



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **720 069 A8**

(51) Int. Cl.: **E02D 5/76** (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(15) Korrekturinformation:
Korrigierte Fassung Nr. 1
INID code(s) 72

(21) Anmeldenummer: 001121/2022

(22) Anmeldedatum: 28.09.2022

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.04.2024

(48) Berichtigung veröffentlicht: 31.07.2024

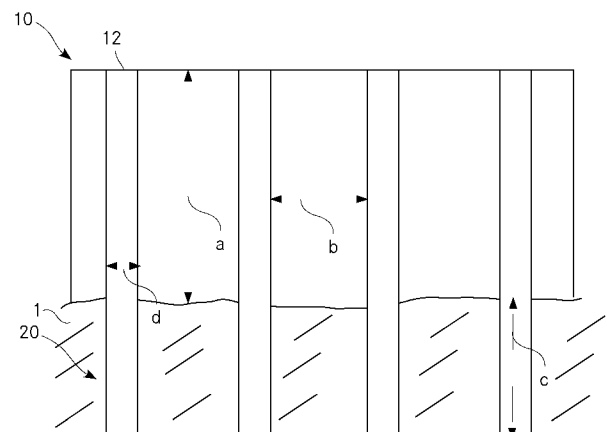
(71) Anmelder:
Ghelma AG Spezialtiefbau, Sandstrasse 10
3860 Meiringen (CH)

(72) Erfinder:
Christian Ghelma, 3860 Meiringen (CH)
Hanspeter Bodmer, 3860 Meiringen (CH)

(74) Vertreter:
Keller Schneider Patent- und Markenanwälte AG (Bern),
Eigerstrasse 2 Postfach
3000 Bern 14 (CH)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines mit Mikropfählen in einem Baugrund verankerten Stützkörpers.**

(57) Bei einem Verfahren zur Herstellung eines mit Mikropfählen in einem Baugrund verankerten Stützkörpers, wobei die Mikropfähle in mindestens einer ersten und einer zweiten Mikropfahlgruppe (20) in einem Baugrund angeordnet werden und der Stützkörper mit den Mikropfählen der ersten und der zweiten Mikropfahlgruppe (20) verbunden wird, wird aufgrund einer vorgegebenen Höhe des Stützkörpers ein kleinster Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen der ersten Mikropfahlgruppe (20) oder aufgrund eines vorgegebenen kleinsten Aussenabstands zwischen zwei Mikropfählen der Mikropfahlgruppe (20) eine maximale Höhe des Stützkörpers bestimmt.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines mit Mikropfählen in einem Baugrund verankerten Stützkörpers, wobei die Mikropfähle in mindestens einer ersten und einer zweiten Mikropfahlgruppe in einem Baugrund angeordnet werden und der Stützkörper mit den Mikropfählen der ersten und der zweiten Mikropfahlgruppe verbunden wird. Weiter betrifft die Erfindung einen mit Mikropfählen in einem Baugrund verankerten Stützkörper.

Stand der Technik

[0002] Stützkörper werden typischerweise für Baugruben erstellt, um die Baugrubenwände zu sichern. Die Stützkörper werden dazu aus Bohrpfählen oder Rühlwandträger (Stahlträger) ausgebildet. Solche Sicherungssysteme sind auch als Bohrpfahlwände und Rühlwände bekannt. Um Erddrücke besser aufnehmen zu können, ist es weiterhin bekannt, die Stützkörper rückwärtig (horizontal) zu verankern oder abzuspiessen.

[0003] Es ist jedoch nicht immer möglich, den Stützkörper zu verankern oder zu spiessen, insbesondere wenn zum Beispiel keine Ankerrechte auf das Nachbargrundstücke bestehen oder wenn Werkleitungen vorhanden sind, welche ein Verankern verhindern. Weiter ist es nicht immer möglich, hinreichend grosse Bohrgeräte für die Baugrube zu installieren, um Bohrpfähle zu erstellen.

[0004] Aus diesem Grund wurde von der Firma Ghelma AG Spezialtiefbau das System GSTB-MPS (Ghelma Spezialtiefbau Mikropfahlständerwand) entwickelt, welches im Wesentlichen einzelne, grössere Bohrpfähle durch mehrere kleinere Bohrpfähle, sogenannte Mikropfähle ersetzt. Der Hauptvorteil dieses Systems liegt darin, dass kompakte und kleine Bohrgeräte eingesetzt werden können, wodurch das Bohrplanum stark reduziert ausgeführt werden kann. Insbesondere ist ein Bohrplanum, wie es zum Beispiel für Grossbohrgeräte benötigt wird, nicht notwendig. Durch den Einsatz der kleineren Bohrgeräte ist die Anwendung von MPS-Wänden ebenfalls in steileren Hanglagen möglich, insbesondere dort, wo Grossbohrgeräte nicht arbeiten können.

[0005] Der Nachteil dieses Verfahrens ist, dass es sich bei den Mikropfahlgruppen bauphysikalisch gegenüber dem zu ersetzenden, grösseren Bohrpfahl um sehr unterschiedliche Stützsysteme handelt. Das Ersetzen eines grossen Bohrpfahls durch mehrere kleine Bohrpfähle ist nicht trivial. Um die Stabilität des Stützkörpers zu gewährleisten, ist sicher zu stellen, dass die kleineren Mikrobohrpfähle derart ausgeführt und angeordnet sind, dass unterschiedliche bauphysikalische Kriterien eingehalten werden. Bislang wurden die Mikropfahlständerwände nicht ideal konstruiert und damit typischerweise überdimensioniert um die Stabilität des Stützkörpers zu gewährleisten. Insbesondere bei kleinen Baugruben respektive engen Platzverhältnissen ist jedoch überdimensionierter Stützkörper respektive überdimensionierte Bohrpfähle oder Mikropfahlgruppen nachteilig, insbesondere da damit auch ein Raumvolumen innerhalb der Baugrube verringert wird. Schliesslich fallen bei überdimensionierten Bauten auch höhere Kosten und CO₂-Emissionen an.

[0006] Somit besteht ein Optimierungsbedarf bei der Konstruktion von Mikropfahlständerwänden, um die Kosten, die CO₂-Emissionen und das Bauvolumen der Mikropfahlständerwände möglichst gering zu halten.

Darstellung der Erfindung

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein dem eingangs genannten technischen Gebiet zugehöriges Verfahren zur Herstellung eines mit Mikropfählen in einem Baugrund verankerten Stützkörpers schaffen, welches mit geringerem Aufwand durchführbar ist. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist, einen Stützkörper mit geringem Platzbedarf zu schaffen.

[0008] Die Lösung der Aufgabe ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 definiert. Gemäss der Erfindung wird aufgrund einer vorgegebenen Höhe des Stützkörpers ein kleinster Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen der ersten Mikropfahlgruppe oder aufgrund eines vorgegebenen kleinsten Aussenabstands zwischen zwei Mikropfählen der Mikropfahlgruppe eine maximale Höhe des Stützkörpers bestimmt.

