

Kleinbohrungen nach DIN 4021 – eine (Ge-)Wissensfrage?

Kleinbohrtechnik ■ Kleinbohrungen liefern falsche bzw. begrenzte Aussagen hinsichtlich Schichtenaufbau, Probengüte, -menge und zutreffender Höhenlagen der Schichtgrenzen. In diesem Beitrag werden die Fehlermöglichkeiten aufgezeigt.

Für Baumaßnahmen der geotechnischen Kategorie 1 und 2 nach DIN 4020 (Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke) reichen zur Erkundung der Baugrundverhältnisse meist Kleinbohrungen im Sinne der DIN 4021 (Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben) aus. Kleinbohrungen – landläufig auch Rammkernsondierungen oder Bohrsondierungen genannt – eignen sich dabei zur Erkundung der Schichtenfolge bis in Tiefen von acht Metern. Bei mitteldicht bis dicht gelagerten Sanden über einem Weichboden aus Klei oder Mudde werden die Schichtgrenzen sehr häufig in ihrer Höhenlage falsch ermittelt. Die in der DIN 4021, Abs. 5.3 genannte Anmerkung hinsichtlich einer unsicheren Feststellung der Schichtgrenzen wird von den ausführenden Bohrfirmen und Ingenieurbüros leider oftmals nicht beach-

tet. Im Ergebnis geben die Baugrundaufschlüsse die Höhenlage der Schichtgrenzen zwischen dem Weichboden und den überlagernden dichten Sanden falsch wieder, mit nachteiligen Auswirkungen für die Durchführung der Baumaßnahmen.

Falsch erkundete Schichtgrenzen für Baumaßnahmen und unzutreffende Bodenkennwerte für Gründungs- und Standsicherheitsberechnungen haben erhebliche Konsequenzen. Ein Beispiel wird nachfolgend genauer aufgezeigt: Spülfelder für die Ablagerung von Baggergut bei der Unterhaltung von Wasserstraßen und Häfen werden mit verschiedenen zusammengesetzten Böden beschickt. Dabei werden nichtbindige Böden (Sande) eingespült und bereits vorhandene Weichböden (Klei, Mudde) überlagert. Für ein späteres Ausräumen des Spülfeldes sind die flächige Ausdehnung der Bodenarten, die

Schichtenfolgen und bodenmechanische Eigenschaften im Hinblick auf die auszuführenden Erdarbeiten zu untersuchen. Mit der Baugrunderkundung sollen zum einen die Mengen der verschiedenen Bodenarten quantifiziert werden, damit die weitere Verwendung der ausgeräumten Böden geplant werden kann. Zum anderen müssen die Bodenarten hinsichtlich ihrer Tiefenlagen und geotechnischen Eigenschaften so beschrieben werden, dass für den Unternehmer Bauverfahren und Baubetrieb planbar und kalkulierbar sind. Wird die Schichtgrenze zwischen den Weichböden und den darüber liegenden dichten Sanden in ihrer Höhenlage allerdings zu tief erkundet, so hat dies Auswirkungen sowohl auf die Massenbilanz der einzelnen Bodenarten als auch auf den Geräteeinsatz bei den Erdarbeiten. Unzutreffend erkundete Schichtgrenzen führen in diesem Fall zu kostenträchtigen Um-

