

Tech-News 12/02 Folge 2 – Fachgebiet: Grundbau

Von Prof. Dr.-Ing. Dieter Netzel
Beratender Ingenieur
Prüfingenieur für Baustatik VPI
ö.b.u.v. Sachverständiger für Ingenieurbau

5. Unterfangungen (vgl. DIN 4123, Bilder 3 + 4)

5.1 Ausgangszustand ist eine Abgrabung nach Bild 1 oder 2; sämtliche dort angegebenen Abmessungen sind einzuhalten. Ob eine Unterfangung in Abhängigkeit von der Standfestigkeit des Bodens überhaupt möglich ist, muss mit dem Bodengutachter abgeklärt werden, da die DIN hierüber nichts aussagt. Lediglich an die Beschaffenheit des Bodens unter der neuen Gründung werden Ansprüche gestellt (vgl. i.F. unter 5.2). kohäsionslose Böden (z.B. Rollkies) sind für eine Unterfangung grundsätzlich nicht geeignet, sofern diese nicht zuvor durch eine Injektion verfestigt wurden. In einem solchen Fall ist natürlich zu überlegen, ob dann nicht generell anders unterfangen wird, z.B. nach den unter 1.1 genannten Methoden.

5.2 Voraussetzungen für Unterfangungen nach dieser DIN 4123:

- Unterhalb der neuen Gründungsebene müssen mindestens mitteldicht gelagerte nichtbindige oder mindestens steife bindige Böden vorhanden sein.
- Der Grundwasserspiegel muss mindestens 50 cm unter der neuen Gründungssohle liegen oder auf diese Höhe abgesenkt werden (vgl. hierzu Bemerkungen unter 1.2).
- Auf dem Kellerboden des zu unterfangenden Gebäudes dürfen nur Nutzlasten bis max. 3,5 KN/m² vorhanden sein.
- Die Ausführung der Unterfangungsarbeiten muss möglichst erschütterungsfrei erfolgen.
- UK-Unterfangungswand muss mindestens in gleicher Tiefe wie UK-Gründung des bestehenden Gebäudes liegen.
- Betonunterfangungen sind kontaktschlüssig an den Baugrund anzuschließen, bei Mauerwerksunterfangungen sind Hohlräume mit Beton sorgsam zu verfüllen.

- Unter dem bestehenden Gebäude ist die Unterfangung über den direkten Neubaubereich hinaus abzutreten (vgl. Bild 3). Auch unter den Querwänden wird eine Abtreppung empfohlen, diese dürfte aber nur unter Außenquerwänden praktikabel sein. Der damit beabsichtigten Setzungsvergleichsmäßigung würde bei der Unterfangung von Innenquerwänden eine unerwünschte Bodenentspannung entgegenwirken, so dass häufig auf Querwandunterfangungen verzichtet wird oder die Unterfangung der Giebelwand im Bereich einbindender Querwände nur etwa z.B. 0,5 m unter diese eingebunden wird.
- Baustoffe: Mauerwerk aus Vollsteinen Mz 12 (DIN 105-1), KSV 12 (DIN 106-1) oder aus Vollsteinen gleicher Festigkeit und Mörtelgruppe III nach DIN 1053-1. Eine Unterfangung mit Mauerwerk halte ich i.a. für unpraktikabel.