[0009] Ein mit Mikropfählen in einem Baugrund verankerter Stützkörper umfasst damit folgende Merkmalen:

- a) die Mikropfähle sind in mindestens einer ersten und einer zweiten Mikropfahlgruppe in dem Baugrund angeordnet und der Stützkörper ist mit den Mikropfählen der ersten und der zweiten Mikropfahlgruppe verbunden, wobei
- b) aufgrund einer vorgegebenen Höhe des Stützkörpers ein kleinster Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen der ersten Mikropfahlgruppe bestimmt ist, oder
- c) aufgrund eines vorgegebenen kleinsten Aussenabstands zwischen zwei Mikropfählen der ersten Mikropfahlgruppe eine maximale Höhe des Stützkörpers bestimmt ist.

[0010] In der Planung wird typischerweise eine Höhe des Stützkörpers, zum Beispiel einer Stützwand, vorgegeben. Diese ergibt sich zum Beispiel aus der Tiefe der Baugrube. Solche Höhen können bis zu 6 m oder mehr betragen. Erfindungsgemäss kann nun anhand der Höhe des Stützkörpers auf einen kleinsten Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen der

ersten Mikropfahlgruppe geschlossen werden. Insbesondere wurde festgestellt, dass mit zunehmendem minimalem Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen der Mikropfahlgruppe eine maximale Höhe des Stützkörpers erhöht werden kann. Andererseits kann bei geringerer Höhe des Stützkörpers die Mikropfahlgruppe kompakter ausgebildet werden, indem der kleinste Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen der Mikropfahlgruppe geringer gewählt werden kann. Damit kann mit geringem Aufwand (sowohl bezüglich Zeit & Kosten) einen Stützkörper mit Mikropfählen geplant werden. Andererseits kann erfindungsgemäss auch anhand des kleinsten Aussenabstands zwischen zwei Mikropfählen der ersten Mikropfahlgruppe eine maximale Höhe des Stützkörpers bestimmt werden. Bei der Ausführung kann damit ein Stützkörper mit besonders geringem Platzbedarf erstellt werden, welcher den notwendigen Sicherheitsanforderungen entspricht.

[0011] Unter dem Begriff Aussenabstand wird die maximale Distanz verstanden, welche zwischen den Mikropfählen parallel zur Richtung der minimalen Distanz ermittelt werden kann. Anders ausgedrückt ist der Aussenabstand die maximale Breite in horizontaler Richtung der Mikropfahlgruppe bei einer quadratischen Anordnung von vier zueinander parallelen Mikropfählen.

[0012] Unter dem Begriff Mikropfahl wird ein Pfahl verstanden, welcher einen Durchmesser von weniger als 50 cm, vorzugsweise weniger als 30 cm aufweist.

[0013] Vorzugsweise wird der Mikrobohrpfahl im Injektionsverfahren hergestellt. Im Verfahren wird beim Bohrvorgang und/oder nach dem Bohrvorgang über die Bohrkrone ein Injektionsgut, insbesondere ein Bindemittel, zum Beispiel eine Suspension auf Zementbasis, unter Druck in den Baugrund eintragen, um den Mikropfahl zu bilden.

[0014] Beim Injektionsverfahren wird mit dem Hochdruckstrahl das Gefüge des Baugrunds aufgelöst und mit einer Zementsuspension durchmischt. Im Verfahren wird in einem Schritt bis zur vorgesehenen Tiefe in den Baugrund abgebohrt und gegebenenfalls der Baugrund mit Wasser bereits vorgeschnitten. Die Zementsuspension vermischt sich mit dem Baugrund und verfestigt sich anschliessend zu einem als Selbstbohrpfahl gebildeten Mikropfahl.

[0015] Bei einem Niederdruck-Jettingverfahren wird ein tieferer Druck, um 200 bar gewählt. Dabei wird der Boden nicht geschnitten, sondern verdichtet. Damit kann ein als Selbstbohrpfahl gebildeter Mikropfahl erreicht werden, welcher gleichmässiger geformt ist.

[0016] In Abhängigkeit des angewandten Verfahrens wird die Suspension über Düse injiziert (Simplex-Verfahren).

[0017] Die Bohrlanze, welche die Bohrkrone trägt, verbleibt in diesen Verfahren schliesslich jeweils als Tragglied im Injektionskörper. Andererseits können auch separate Tragglieder vorgesehen sein, welche vor dem Abbinden des Injektionsguts an Stelle der Bohrlanze mit der Bohrkrone in das Injektionsgut eingeführt werden.

[0018] Vorzugsweise wird anhand der vorgegebenen Höhe des Stützkörpers, eines Reibungswinkels des Baugrunds, einer zulässigen Kopfverschiebung des Stützkörpers und/oder eines maximalen Abstands zwischen der ersten und zweiten Mikropfahlgruppe, welche zueinander benachbart sind, der kleinste Aussenabstand zwischen den zwei Mikropfählen in der Mikropfahlgruppe bestimmt.

[0019] Der Abstand zweier Mikropfahlgruppen ist die Länge der kürzesten Verbindungslinie der beiden Mikropfahlgruppen, also der Abstand der beiden einander nächstliegenden Punkte.

[0020] Damit kann der Abstand zwischen den beiden Mikropfahlgruppen mittels eines Distanzmessers, zum Beispiel einem Lasermessgerät oder dergleichen bestimmt werden.

[0021] Es wurde erkannt, dass mehrere Faktoren in die Planung der Stützkörper und der Mikropfahlgruppen einbezogen werden können, um deren Konstruktion zu optimieren und damit den Stützkörper und die Mikropfahlgruppen insbesondere kompakter und günstiger bauen zu können.

[0022] Der Reibungswinkel oder Winkel der inneren Reibung ist der Winkel, unter dem der Baugrund belastet werden kann, ohne abzurutschen. Es handelt sich hierbei weder um den Schüttwinkel noch um den Böschungswinkel. Der Reibungswinkel ist dadurch definiert, dass der Tangens des Reibungswinkels das Verhältnis von Reibungskraft zu Normalkraft in der Reibungsfläche, mit denen der Baugrund im Grenzzustand des Gleichgewichts belastet ist. Ton, Schluff hat zum Beispiel einen Reibungswinkel von rund 25°, rundkörniger Boden hat typischerweise einen Reibungswinkel zwischen 27.5° bis 30°. Scharfkantiger Sand, sandiger Kies hat typischerweise einen höheren Reibungswinkel im Bereich von 32° bis 37°. Die Ermittlung des Reibungswinkels erfolgt im Dreiaxialgerät und ist Die Versuchsdurchführung ist in der DIN EN ISO 17892-8, ISRM SM Triaxial Compressive Strength - revised - 1983 und ASTM 7012 festgelegt. Der Reibungswinkel ist relevant, um den Widerstand des Stützkörpers gegen horizontales Verschieben zu berechnen (Gleitsicherheitsnachweis respektive Scherfestigkeitsnachweis).

[0023] Es konnte nun gezeigt werden, dass mit der Berücksichtigung des Reibungswinkels im Baugrund der kleinste Aussenabstand zwischen den zwei Mikropfählen in der Mikropfahlgruppe minimiert werden kann, d.h., dass bei grossem Reibungswinkel der kleinste Aussenabstand geringer gewählt werden kann. Weiter wurde festgestellt, dass bei hohem Reibungswinkel eine Höhe des Stützkörpers grösser gewählt werden kann.

