werden. Der Verifizierung des tatsächlichen Grades der Lastumlagerung ist besonderes Augenmerk zu widmen. Außerdem sind die Annahmen zur Gewölbebildung für die jeweiligen Randbedingungen der geplanten Baumaßnahmen unbedingt zu prüfen. Die Annahmen zur Gewölbebildung, insbesondere unter Berücksichtigung dynamischer Einflüsse, müssen mit Grundlagen für das Berechnungsmodell verträglich sein. Die Einflüsse verschiedener Faktoren (u.a. Verkehrslasten, Pfahlkopfsicherung, Beschränkung der Dehnung der Geokunststoffbewehrung und Versagen der Geokunststoffbewehrung) sowie die Berechnung der abzutragenden Spreizkräfte sind noch nicht abschließend geklärt.

Die vertikalen Tragelemente können in verschiedenen Bauweisen hergestellt werden. Aus dem Verbund mit der geokunststoffbewehrten Tragschicht ergibt sich ein relativ kleines Pfahlraster, wodurch die innere Tragfähigkeit der Pfähle in den Hintergrund tritt. Die Ausführung von Pfählen mit großer innerer Tragfähigkeit ist für aufgeständerte Gründungspolster dadurch zumeist unwirtschaftlich.

Dem Gewölbemodell und damit dem Berechnungsmodell für aufgeständerte Gründungspolster liegt ein Verhältnis zwischen Überdeckungshöhe der Pfahlköpfe und Pfahlachsabstand von mindestens 1 zu Grunde. Bei den bislang in Deutschland ausge-

fürten aufgeständerten Gründungspolstern wurde dieses Verhältnis jedoch zumeist unterschritten. Trotzdem weisen die Ergebnisse umfangreicher messtechnischer Überwachungen ein gutes Trag- und Verformungsverhalten aus.

Technische Anwendungsgrenzen ergeben sich für das vorliegende Berechnungsmodell insbesondere aus der Dammhöhe. Bei zu niedrigen Dämmen ist die Gewölbebildung, die den Berechnungen zu Grunde liegt, nicht sicher gestellt. Bei zu hohen Dämmen können die berechneten Zugkräfte rechnerisch nicht mehr von der Geokunststoffbewehrung aufgenommen werden.

Die Lasten aus dem Verkehrsweg werden bei aufgeständerten Gründungspolstern in den tragfähigen Untergrund abgeleitet. Deshalb wird davon ausgegangen, dass sich langfristig nur noch geringe Verformungen einstellen und sowohl die Standsicherheit als auch die Gebrauchstauglichkeit des Verkehrsweges langfristig gewährleistet sind.

Das Tragverhalten und die Herstellung aufgeständerter Gründungspolster sind für die einzelnen Bauverfahren grundsätzlich ähnlich. Deshalb sind sie auch hinsichtlich der Einflüsse aus den Randbedingungen ähnlich zu bewerten. Wesentliche Unterschiede ergeben sich im Vergleich mit anderen Bauverfahren auf wenig tragfähigem Untergrund wie Konsolidations- oder Bodenersatzverfahren. Der wesentliche Vorteil der aufgeständerten Gründungspolster gegenüber den anderen Bauverfahren liegt darin, dass in der Regel kein Aushubmaterial anfällt. Damit entfallen Kosten für die Beseitigung des Bodenaushubs, die insbesondere bei kontaminierten Böden erheblich sein können. Da aufgeständerte Gründungspolster in der Regel keine Konsolidierungszeit benötigen und unmittelbar nach ihrer Herstellung belas-

tet werden können, ist die Bauzeit relativ gering. Des Weiteren ist in der Regel keine Wasserhaltung erforderlich. Beeinträchtigungen des Wasserhaushaltes sind deshalb in der Regel nicht gegeben.

#### 4. Folgerungen für die Praxis

Das Bauverfahren "aufgeständerte Gründungspolster" befindet sich derzeit noch in der Entwicklung. Die bisher angewendeten Berechnungsverfahren und die bislang nur kurzzeitigen Betriebserfahrungen lassen noch keine ausreichend zutreffende Prognose über das langfristige Gebrauchsverhalten zu. Baumaßnahmen, die als aufgeständerte Gründungspolster ausgeführt werden, sollten deshalb sorgfältig ausgewählt und langfristig messtechnisch überwacht werden.

Außerdem ist bei der Planung von Baumaßnahmen, die als aufgeständerte Gründungspolster ausgeführt werden sollen, zu beachten, dass es sowohl bei den theoretischen Grundlagen des Berechnungsverfahrens als auch bei den Ausführungsdetails offene Fragen und Kritikpunkte gibt, die noch gelöst werden müssen.

Technisch ist der Einsatz von aufgeständerten Gründungspolstern bei allen Straßenkategorien, mittleren Dammhöhen und Mächtigkeiten der wenig tragfähigen Schichten bis zu rd. 17 m unter Arbeitsebene möglich. Bei Böden mit Anfangssteifigkeiten  $c_u < 15 \text{ kN/m}^2$  und/oder betonaggressivem Grundwasser dürfen nicht alle Bauarten der aufgeständerten Gründungspolster ausgeführt werden. Auf Grund der relativ hohen Kosten ist ihr Einsatz jedoch nicht immer gerechtfertigt. □