Beton	}	DIN 1045, mind. B 15
Stahlbeton		

- Maximale Höhe der Unterfangungswand 4 m in Anlehnung an Bild 1 zwischen UK bestehender Gründung und UK Unterfangungswand. Einen Bezug auf eine Geländeoberfläche wie in der alten DIN-Fassung 1972 gibt es nicht mehr. Bekanntlich durfte danach die neue Baugrube nicht tiefer als 5 m unter der bestehenden Geländeoberfläche ausgeschachtet werden. Daraus ergab sich z.B. bei einem Gebäude mit einem 3 m in das Gelände einbindenden UG nur eine zulässige Unterfangungshöhe von max. 2 m. Bezieht man die neue Regelung auf eine Geländeoberfläche, kann dies bei tief einbindenden Gebäuden zu erstaunlich großen Ausschachtungshöhen führen, denen unverständlicherweise keine Grenzen gesetzt sind.
- Die Dicke der Unterfangungswand muss mindestens der Dicke des zu unterfangenden Fundaments entsprechen.
- Die Herstellung in Lamellentakten (1,25 m mit 3 x 1,25 m Zwischenräume) ist einzuhalten. Die Herstellung der Unterfangungswand ist über die gesamte Höhe möglich oder in 2 Abschnitten, wobei der obere Abschnitt über die ganze Länge komplett hergestellt sein muss vor Beginn des unteren Abschnitts. Eine derartige, nur in Beton auszuführende Herstellung war in der alten DIN nicht geregelt, obwohl sie in der Praxis immer wieder ausgeführt wurde. Mit den Unterfangungslamellen ist stets an den Stellen mit den höchsten Beanspruchungen des bestehenden Gebäudes zu beginnen, also z.B. in End- und/oder Querwandbereichen (vgl. hierzu auch Ausführungen der Setzungsproblematik unter 5.5). Bei Übereck ausgeführten Unterfangungen ist es sinnvoll, mit dem jeweils benachbarten ersten Innenabschnitt als "Vorabsicherung" für die Eckunterfangung zu beginnen.

5.3 Herstellen der neuen Fundamente vor der Unterfangungswand

Hier gilt im Prinzip dasselbe wie unter 4. für die Neugründungen auf der Höhe der bestehenden Gründung bereits ausgeführt.

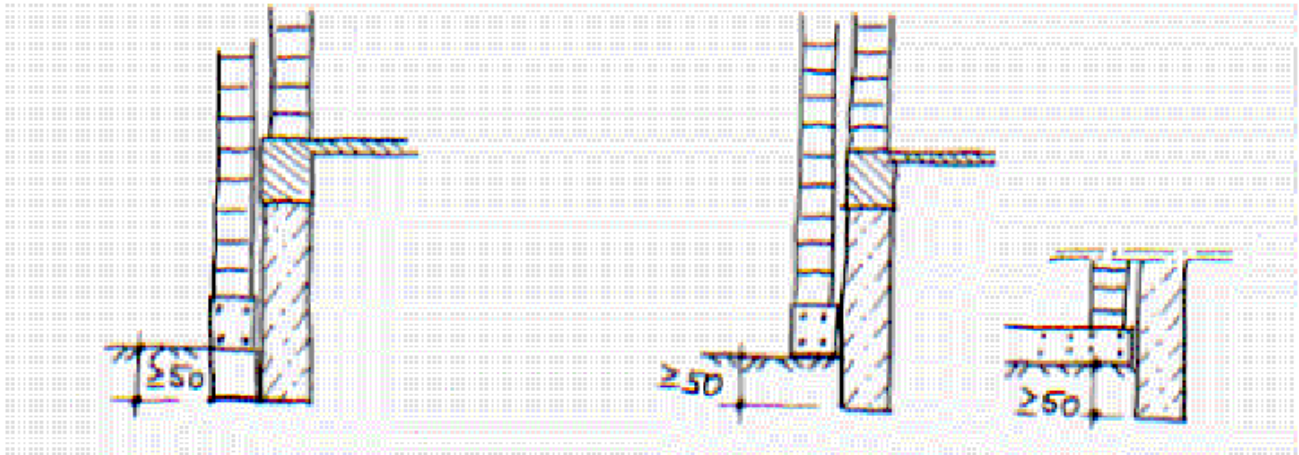


Bild 6

Arbeiten mit "Vorwegfundamenten" in Taktweiser Herstellung und darüberliegendem durchgehendem Stahlbetonfundament

in der Praxis sinnvolle Lösungen ohne "Vorwegfundamente" mit bewehrten Stahlbetonfundamenten oder Plattengründungen

Auch hier gilt der Hinweis, dass sämtliche neuen Fundamentsohlen auf ungestörtem bzw. gewachsenem Boden aufliegen.