[0024] Bei der zulässigen Kopfverschiebung des Stützkörpers handelt es sich um eine horizontale Verschiebung der Oberkante des Stützkörpers relativ zur Höhe des Stützkörpers. Die Einheit der Kopfverschiebung ist in Prozent zur Höhe des Stützkörpers angegeben. Bei einer relativen zulässigen Kopfverschiebung von 0.2 % und einer Höhe von 5 m beträgt die absolute zulässige Kopfverschiebung 10 mm.

[0025] Es wurde erkannt, dass bei grosser zulässiger Kopfverschiebung der kleinste Aussenabstand zwischen den zwei Mikropfählen in der Mikropfahlgruppe geringer gewählt werden kann, womit eine kompaktere Bauweise des Stützkörpers erreicht werden kann. Weiter wurde erkannt, dass bei grosser zulässiger Kopfverschiebung auch ein Abstand zwischen zwei benachbarten Mikropfahlgruppe grösser gewählt werden kann, womit kostengünstiger gebaut werden kann.

[0026] Aufgrund der Wechselwirkungen der verschiedenen Kriterien (Kopfverschiebung, Aussenabstand zwischen Mikropfählen in einer Mikropfahlgruppe, Abstand benachbarter Mikropfahlgruppen, Reibungswinkel, Höhe des Stützkörpers etc.) wurde zudem erkannt, dass eine Änderung eines Kriteriums mit den weiteren Kriterien kompensiert werden kann. Somit kann es zum Beispiel aufgrund örtlicher Gegebenheiten nicht möglich sein, einen hinreichend grossen Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen in einer Mikropfahlgruppe bereit zu stellen. Dies kann dann zum Beispiel durch verkleinern eines Abstands zwischen zwei benachbarten Mikropfahlgruppen kompensiert werden. Falls wiederum der Reibungswinkel des Baugrunds relativ gering ist, kann abgewägt werden, ob nun die Abstände zwischen zwei Mikropfählen in einer Mikropfahlgruppe vergrössert werden, oder ob ein Abstand zwischen zwei benachbarten Mikropfahlgruppen verringert werden soll. Somit können die Stützkörper, insbesondere zum Beispiel Stützwände, individuell den Gegebenheiten auf der Baustelle angepasst werden.

[0027] Bevorzugt liegt ein Verhältnis zwischen der Höhe des Stützkörpers und dem kleinsten Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen in der ersten und/oder zweiten Mikropfahlgruppe zwischen 3 und 12, besonders bevorzugt zwischen 5 und 10, wobei ein Reibungswinkel des Baugrunds insbesondere zwischen 20° und 40°, vorzugsweise zwischen 25° und 35° liegt.

[0028] Mittels aufwändiger Versuche konnte gezeigt werden, dass der Balanceakt zwischen ökonomischer sowie platzsparender Bauweise und der hinreichenden Stabilität des Stützkörpers unter diesen Bedingungen am vorteilhaftesten erreicht werden kann. In einem Beispiel beträgt damit ein kleinster Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen einer Mikropfahlgruppen bei einer Höhe des Stützkörpers von 3 m besonders bevorzugt im Bereich zwischen 0.3 m und 0.6 m.

[0029] Dem Fachmann ist jedoch klar, dass je nach Anwendung auch andere Verhältnisse vorgesehen sein können, insbesondere auch dann, wenn der Reibungswinkel ausserhalb des Bereichs von 20° und 40° liegt.

[0030] Vorzugsweise wird anhand der vorgegebenen Höhe des Stützkörpers der maximale Abstand zwischen der ersten und der zweiten Mikropfahlgruppe, welche zueinander benachbart sind, bestimmt. Typischerweise wird bei grosser Höhe ein geringerer maximaler Abstand zwischen der ersten und der zweiten, zueinander benachbarten Mikropfahlgruppe zugelassen. Sofern jedoch eine geringere Höhe des Stützkörpers vorgesehen ist, kann der Stützkörper gesamthaft mit einer geringeren Anzahl an Mikropfahlgruppen erstellt werden, womit Kosten und Platzanspruch reduziert werden können. In Varianten kann diese Relation bei der Dimensionierung des Stützkörpers auch weggelassen werden.

[0031] Vorzugsweise liegt ein Verhältnis zwischen der Höhe des Stützkörpers und dem Abstand zwischen der ersten und der zweiten Mikropfahlgruppe, welche zueinander benachbart sind, zwischen 0.5 und 6, insbesondere zwischen 0.8 und 4.

[0032] Mittels aufwändiger Versuche konnte gezeigt werden, dass der Balanceakt zwischen ökonomischer sowie platzsparender Bauweise und der hinreichenden Stabilität des Stützkörpers unter diesen Bedingungen am vorteilhaftesten erreicht werden kann. In einem Beispiel beträgt damit ein Abstand zwischen der ersten und der zweiten Mikropfahlgruppe bei einer Höhe des Stützkörpers von 3 m besonders bevorzugt im Bereich zwischen 2.4 m und 12 m. In Varianten kann das Verhältnis auch kleiner 0.5 oder grösser 6 sein.

[0033] Vorzugsweise ist zumindest die Höhe des Stützkörpers und der kleinste Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen in der Mikropfahlgruppe derart gewählt sind, dass eine Kopfverschiebung des Stützkörpers kleiner als 0.5%, insbesondere kleiner als 0.3% ist. Damit wird ein Stützkörper geschaffen, welcher den üblichen Normen hinsichtlich der Kopfverschiebung standhält. Dies wird vorliegend allerdings durch die Wahl des kleinsten Aussenabstands zwischen den zwei Mikropfählen der Mikropfahlgruppe erreicht. Je höher der Stützkörper ist, desto grösser wird besagter Aussenabstand gewählt, so dass die Kopfverschiebung nicht über die 0.5 % respektive die 0.3 % steigt. Damit kann eine besonders feine Abstimmung zwischen dem Aussenabstand und der zulässigen Kopfverschiebung erreicht werden. In Varianten kann diese Relation bei der Dimensionierung der Mikropfahlgruppe auch weggelassen werden.

[0034] Vorzugsweise wird anhand einer vorgegebenen zulässigen Verformung des Stützkörpers ein Abstand zwischen der ersten und der zweiten Mikropfahlgruppe, welche zueinander benachbart sind und/oder der kleinste Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen in der ersten und/oder der zweiten Mikropfahlgruppe bestimmt. In Varianten kann darauf auch verzichtet werden.

[0035] Vorzugsweise werden für die erste Mikropfahlgruppe mindestens zwei, vorzugsweise drei, vier, fünf oder sechs Mikropfähle erstellt. Grundsätzlich wird mit grösserer Anzahl Mikropfähle pro Mikropfahlgruppe eine grössere Stabilität des Stützkörpers erreicht, womit typischerweise der Abstand zwischen benachbarten Mikropfahlgruppen vergrössert werden kann. Das Bauwerk wird mit gesamthaft zunehmender Anzahl Mikropfähle voluminöser und teurer, es gilt somit einen Bereich auszumachen, in welchem das Verhältnis zwischen der Anzahl Mikropfahlgruppen und der Anzahl Mikropfähle pro Mikropfahlgruppe minimiert werden kann. Versuche haben gezeigt, dass die optimale Anzahl Mikropfähle pro Mikropfahlgruppe zwischen 2 und 5, insbesondere bei 4 liegt, womit für einen Stützkörper gesamthaft typischerweise die geringste Anzahl an Mikropfählen erstellt werden muss. Damit wird das Bauwerk entsprechend kostengünstig, weist ein kleines Volumen auf und kann zeitlich besonders effizient erstellt werden.