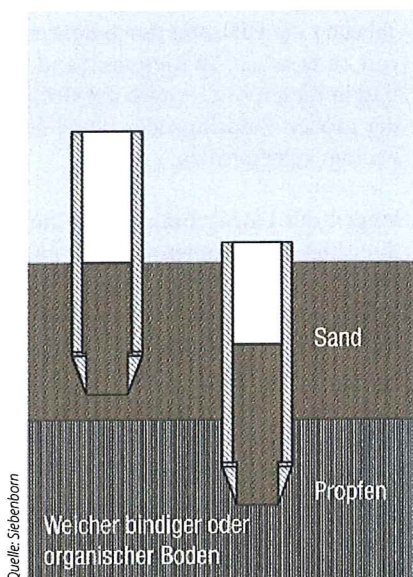


Abb. 1 Pfropfenbildung im Entnahmerohr bei überlagerten dichten Sanden



Abb. 2 Häufig verwendet bei Kleinbohrverfahren: tragbares Kleinrammbohrgerät



Abb. 3 Geräte und Zubehör für eine Kleinrammbohrung

Quelle: Eijkelkamp

stellungen im Bauverfahren und Baubetrieb. Nachträge sind die Folge. Nicht nur für Erdbaumaßnahmen – wie beim Spülfeld – treten nachteilige Änderungen in der Bauausführung auf, sondern auch bei Gebäuden und Bauwerken sind oftmals geänderte, nicht eingeplante Gründungsmaßnahmen die Folge. Außerdem besteht bei falsch erkundeten Schichtgrenzen zwischen Weichböden und überlagernden dichten Sanden die Gefahr, dass Stand sicherheiten und Gebrauchstauglichkeiten erdstatisch nicht zutreffend ermittelt werden.

Aufschlussverfahren nach DIN 4020 und DIN 4021

Schürfe, Bohrungen und Kleinbohrungen werden als Aufschlussverfahren bezeichnet. Die Kleinbohrungen nach DIN 4021 werden als eigenständiges Aufschlussverfahren in Böden behandelt. Ein Unterschied zwischen den Bohrungen und den Kleinbohrungen ist u. a. der Bohrdurchmesser.

Eine übliche Bohrung mit Rammkernentnahme im Kunststoffliner nach Tabelle 1, Zeile 4, (Bohrverfahren in Böden) der DIN 4021, beginnt mit einem Kerndurchmesser von 80 Millimetern und endet bei 200 Millimetern. Als Standarddurchmesser hat sich der Kerndurchmesser von 100 Millimeter bewährt. Hierbei handelt es sich fast immer um verrohrte Bohrungen, d.h. die Rammkernrohre werden von einer gesäuberten Bohrlochsohle aus eingerammt und im Schutz der Verrohrung zu Tage gefördert. Unterhalb des Grundwassers ist im Schutz der Verrohrung mit Wasserauflast zu arbeiten, um den Eintrieb von Boden an der Bohrlochsohle zu vermeiden. Das stellt eine durchgehende Entnahme von Bodenproben sicher. Eine Kleinbohrung in Böden nach Tabelle 3 der DIN 4021, ist mit Durchmessern von 30 bis 80 Millimeter durchzuführen. Kleinbohrungen werden im Regelfall ohne Verrohrung abgeteuft.

Quelle: Nordmeyer

Die DIN 4020 hat den Begriff der Kleinstbohrung im Oktober 1990 eingeführt und bis heute beibehalten. In der ab Oktober 1990 geltenden DIN 4021 wird die Kleinstbohrung jedoch

nicht mehr als Aufschlussverfahren genannt. Auch Kleinstbohrungen mit einem Enddurchmesser ≤ 30 mm fallen somit unter die Kleinbohrungen, die unverrohrt mit Nut- und Schlitzgestänge hergestellt werden. Die Durchführung der Kleinbohrungen muss von erfahreinem Fachpersonal begleitet werden, jedoch teilt die DIN 4020 (B.2.4) nichts zur Qualifikation mit.

Zur bestmöglichen Baugrunderkundung ist in der Regel ein größtmöglicher Entnahmerohrdurchmesser zu wählen und der Kerngewinn auf maximal einen Meter Länge zu begrenzen. Damit können unter günstigen Voraussetzungen bei Kleinbohrungen Bodenproben der Güteklasse 3(2) in bindigen und 4(3) in nichtbindigen Böden gewonnen werden.

Darüber hinaus sind Klein- und Kleinstbohrungen in Böden durch das Größtkorn begrenzt (DIN 4021, Tabelle 3). Um eine optimale Probenentnahme zu gewährleisten, muss der Innendurchmesser des Entnahmerohres mindestens das Fünffache des Größtkornes betragen (DIN 4021, Tabelle 3, Zeile 2, Spalte 8). Der Korngrößenbereich für den Mittelkies beträgt bis zu 20 Millimeter und ist demnach mit einem Innendurchmesser bis zu 80 Millimeter des Entnahmerohres nicht mehr normgerecht aufzuschließen. In diesen Böden dürfen Kleinbohrungen nicht mehr ausgeführt werden und sind nach Tabelle 1 der DIN 4021 durch Bohrungen zu ersetzen. In kiesigen Sanden und in Kiesen ist dies auch auf Grund der großen Eindringwiderstände unbedingt zu empfehlen.