5.4 Erforderliche Nachweise

5.4.1 Nachweise zum bestehenden Gebäude

Im Aushubzustand nach Bild 1 vor Anlegen der Stichgräben analog zu den Nachweisen unter 3.3

5.4.2 Nachweise von Bauzuständen für die Unterfangung

Hierauf kann verzichtet werden, "soweit die vorliegenden Erfahrungen dies rechtfertigen" (wenig aussagekräftig!) und wenn alle in DIN 4123 gestellten Forderungen eingehalten sind (Bodenaushubgrenzen, Stichgräben, Herstellung der Unterfangung und der neuen Fundamente usw.). Sofern diese Randbedingungen nicht komplett eingehalten sind müssen auch Bauzustände nachgewiesen werden, ggf. auch unter Berücksichtigung der Verformungen im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit des bestehenden Gebäudes.

Sofern nach diesen Ausführungen Nachweise für Bauzustände erforderlich werden, kann Lastfall 2 nach DIN 1054 angesetzt werden, d.h. die Sicherheit gegen Grundbruch und Gleiten kann vermindert, die zulässige Bodenpressung um 30 % erhöht werden.

5.4.3 Nachweise für den Endzustand

Für den Endzustand ist die Standsicherheit der Unterfangungswand stets nachzuweisen. Sofern die Unterfangung über die Höhe z.B. in 2 Abschnitten hergestellt wird, bezeichnet man den ersten Abschnitt als Zwischenbauzustand, der ebenfalls nachzuweisen ist.

Bei den Nachweisen der Gleitsicherheit (möglichst ohne Ansatz des passiven Erddrucks), des Grundbruches und der zulässigen Bodenpressung sind das Eigengewicht der Unterfangungswand, deren Auflasten aus dem bestehenden Gebäude, die Erddruckkräfte (auch aus Vertikallasten der Bodenplatte) sowie ggf. weitere Horizontallasten (z.B. auch Wind und Erdbeben) aus dem bestehenden Gebäude sowie Verankerungskräfte zu berücksichtigen. Ob Verankerungen der Unterfangungswand erforderlich werden, hängt im wesentlichen von den vorhandenen minimalen Auflasten, vom Erddruckansatz und der Wanddicke ab. Bei geringen oder fehlenden Auflasten können schon bei kleinen Unterfangungshöhen Verankerungen erforderlich werden.

Als Erddruck kann - wenn keine Verformungsbeschränkungen vorliegen - i.a. der aktive Erddruck, bei Erfordernis von Ankeren der erhöhte aktive Erddruck angesetzt werden; ggf. sind auch Erddruckkomponenten aus Querwandbelastungen zu berücksichtigen. Der Ansatz des aktiven Erddrucks bedeutet keine Beschränkung der Wandbewegung. Nachdem z.B. von Prof. Hilmer abweichend hierzu stets der Ruhedruckansatz empfohlen wird und das Gefahrenpotential bei Unterfangungen i.a. recht hoch ist, sollte meines Erachtens möglichst der erhöhte aktive Erddruck angesetzt werden (Mittelwert zwischen aktivem Wert und Ruhedruckwert).

5.5 Zur Setzungsproblematik bei Unterfangungen

Für den Kraftschluss zwischen Unterfangung und UK bestehender Gründung durch Keile und Pressen und der damit angestrebten Minimierung der Setzungen (Vorwegnahme mit ausgeklügeltem Pressensystem) wird auf Abschnitt 9.7 der DIN verwiesen. Es ist sicher sehr unbefriedigend, dass zur Ermittlung oder Abschätzung dieser **schadensrelevanten Setzungen** in DIN 4123 keinerlei Hinweis oder Hilfestellung gegeben wird. In diesem Zusammenhang ist auf eine neuere Forschungsarbeit hinzuweisen (Dissertation J. Kaiser "Zu Schadensursachen und zur Setzungsproblematik bei herkömmlichen Bauwerksunterfangungen", Uni Hannover 2000).