[0036] Für einen Stützkörper können auch mehrere Mikropfahlgruppen mit jeweils unterschiedlicher Anzahl Mikropfähle vorgesehen sein, womit auch die Abstände zwischen Mikropfählen einer Mikropfahlgruppe respektive zwischen den Mikropfahlgruppen unterschiedlich sein können. Dies kann insbesondere dann von Vorteil sein, wenn der Baugrund an bestimmten Stellen, an welchen eine Mikropfahlgruppe vorgesehen wäre, nicht gebohrt werden kann (zum Beispiel aufgrund von Leitungen im Boden etc.).

[0037] Vorzugsweise sind die mindestens zwei Mikropfähle der ersten Mikropfahlgruppe an jeder Ecke eines geschlossenen konvexen, vorzugsweise regelmässigen Polygons angeordnet und die Mikropfähle der ersten Mikropfahlgruppe insbesondere paarweise zueinander parallel angeordnet. Die Mikropfähle sind vorzugsweise im Wesentlichen regelmässig entlang einer Kreislinie angeordnet. Damit wird mit den Mikropfählen der ersten Mikropfahlgruppe eine gute Abstützung des Stützkörpers erreicht. Zudem wird damit die Planung des Stützkörpers, insbesondere die Anordnung der einzelnen Mikropfähle in den Mikropfahlgruppen erleichtert. Die Mikropfähle einer Mikropfahlgruppe können aber auch anderweitig angeordnet sein, zum Beispiel U-förmig, mit der Öffnungsrichtung hin zur Böschung. In der bevorzugten Ausführungsform umfasst eine Mikropfahlgruppe genau vier Mikropfähle, welche vorzugsweise an den Ecken eines Vierecks, insbesondere an den Ecken eines Quadrat angeordnet sind und zueinander insbesondere paarweise parallel ausgerichtet sind. Versuche haben gezeigt, dass mit dieser Anzahl Mikropfähle pro Mikropfahlgruppe und deren Anordnung die besten Ergebnisse erzielt werden. Die Tragfähigkeit im Verhältnis zu der Anzahl Mikropfählen sowie die Erstellung der Mikropfahlgruppe sind in dieser Anordnung besonders vorteilhaft.

[0038] Grundsätzlich ist es auch möglich, bei zum Beispiel sechs als Sechseck angeordneten Mikropfählen einen weiteren Mikropfahl in der Mitte anzuordnen. Dem Fachmann sind auch weitere Anordnungen bekannt, welche je nach Begebenheit im Baugrund gewählt werden können.

[0039] Bevorzugt ist ein Abstand zwischen den zwei benachbarten Mikropfahlgruppen grösser, als ein grösster Abstand zwischen zwei Mikropfählen der ersten Mikropfahlgruppe. In Varianten kann ein Abstand zwischen den zwei benachbarten Mikropfahlgruppen auch kleiner sein, als ein grösster Abstand zwischen zwei Mikropfählen der ersten Mikropfahlgruppe, insbesondere wenn zum Beispiel der Stützkörper besonders hoch ist.

[0040] Bevorzugt sind die Mikropfähle der ersten Mikropfahlgruppe als Verpresspfähle, umfassend einen mit einem Injektionsgut, insbesondere mit Zement, im Baugrund fixierten Bewehrungsstab, ausgebildet. Besonders bevorzugt handelt es sich bei den Mikropfählen um Selbstbohrpfähle. In Varianten können die Mikropfähle auch anderweitig erstellt werden, zum Beispiel indem ein Loch gebohrt, ein Bewehrungsstab im Bohrloch positioniert und schliesslich das Bohrloch vergossen wird. Dem Fachmann sind weitere Techniken bekannt.

[0041] Besonders bevorzugt wird ein Mikropfahl der ersten Mikropfahlgruppe mit einem Düsenstrahlverfahren hergestellt, wobei das Injektionsgut über eine Injektionsdüse bei einem Druck von bis zu 20 Bar, vorzugsweise von bis zu 100 Bar in den Baugrund injiziert wird, um den Mikropfahl zu bilden. Besonders bevorzugt werden sämtliche Mikropfähle mit dieser Technik erstellt. Damit können die Mikropfähle besonders effizient erstellt werden.

[0042] In Varianten können die Mikropfähle auch ohne Düsenstrahlverfahren erstellt werden (siehe oben).

[0043] Vorzugsweise wird der Stützkörper dadurch gebildet, dass ein Bereich zwischen zwei Mikropfahlgruppen mit einem Injektionsgut, insbesondere mit Zement, besonders bevorzugt mit Spritzbeton versehen wird. Dazu wird der Bereich bevorzugt vorgängig bewehrt, insbesondere mit Armierungseisen oder dergleichen. In Varianten kann der Stützkörper auch aus Fertigelementen bestehen, insbesondere Flanschträgern aus Stahl umfassen, welche mit den Mikropfahlgruppen verbunden werden. Dem Fachmann sind weitere Varianten bekannt.

[0044] Im Verfahren wird typischerweise in einem ersten Schritt ein Ständer auf der Mikropfahlgruppe erstellt. Anschliessend wird die Ausfachung, insbesondere die Stützmauer zwischen den Ständer erstellt, insbesondere mit Spritzbeton. Der Ständer kann zum Beispiel aus armiertem Beton bestehen. In Varianten kann der Stützkörper respektive die Stützwand auch an einem Stück erstellt werden.

[0045] Vorzugsweise ragen die Mikropfähle der ersten Mikropfahlgruppe mit einer Länge von mindestens 1 m, vorzugsweise mindestens 3 m, insbesondere bevorzugt mindestens 5 m in den Baugrund hinunter. Typischerweise sind die Mikropfähle senkrecht im Baugrund angeordnet. In Varianten können diese auch geneigt sein, insbesondere hin zur zu stützenden Böschung oder dergleichen. In Varianten kann die Länge auch weniger als 1 m betragen.

[0046] Aus der nachfolgenden Detailbeschreibung und der Gesamtheit der Patentansprüche ergeben sich weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Merkmalskombinationen der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0047] Die zur Erläuterung des Ausführungsbeispiels verwendeten Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer mit Mikropfahlgruppen gesicherte Stützmauer;

Fig. 2 eine schematische Draufsicht auf eine Stützmauer gemäss Figur 1;

- Fig. 3a bis c schematische Darstellungen möglicher Querschnittsanordnungen der Mikropfähle einer Mikropfahlgruppe;
- Fig. 4a bis g Diagramme, zum Aufzeigen der Zusammenhänge zwischen der Wandhöhe, der Distanz zwischen den Mikropfahlgruppen und der Abmessung der Mikropfahlgruppe bei unterschiedlicher zulässiger Kopfverschiebung und unterschiedlichem Reibungswinkel.