Wegen der eingeschränkten Erkundungstiefe, Probenmengen und -qualität ist der Einsatz von Klein- und Kleinstbohrungen stark eingeschränkt. Auch die geringen Probenmengen lassen die Durchführung von Laborversuchen mitunter nicht zu und die Erkundungstiefe wird oftmals nicht erreicht (DIN 4021, Abs. 5.3). Geschlitzte Entnahmerohre mit Durchmessern von 22 bis 28 Millimeter sind aus Kostengründen als Kleinstbohrung jedoch immer noch im Einsatz, die sich aber auf Grund von Kernverlusten im Grundwasser, Kernstauchungen und



Abb. 4 Mit dem Rammsondiergerät können u. a. Kleinbohrverfahren in Böden gemäß DIN 4021 maschinell ausgeführt werden.

zu geringer Probenmenge nicht überall bewährt haben.

Bei Entnahmeschritten über einen Meter Kernlänge wird die höhenmäßige Feststellung der Schichtgrenzen unsicher. Es besteht die Gefahr, dass weiche Schichten durch Pfropfenbildung im Schneidschuh aus der überlagerten festen Schicht verdrängt werden (DIN 4021, Abs. 5.3) und der Weichboden nicht in das Kernrohr eindringen kann (**Abb. 1**).

Auch die aktuelle DIN 4020, Ausgabe 2003-10, schränkt im Beiblatt 1, Tabelle 4, die Klein- und Kleinstbohrverfahren in ihrer Anwendung ein. Sie werden als bedingt geeignet klassifiziert. Die Tiefe ist begrenzt und der zu untersuchende Boden muss über eine geeignete Schichtung und Festigkeit verfügen.

Kleinbohrverfahren

Nach DIN 4021, Tabelle 3 wird bei den Kleinbohrverfahren zwischen Kleinrammbohrung, Kleindruckbohrung und Handdrehbohrung unterschieden. Die häufigste Anwendung ist die Kleinrammbohrung (**Abb.2**). Zum Einrammen werden Elektro-, Motor- und Pressluftschlämmer oder Kleinrammen verwendet.

Unverrohrte Kleinrammbohrung mit offenem Entnahmerohr

Die unverrohrte Kleinrammbohrung mit offenem Entnahmerohr ist vor allem aus Kostengründen die am häufigsten eingesetzte Aufschlussmethode (**Abb. 3**). Wird unverrohrt gearbeitet, ist ein zwei Meter langes Entnahmerohr zu verwenden, das jedoch abschnittsweise nur um einen Meter in den Boden zu rammen ist. Der unvermeidliche Nachfall im unverrohrten Bohrloch wird somit im oberen Meter des Entnahmerohres aufgenommen. Beim Einsatz eines nur einen Meter langen Entnahmerohres sind durch den Nachfall Stauchungen und Pfropfenbildung nicht auszuschließen, die das Erkundungsergebnis verfälschen. Der Nachfall aus der Bohrlochwandung und der Kernverlust der Bodenproben müssen erkannt und bei der Probenansprache beachtet werden. In nicht-

bindigen Böden unterhalb des Grundwassers treten häufig erhebliche Kernverluste auf, was die Erkundungsgenauigkeit des Aufschlussverfahrens erheblich einschränkt.


Verrohrte Kleinrammbohrung mit geschlossenem Kernrohr

Die Kleinrammbohrung mit geschlossenem Kernrohr und Kunststoffliner wird aus Kostengründen weniger häufig als Aufschlussmethode eingesetzt. In den letzten Jahren haben Bohrergerätehersteller jedoch kleine mobile, meist raupenbetriebene Kleinbohrgeräte auf den Markt gebracht, die es ermöglichen, verrohrte Kleinbohrungen bis zu Entnahmerohrdurchmessern von 80 Millimeter abzuteufen (**Abb. 4**). Dabei können geschlossene Kernrohre mit innen liegendem Liner genutzt werden. Alle bohrtechnischen Werkzeuge, wie Schappe und Ventilbohrer sind technisch verfügbar, sodass eine verrohrte Kleinbohrung die geforderte Aufschlusstiefe besser er-

reicht und im Schutze einer Verrohrung von einer gesäuberten Bohrlochsohle aus eine ordnungsgemäße Kernentnahme erfolgen kann. Bei Böden mit breiiger bis weicher Konsistenz ist in den Entnahmerohren ein sehr weicher oder gar kein Kernfänger zu verwenden. Es ist ein Schichtenverzeichnis und Kopfblatt nach DIN 4022, Teil 3, Anhang C, zu verwenden, was dem einer Rammkernbohrung mit Liner entspricht.