Qualitativ sollte zumindest an die einzelnen Setzungskomponenten gedacht werden:

- Bereits aus Grundwasserabsenkungen können Zusatzsetzungen entstehen.
- Setzungsanteile am bestehenden Gebäude wegen verminderter Fundamentflächen, wenn die ersten Unterfangungslamellen ausgehoben sind und das Bauwerk sich auf die zunächst verbleibenden Bodenabschnitte abstützt.
- Zusatzsetzungen nach Fertigstellung der zuerst ausgehobenen Bereiche, wenn diese beim Ausheben der nächsten Abschnitte die ersten Lastanteile des Gebäudes in tiefere, bisher kaum belastete Bodenschichten einleiten.
- Zunehmende Setzungen durch diesen Effekt bis zur Fertigstellung der gesamten Unterfangungswand.
- Sofern die Unterfangungswand in 2 Höhenabschnitten hergestellt wird, treten die beiden letztgenannten Setzungsanteile nach Herstellung jedes Abschnitts auf.
- Zusatzsetzungen aus dem Lasteinfluss des Neubaus sowohl an diesem als auch am alten Gebäude (vgl. hierzu auch die Ausführungen unter 4.3).
- Innerhalb des bestehenden Gebäudes werden die Setzungsbeträge sowohl aus den Grundwasserabsenkungen als auch aus den Unterfangungsmaßnahmen im Unterfangungsbereich am größten sein, so dass innerhalb des bestehenden Gebäudes auch Setzungsdifferenzen zu Schäden führen können.
- Außerdem ist bei bindigen Böden zu beachten, dass im Gegensatz zu nicht bindigen Böden die Zusatzsetzungen nach Abschluss der Unterfangungsarbeiten noch nicht abgeschlossen sind sondern sich im Laufe der Zeit um Konsolidations- und Kriechsetzungen noch vergrößern können, so dass hieraus auch noch spätere Schäden oder Schadensverstärkungen möglich sind.

Sofern Setzungsabschätzungen aus den o.g. Wirkungen durchgeführt werden sollen, kann dies mit entsprechenden FE-Programmen mit leistungsfähigen Bodenmodellen geschehen. Jedoch sind meiner Meinung nach auch einfachere Abschätzungen auf der Grundlage üblicher Setzungsberechnungen möglich.

6. Angaben zu Stichgräben und Ausschachtungen

Grundsätzlich gilt für deren Sicherung DIN 4124 " Baugruben und Gräben - Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau" (Fassung August 1981).

In DIN 4123 wird hierzu noch Folgendes ausgeführt:

- Bei nicht bindigen Böden ohne Kohäsion dürfen Ausschachtungen erst nach vorheriger Verfestigung durchgeführt werden. Da die Kapillarkohäsion auch leicht verloren geht, sollte sie in keinem Falle planmäßig angesetzt sondern bestenfalls als "stille Reserve" für sehr kurzfristige Zustände berücksichtigt werden.
- 7.4: im Bereich von Ausschachtungen und Stichgräben sind Aufweichungen vor allem feinsandiger und bindiger Böden durch Abdecken mit Planen oder Anordnung von Entwässerungseinrichtungen zu verhindern; bei Frostgefahr sind ggf. wärmedämmende Abdeckungen erforderlich.
- 8.3: Grabensicherung grundsätzlich erforderlich, wenn Aushubhöhe > 1,25 m; wenn der Boden nicht ausreichend standsicher ist, wird auch schon bei kleineren Aushubarbeiten Verbau erforderlich.
- 9.5: - unter b: es wird stets eine kraftschlüssige Abstützung gefordert, was im Widerspruch zu 8.3. steht. Dies ist wohl gedacht für nicht bindige Böden, Auffüllungen und weiche bindige Böden. - unter c: bei mindestens steifen bindigen Böden genügt Grabenverbau nur bis unmittelbar vor das zu unterfangende Fundament, wenn Grabenhöhe ≤ 2 m ist.