[0048] Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0049] Zur Herstellung der Mikropfähle wird vorliegend ein Bohrgestänge mit einem Hohlstabtragglied und einer an dem Hohlstabtragglied befestigten Bohrkronen mit einer dem Fachmann hinreichend bekannter Bohrvorrichtung in den Baugrund getrieben. Dazu wird die Bohrkronen rotiert, so dass mit den Schneiden der Bohrkronen der Weg für den Vortrieb freigegeben werden kann. Über seitlich an der Bohrkronen angeordnete Injektionsdüsen wird ein Injektionsgut, insbesondere Zement ausgepresst, womit der Baugrund radial zur Bohrkronen verpresst wird. Nach dem Erreichen der gewünschten Bohrtiefe und dem notwendigen Eintrag wird das Injektionsgut über mehrere Stunden ausgehärtet. Hierbei verbleibt das Bohrgestänge im Injektionsgut, welches anschliessend als Basis zur vertikalen Erweiterung der Mikropfahlgruppe zu einem Ständer dient, so dass zwischen den Ständern ein Stützkörper, insbesondere eine Stützwand erstellt werden kann. Diese Techniken sind dem Fachmann bekannt. Weiter sind dem Fachmann auch äquivalente Varianten, insbesondere im Bezug zum Erstellen der Mikropfähle bekannt. Nach der Herstellung der Mikropfähle werden die Mikropfahlgruppen mit Ständer erweitert und der Stützkörper, insbesondere die Stützwand wird erstellt.

[0050] Die Figur 1 zeigt eine schematische Seitenansicht einer mit Mikropfahlgruppen 20 gesicherte Stützmauer 10. Der vier Mikropfahlgruppen ragen jeweils 3 m in den Baugrund (siehe Pfeil c). Oberhalb des Baugrunds sind die Mikropfahlgruppen 20 jeweils mit einer Erweiterung zu einem Ständer 12 ausgebildet. Die Mikropfahlgruppen 20 sind jeweils mit der Stützmauer 11 verbunden, um eine Böschung 2 abzustützen (siehe Figur 2).

[0051] Die Stützmauer weist vorliegend eine Höhe von 5 m auf (Pfeil a, gemessen vom Baugrund). Die Mikropfahlgruppen 20 umfassen jeweils vier im Quadrat angeordnete Mikropfähle (siehe Figur 3a). Der Ständer 12 weist eine Breite (Pfeil d) von 0.65 m auf. Der Ständer 12 weist eine tiefe (siehe Pfeil e in Figur 2) von ebenfalls 0.65 m auf. Da die zulässige Kopfverschiebung 0.2 % ist (d.h. der Kopf des Ständers darf sich um maximal 0.2 % von 5 m, d.h. um maximal 10 mm verschieben), beträgt der Abstand zwischen zwei benachbarten Ständer 12 vorliegend 1.5 m.

[0052] Fig. 2 zeigt eine schematische Draufsicht auf eine Stützmauer gemäss Figur 1. In dieser Darstellung ist die Tiefe des Ständers 12 ersichtlich und mit dem Pfeil 3 gekennzeichnet. Die Stützmauer 11 stützt die Böschung 2 ab.

[0053] Fig. 3a bis 3d zeigen schematische Darstellungen möglicher Querschnittsanordnungen der Mikropfähle einer Mikropfahlgruppe. Der Ständer 12 ist mit einer gepunkteten Linie lediglich angedeutet.

[0054] Die Figur 3a zeigt die bevorzugte Variante der Mikropfahlgruppe mit genau vier Mikropfählen 21 - 24, welche an den Ecken eines Quadrats angeordnet sind. Der Aussenabstand zweier benachbarter Mikropfähle 21 und 22 entspricht vorliegend der Breite d des Ständers 12. Die Tiefe e des Ständers 12 stimmt aufgrund der quadratischen Form des Ständerquerschnitts mit der Breite d überein. Dem Fachmann ist klar, dass auch andere Ständerquerschnitte oder andere Anzahlen respektive Anordnungen von Mikropfählen in einer Mikropfahlgruppe denkbar sind.

[0055] In der Figur 3b ist zum Beispiel eine Variante gezeigt, bei welcher die Mikropfähle bezüglich der Figur 3a diagonal angeordnet sind. Der kleinste Aussenabstand d1 zwischen zwei benachbarten Mikropfählen (z. B. die Mikropfähle 32 und 33) ist damit kleiner als eine Breite oder Tiefe des Ständers.

[0056] In der Figur 3c ist weiter eine Mikropfahlgruppe mit sechs Mikropfählen 41 - 46 dargestellt, welche jeweils an der Ecke eines regelmässigen Sechsecks angeordnet sind. Auch hier ist ein kleinster Aussenabstand d2 zwischen zwei benachbarten Mikropfählen 44, 45 kleiner als die Breite des Ständers 12.

[0057] Die Figur 3d zeigt schliesslich eine Variante eines Ständers 50 mit zwei Mikropfählen 51 und 52, welche zueinander einen Aussenabstand d3 aufweisen. Der Ständer weist eine rechteckige Querschnittsform auf, bei welcher eine Breite geringer ist als die Tiefe.

[0058] Fig. 4a bis 4g zeigen Diagramme, zum Aufzeigen der Zusammenhänge zwischen der Wandhöhe, der Distanz zwischen den Mikropfahlgruppen und der Abmessung der Mikropfahlgruppe bei unterschiedlicher zulässiger Kopfverschiebung und unterschiedlichem Reibungswinkel. Sämtliche Diagramme beziehen sich auf Mikropfahlgruppen mit vier Mikropfählen, welche an den Ecken eines Quadrats angeordnet sind. Der kleinste Aussenabstand zweier benachbarter Mikropfähle einer Mikropfahlgruppe stimmt damit mit der Breite respektive Tiefe des Ständers 12 überein.

[0059] Die Figur 4a zeigt den kleinsten Aussenabstand zweier benachbarter Mikropfähle in Abhängigkeit der Höhe der Stützwand 11 bei einem Abstand der Ständer von 1.5 m. Die Kurvenschar zeigt die Abhängigkeit für unterschiedliche Kombinationen der zulässigen Kopfverschiebung und des Reibungswinkels des Baugrunds. Die Figur 4b zeigt ein analoges Diagramm zur Figur 4a für einen Abstand der Ständer von 1.75 m. Die Figur 4c zeigt ein analoges Diagramm zur Figur 4a

für einen Abstand der Ständer von 2.00 m. Die Figur 4d zeigt ein analoges Diagramm zur Figur 4a für einen Abstand der Ständer von 2.25 m. Die Figur 4e zeigt ein analoges Diagramm zur Figur 4a für einen Abstand der Ständer von 2.50 m. Die Figur 4f zeigt ein analoges Diagramm zur Figur 4a für einen Abstand der Ständer von 2.75 m. Die Figur 4g zeigt schliesslich ein analoges Diagramm zur Figur 4a für einen Abstand der Ständer von 3.00 m.

[0060] Die Diagramme sind lediglich als Beispiele zu verstehen. Dem Fachmann ist klar, dass die Werte dieser Diagramme interpoliert, extrapoliert oder mit weiteren berechneten oder in Feldversuchen ermittelten Werten erweitert werden können. Des Weiteren ist dem Fachmann ebenfalls klar, dass für die Konstruktion von solchen Mikropfahlständerwänden gegebenenfalls weitere Kriterien zu berücksichtigen sind.