Einfluss der Schneidengeometrie auf die Qualität der Kerne

Nach DIN 4021 sollte der Flächenverhältniswert C_a im Schneidenbereich $\leq 15\%$ sein (**Abb. 5**). Je größer der Flächenverhältniswert C_a des Entnahmerohres ist, desto ausgeprägter sind Störungen der Probe. Das gilt besonders für leicht plastische Böden im Grundwasser. Verwendet man bei Kleinbohrungen die in der DIN 4021 angegebene Berechnungsformel, stellt man schnell fest, dass die verwen-




Die Antwort auf bohrende Fragen

The answer to drilling questions



AGBO GmbH
 Nienhagener Str. 1
 D-29339 Wathlingen
 Telefon : 05144/9899-0
 Telefax : 05144/9899-30

internet : www.agbo.de
 e-mail : AGBO-D@t-online.de



G200 mit Rohrhandhabungssystem und Rohrmagazin

	ZUM VERGLEICH				
	geschlossenes Entnahmerohr mit PVC-Innenrohr				dünnwandiges Probenentnahmergerät
	Kleinbohrung		Bohrung		
Außen Ø Entnahmerohr [mm]	53,0	63,0	75,0	128,0	120,0
Innen Ø des Entnahmerohrs bzw. des Liners D _s [mm]	36,0	46,4	59,4	102,0	114,0
Schneidring Ø Ausstechmaß D _e [mm]	34,0	44,0	58,0	100,0	114,0
Schneidring Ø Außen D _w [mm]	53,0	63,0	80,0	128,0	120,0
Flächenverhältnis [%] C _a ≤ 15% nach DIN 4021	143	105	90	63	11
Flächenverhältnis [%] C _{a mod} nach HERRMANN/SEITZ	bei optimierter Schneide alle C _{a mod} ≤ 15				
Innendurchmesser Verhältnis [%] C _i ≤ 3% nach DIN 4021	5,9	5,4	2,4	2,0	0

Quelle: Siebenborn

Tabelle 1 Berechnungsergebnisse für die Flächen- und Innendurchmesser Verhältniswerte c_a , $c_{a\ mod}$ und c_i

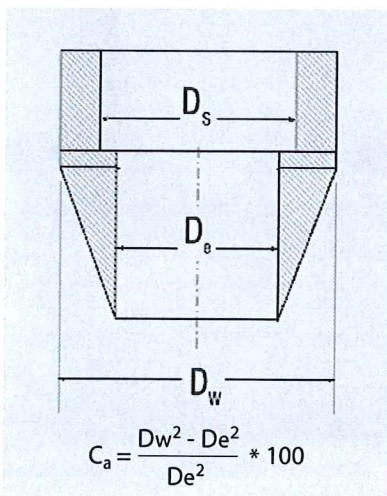
deten Schneidringe diese Anforderungen in der Praxis nicht erfüllen. Die in der DIN 4021 genannte Berechnung für den Flächenverhältniswert C_a gilt ausschließlich für dünnwandige Entnahmergeräte (z.B. Stutzen für die Sonderprobenentnahme). Die Schneide des Entnahmergerätes sollte deshalb

möglichst spitz angephast sein. Diese Forderung kann aber auf Grund der erforderlichen Robustheit der Schneide in der Praxis nicht erfüllt werden. Mit der Berechnungsformel für das Flächenverhältnis nach Herrmann/Seitz [2] können auch dickwandige Geräte, z.B. Rammkernrohre optimiert

und hergestellt werden. Die Schneidwinkel α und β sind dabei abhängig von der Wandstärke a (**Abb. 6**).