7. Rechtliche Aspekte

- Mit dem Besitzer des bestehenden Gebäudes müssen Vereinbarungen getroffen und dessen Zustimmung zu allen hier besprochenen Maßnahmen eingeholt werden, soweit diese das bestehende Gebäude tangieren. Dies gilt natürlich vor allem für Unterfangungen, insbesondere wenn für diese zusätzliche Verankerungen notwendig werden.
- Eine Beweissicherung des bestehenden Gebäudes ist dringend anzuraten (vgl.2.3)
- Es gibt jedoch auch Rechtsgrundlagen (Nachbarrechtsgesetz), "wonach der neue Nachbar eine Grenzwall nur unterfangen darf, wenn erstens dies zur Ausführung seines Bauvorhabens nach den allgemein anerkannten Regeln der Baukunst unumgänglich ist oder dies nur mit unzumutbar hohen Kosten vermieden werden könnte und zweitens keine erheblichen Schäden am bestehenden Gebäude zu erwarten sind".
Hiernach wird es dem Besitzer der bestehenden Bebauung nicht unbedingt gelingen, eine Unterfangung seines Gebäudes zu verhindern.

8. Kurze Hinweise zu der unter 5.2 genannten Dissertation J. Kaiser

In dieser Arbeit werden die Probleme bei Unterfangungen zusammengestellt, Literatur hierzu ausgewertet sowie Schadensfälle und Schadensklassifikationen dargestellt. Die Setzungsproblematik bei Unterfangungen wird grundsätzlich erläutert und anhand 2-er Beispiele Berechnungen hierzu an einem FE-System unter gewissen Vereinfachungen durchgeführt. Leider werden aber keine allgemeinen Regeln zu näherungsweisen Abschätzung dieser, aus verschiedenen Wirkungen resultierenden Setzungen (vgl. unter 5.1) angegeben. Als wesentliche Erkenntnisse der durchgeführten Zahlenrechnung kann aber Folgendes gesagt werden:

- Die zusätzlichen Setzungen aus der Tieferlegung des Belastungshorizontes im fertigen Zustand der Unterfangung ohne Berücksichtigung der taktweisen Herstellung können nach den üblichen Setzungsermittlungen (z.B. DIN 4019) berechnet werden. Als setzungswirksam braucht auf der neuen Gründungsebene dabei nur die Differenzspannung zwischen der Vorbelastung (Erdauflast und anteilige bisherige Bauwerkslast in dieser Tiefe) und der endgültigen neuen Spannung angesetzt werden.
- Die wirklich auftretenden Setzungen erhöhen sich aber durch die taktweise Herstellung mit laufenden Spannungsumlagerungen über die o.g. Werte hinaus. Sie können durchaus die 2 bis 3-fache Größe der Werte für die Gesamttieferlegung des Endzustandes erreichen. Im Falle gut angeschlossener Querwände liegt der Erhöhungsfaktor etwa bei 2, ohne Querwände bei etwa 3.
- Eine gute Verbindung von Querwänden mit der zu unterfangenden Wand kann spürbar zur Setzungsminderung beitragen, da hierdurch beim Herstellen der Unterfangung ein Lastanteil der Unterfangungswand in die Querwände und über deren Fundamente in den Baugrund abgetragen wird.
- Um Verkantungen in Längsrichtung der Unterfangungswand zu vermeiden, sollte möglichst nicht von einem Ende aus fortschreitend, sondern in symmetrischen Takten gearbeitet werden. Ein derartiges Arbeiten von beiden Enden her ist vor allem auch deshalb anzustreben, um für die zu unterfangende Wand in den unterschiedlichen Zuständen Muldenlagen anstelle der deutlich schadensempfindlicheren Sattellagen zu erzeugen.
- Für einfache Fälle werden Diagramme angegeben, aus denen direkt abgelesen kann, ob die erforderliche Grundbruchsicherheit der Unterfangung vorhanden ist. Als Ergänzung zu eigenen Nachweisen oder zur schnellen Abschätzung können diese Diagramme ganz hilfreich sein.