[0061] Zusammenfassend ist festzustellen, dass erfindungsgemäss ein Verfahren geschaffen wird, welches in besonders einfacher Weise eine Parametrisierung der Mikropfahlgruppe und des Stützkörpers ermöglicht, womit mit optimiertem zeitlichem und materiellem Aufwand eine Böschung gestützt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines mit Mikropfählen in einem Baugrund verankerten Stützkörpers, wobei die Mikropfähle in mindestens einer ersten und einer zweiten Mikropfahlgruppe in einem Baugrund angeordnet werden und der Stützkörper mit den Mikropfählen der ersten und der zweiten Mikropfahlgruppe verbunden wird, dadurch gekennzeichnet, dass aufgrund einer vorgegebenen Höhe des Stützkörpers ein kleinster Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen der ersten Mikropfahlgruppe oder aufgrund eines vorgegebenen kleinsten Aussenabstands zwischen zwei Mikropfählen der Mikropfahlgruppe eine maximale Höhe des Stützkörpers bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass anhand der vorgegebenen Höhe des Stützkörpers, eines Reibungswinkels des Baugrunds, einer zulässigen Kopfverschiebung des Stützkörpers und/oder eines maximalen Abstands zwischen der ersten und zweiten Mikropfahlgruppe, welche zueinander benachbart sind, der kleinste Aussenabstand zwischen den zwei Mikropfählen in der Mikropfahlgruppe bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verhältnis zwischen der Höhe des Stützkörpers und dem kleinsten Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen in der ersten und/oder zweiten Mikropfahlgruppe zwischen 3 und 12, vorzugsweise zwischen 5 und 10 liegt, wobei ein Reibungswinkel des Baugrunds insbesondere zwischen 20° und 40°, vorzugsweise zwischen 25° und 35° liegt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass anhand der vorgegebenen Höhe des Stützkörpers der maximale Abstand zwischen der ersten und der zweiten Mikropfahlgruppe, welche zueinander benachbart sind, bestimmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verhältnis zwischen der Höhe des Stützkörpers und dem Abstand zwischen der ersten und der zweiten Mikropfahlgruppe, welche zueinander benachbart sind, zwischen 0.5 und 6, insbesondere zwischen 0.8 und 4 liegt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Höhe des Stützkörpers und der kleinste Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen in der Mikropfahlgruppe derart gewählt sind, dass eine Kopfverschiebung des Stützkörpers kleiner als 0.5%, insbesondere kleiner als 0.3% ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass anhand einer vorgegebenen zulässigen Verformung des Stützkörpers ein Abstand zwischen der ersten und der zweiten Mikropfahlgruppe, welche zueinander benachbart sind und/oder der kleinste Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen in der ersten und/oder der zweiten Mikropfahlgruppe bestimmt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass für die erste Mikropfahlgruppe mindestens drei, vorzugsweise vier, fünf oder sechs Mikropfähle erstellt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens drei Mikropfähle der ersten Mikropfahlgruppe an jeder Ecke eines geschlossenen konvexen, vorzugsweise regelmässigen Polygons angeordnet sind und die Mikropfähle der ersten Mikropfahlgruppe insbesondere paarweise zueinander parallel angeordnet sind.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand zwischen den zwei benachbarten Mikropfahlgruppen grösser ist, als ein grösster Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen der ersten Mikropfahlgruppe.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikropfähle der ersten Mikropfahlgruppe als Verpresspfähle, umfassend einen mit einem Injektionsgut, insbesondere mit Zement, im Baugrund fixierten Bewehrungsstab, ausgebildet sind.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mikropfahl der ersten Mikropfahlgruppe mit einem Düsenstrahlverfahren hergestellt sind, wobei das Injektionsgut über eine Injektionsdüse bei einem Druck von bis zu 20 Bar, vorzugsweise bis zu 100 Bar in den Baugrund injiziert wird, um den Mikropfahl zu bilden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Stützkörper dadurch gebildet wird, dass ein Bereich zwischen zwei Mikropfahlgruppen mit einem Injektionsgut, insbesondere mit Zement, besonders bevorzugt mit Spritzbeton versehen wird.
14. Mit Mikropfählen in einem Baugrund verankerter Stützkörper mit folgenden Merkmalen:
 - d) die Mikropfähle sind in mindestens einer ersten und einer zweiten Mikropfahlgruppe in dem Baugrund angeordnet und der Stützkörper ist mit den Mikropfählen der ersten und der zweiten Mikropfahlgruppe verbunden, wobei
 - e) aufgrund einer vorgegebenen Höhe des Stützkörpers ist ein kleinster Aussenabstand zwischen zwei Mikropfählen der ersten Mikropfahlgruppe bestimmt, oder
 - f) aufgrund eines vorgegebenen kleinsten Aussenabstands zwischen zwei Mikropfählen der ersten Mikropfahlgruppe ist eine maximale Höhe des Stützkörpers bestimmt.
15. Mit Mikropfählen in einem Baugrund verankerter Stützkörper, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikropfahlgruppe mindestens drei, vorzugsweise vier, fünf oder sechs Mikropfähle umfasst.
16. Mit Mikropfählen in einem Baugrund verankerter Stützkörper, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikropfähle der ersten Mikropfahlgruppe mit einer Länge von mindestens 1 m, vorzugsweise mindestens 3 m, insbesondere bevorzugt mindestens 5 m in den Baugrund hinunter ragen.