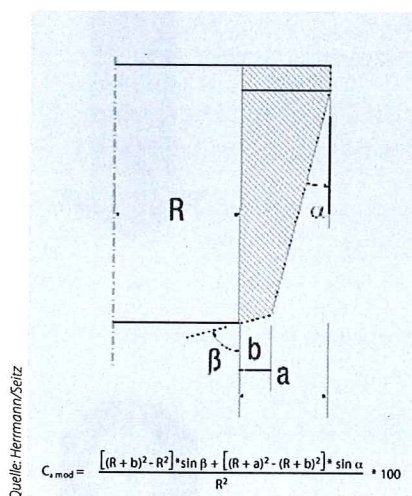
Das Innendurchmesser Verhältnis für Bohrkerne höherer Güteklasse soll nach DIN 4021 $C_i \leq 3$ Prozent sein (**Abb. 7**), um den Ringraum zwischen Liner und Bodenprobe zu minimieren und damit Wasserzutritte und Probenentspannungen gering zu halten. Bereits bei diesen geforderten C_i Werten tritt erfahrungsgemäß ein Aufweichen der Kerne in leicht plastischen Böden auf, die im Grundwasser entnommen wurden. Ideal wäre daher ein C_i Wert = 0, was entnahmetechnisch jedoch nicht realisierbar ist.

In **Tabelle 1** wird ersichtlich, dass das geforderte Innendurchmesser Verhältnis $C_i \leq 3$ % nach DIN 4021 nur von Kernrohren ab einem Schneidringdurchmesser D_e (Ausstechmaß) von ca. ≥ 60 mm erfüllt werden kann. Alle geringeren Kleinbohrdurchmesser erfüllen diese Bedingung nicht und sind daher für den praktischen Einsatz zu hinterfragen. Bohrkerne höherer Güteklasse (Definition nach DIN 4021, Abs. 7.5) können von Rammkernen nicht erbracht werden, da kein Kernrohr ein Flächenverhältnis $C_a \leq 15$ % nach DIN 4021 aufweisen kann. Erst bei optimierter Schneidengeometrie nach Herrmann/Seitz [2] wird ein Flächenverhältnis $C_{a\ mod} \leq 15$ % erreicht, um damit höherwertige Bohr- bzw. Rammkerne im Baugrund zu entnehmen.



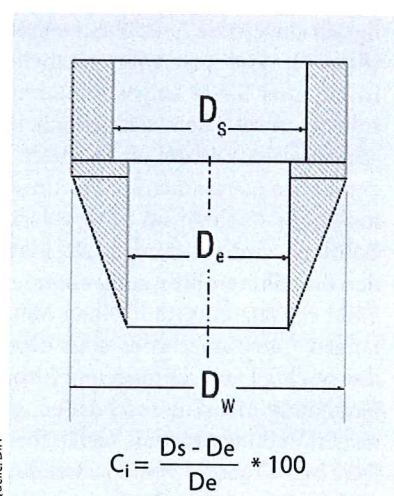
Quelle: DIN

Abb. 5 Definition des Flächenverhältnisses c_a nach DIN 4021



Quelle: Herrmann/Seitz

Abb. 6 Definition des Flächenverhältnisses $c_{a\ mod}$ nach Herrmann/Seitz



Quelle: DIN

Abb. 7 Definition des Innendurchmesser Verhältnisses c_i nach DIN 4021



Quelle: WSA Lauenburg

Abb. 8 Entnahmerohr auf einer Baustelle im Jahr 2005

Mit zunehmendem Probendurchmesser steigt die Probenqualität – jedoch auch die Kosten – an. Dagegen bringt die Optimierung der Schneidengeometrie wenig Mehrkosten, aber erheblichen Qualitätsgewinn bei den Bodenproben [1].

Das Entnahmerohr in **Abbildung 8** zeigt jedoch die tägliche Praxis – auch heute noch im Jahre 2005. Mit diesem beschädigten Schneidenschuh lassen sich keine teufengerechten Bodenproben entnehmen. In diesem Fall ist der Geräteführer als Fachkraft zum Handeln gefordert.

Empfehlungen zur Ausführung von Kleinbohrungen

Als erste Qualitätssicherung ist bei der Planung von Baugrundaufschlüssen festzulegen, ob eine verrohrte oder unverrohrte Kleinbohrung auszuführen ist. Damit ist sichergestellt, dass sich der Auftragnehmer gerätetechnisch auf die Aufgabenstellung einstellen und die geforderte Probengüte erfüllen kann. Weiterhin sind Angaben zu der angestrebten Erkundungstiefe und den Entnahmedurchmessern zu machen.