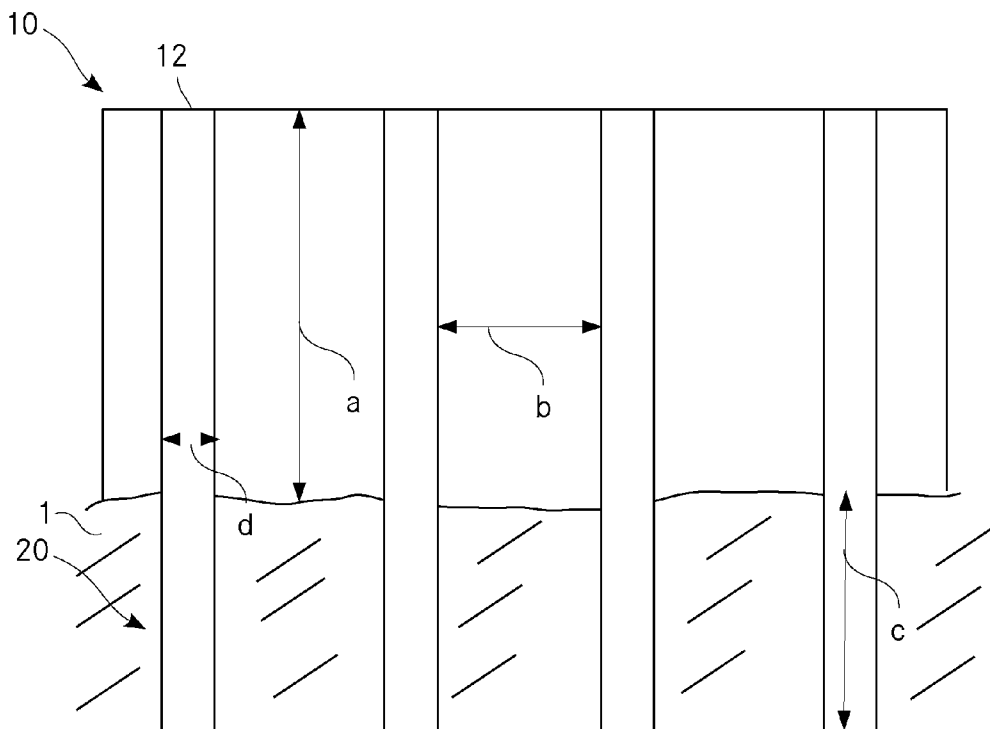


Fig. 1

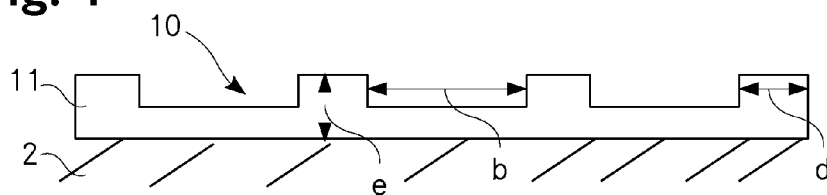


Fig. 2

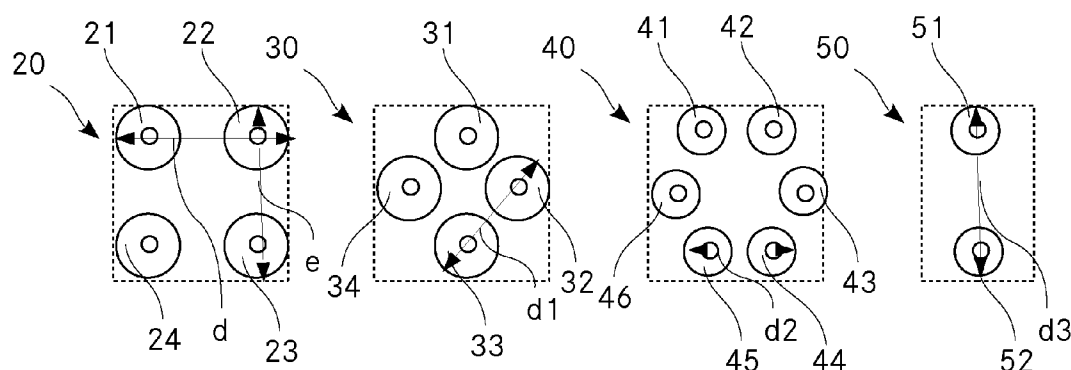


Fig. 3a

Fig. 3b

Fig. 3c

Fig. 3d

CH 720 069 A8

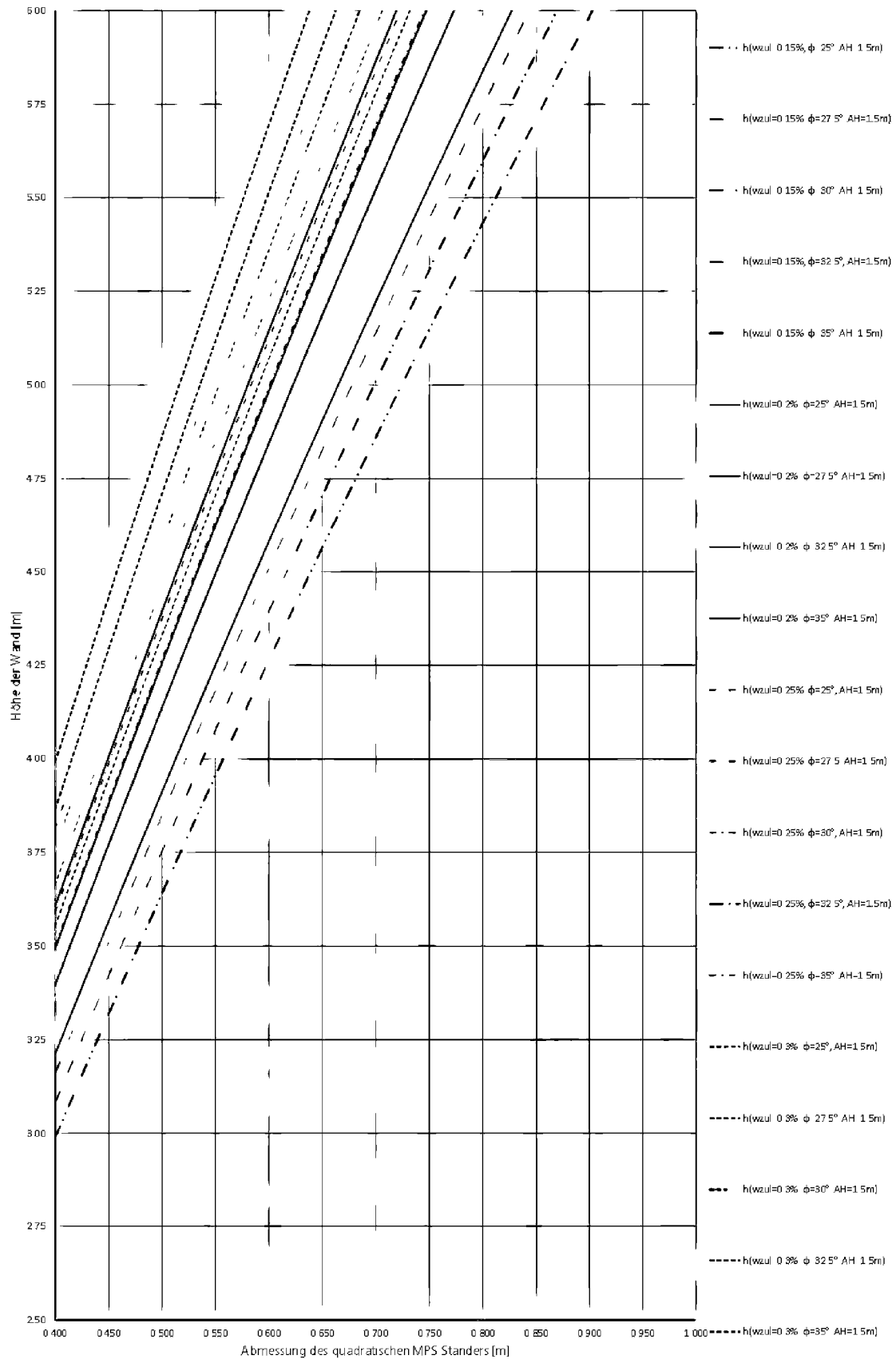