Bei einer verrohrten Kleinbohrung bietet sich ein ein Meter langes Entnahmerohr mit optimierter Schneidengeometrie an. Standardmäßig wird ein offenes Entnahmerohr über ein Rammgestänge mittels eines Motor- oder Elektrohammers eingetrieben. Eine höhere Qualität der Kleinbohrungen kann jedoch – wie bei den Bohrungen – mit einem geschlossenen Ent-

nahmerohr über eine Freifall-Seilschlageinrichtung mittels Rammgewicht erreicht werden. Dabei wird das Bohrloch verrohrt und die Bohrlochsohle gesäubert. Die Entnahmerohre verfügen in der Regel über eine Ventiltchnik, sodass auch bei Entnahmen von nichtbindigen Böden unterhalb des Grundwassers gute Kerngewinne erzielt werden. Nach dem Ziehen des Entnahmerohres und Nachsetzen der Verrohrung wird die Bohrlochsohle erneut gesäubert. An dem Nachräumbohrgut kann überprüft werden, ob die Bodenschichtung mit dem im Kernrohr übereinstimmt. Ein Überbohren von Schichten ist bei diesem Verfahren fast ausgeschlossen. Daher wird empfohlen, statt der unverrohrten Kleinbohrung mit offenem Entnahmerohr, eine verrohrte Kleinbohrung mit geschlossenem Entnahmerohr auszuführen. Auch wenn die Kosten bei den verrohrten Kleinbohrungen höher liegen, ist dies im Hinblick auf die zu erreichende Qualität – bezogen auf die Gesamtbaumaßnahme – gerechtfertigt.

Bei hohen Kernverlusten ist das Kleinbohrverfahren für den anstehenden Boden nicht geeignet oder die technischen Randbedingungen sind nicht ausreichend. In diesem Fall ist auf ein anderes Aufschlussverfahren (z.B. Bohrungen) umzustellen.

Auch Geräteführer von Kleinbohrgeräten müssen den Qualifikationsnachweis für Bohrgeräteführer nach DIN 4021 nachweisen.

Entsprechende Lehrgänge werden u. a. vom BAU-ABC-Rostrup und vom ÜAZ Bauwirtschaft Brandenburg/H. – Friesack angeboten.

Der Baugrundgutachter erhält bei einer gut geplanten und ausgeführten Kleinbohrung sichere Informationen über den Baugrund, die er dem Baugrundgutachten mit ruhigen Gewissen zu Grunde legen kann. Alle anderen Vorgehensweisen bei der Baugrunderkundung führen zu Unsicherheiten bei Planung und Ausführung von Erd- und Baumaßnahmen und verursachen unangenehme Nachträge.

Literatur

- [1] Kany, M. (1997): Baugrundaufschlüsse. Kommentar zur DIN 4021 bis 4023 und DIN 18196. Hrsg.: DIN, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth (Beuth-Kommentare).
- [2] Hermann, R. & S. Seitz (1987): Die Definition zweier modifizierter Flächenverhältnisse zur geotechnischen Beschreibung der Qualität von Bodenproben. Einzelbeiträge zu Spezialfragen des Grundbaues und der Bodenmechanik. Sonderheft 50, Veröffentlichungen des Grundbauinstitutes der LGA Bayern.
- [3] DIN 4021 (10/90) (1991): Baugrund; Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben, in Erkundung und Untersuchung des Baugrundes: Normen. DIN Taschenbuch 113, Beuth.
- [4] DIN 4020 (09/03): Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke: Normen.
- [5] Siebenborn, G. (1998): Baugrundaufschlussbohrungen nach DIN 4021 in Böden. In: bbr 12/98: 22.

Autor:

Gerd Siebenborn
 Bundesanstalt für Wasserbau
 Dienststelle Hamburg
 Referat Geotechnik Nord
 Wedeler Landstraße 157
 22559 Hamburg
 Tel.: 040 81908-327
 Fax: 040 81908-527

E-Mail: gerd.siebenborn@baw.de
 Internet: www.baw.de