Fig. 4a

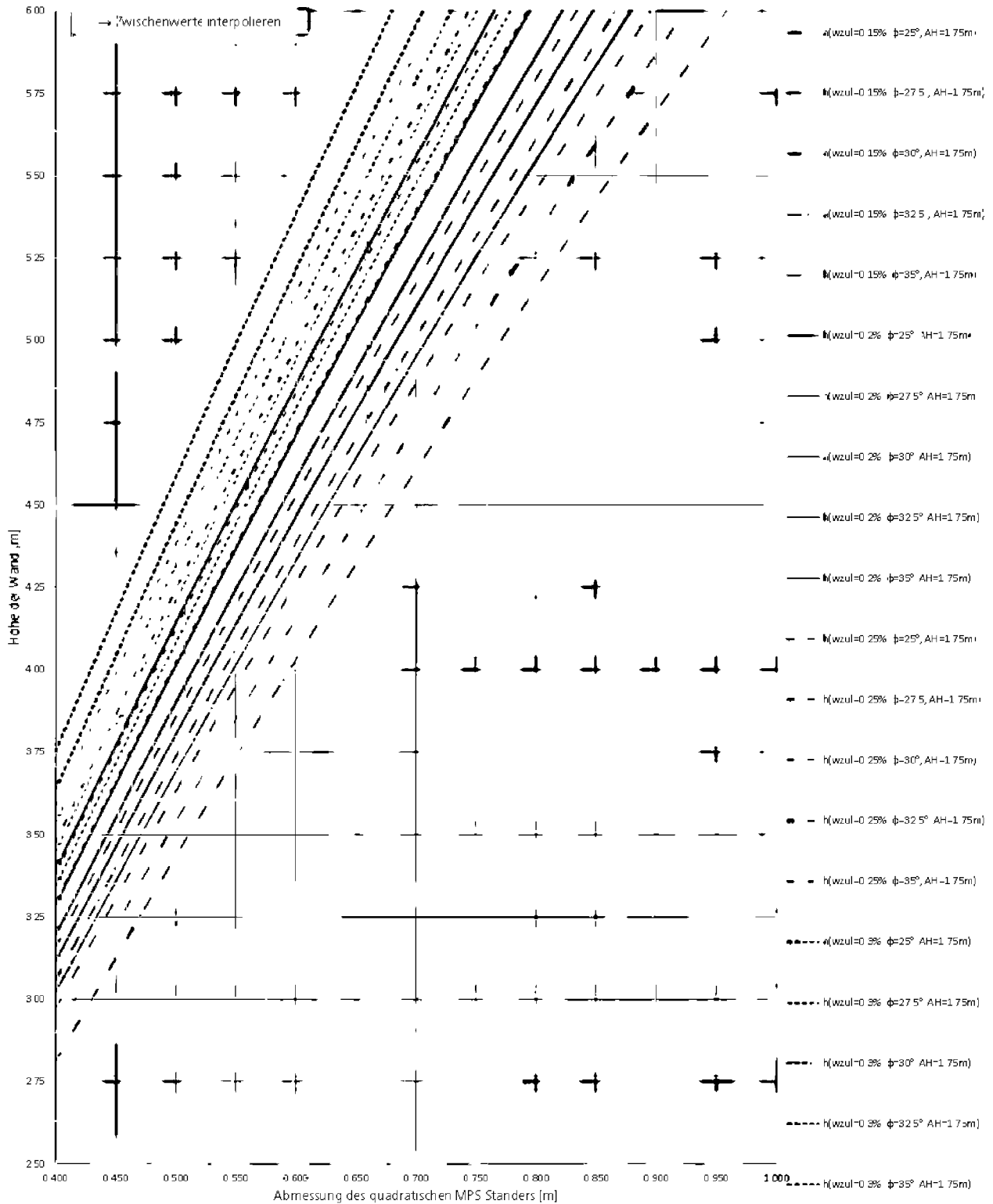


Fig. 4b

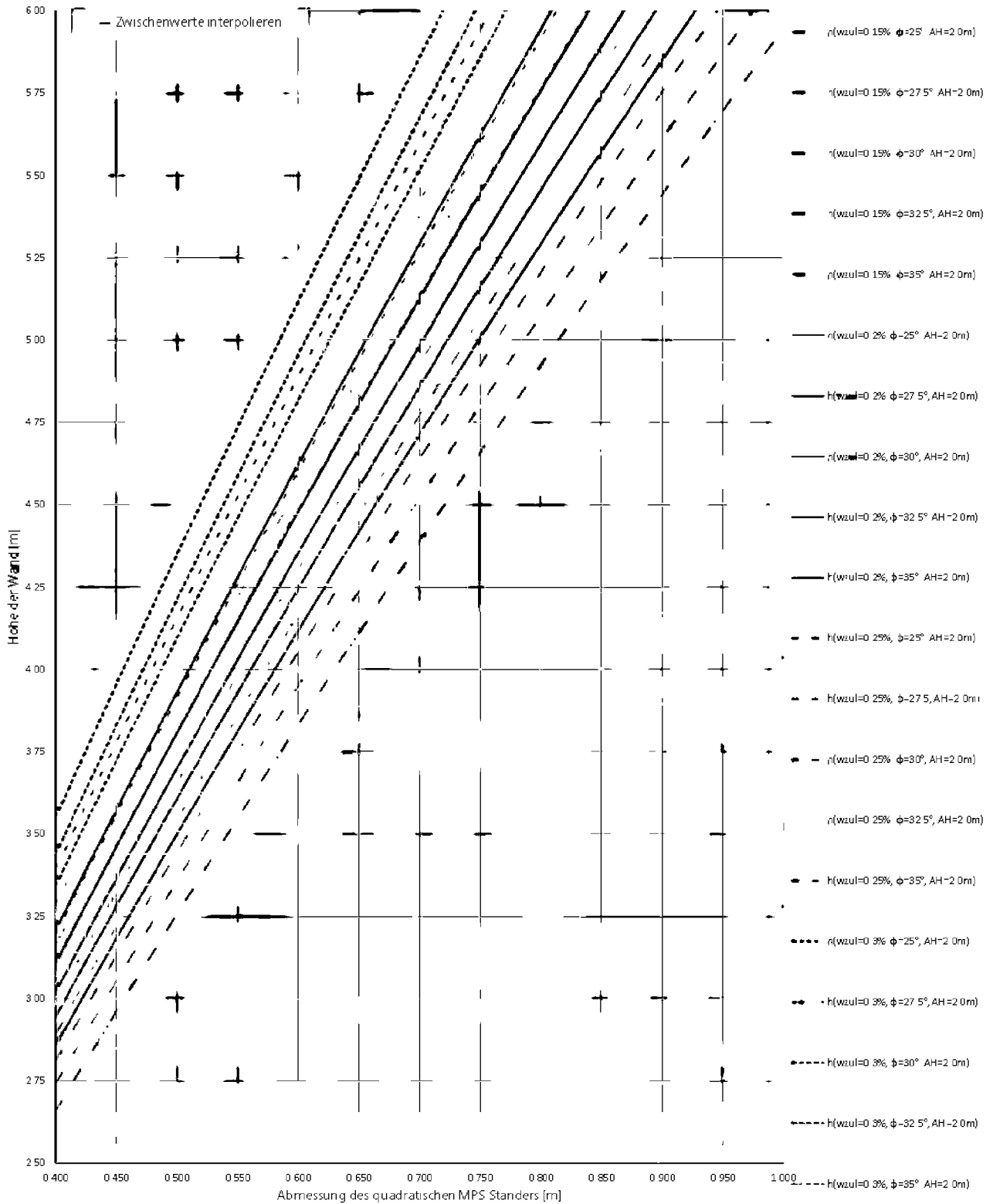


Fig. 4c

MPS Ständer in Funktion der Wandhöhe h , Abmessung des Ständers, Distanz zwischen den Ständern 2.25m & der erwarteten Verformung

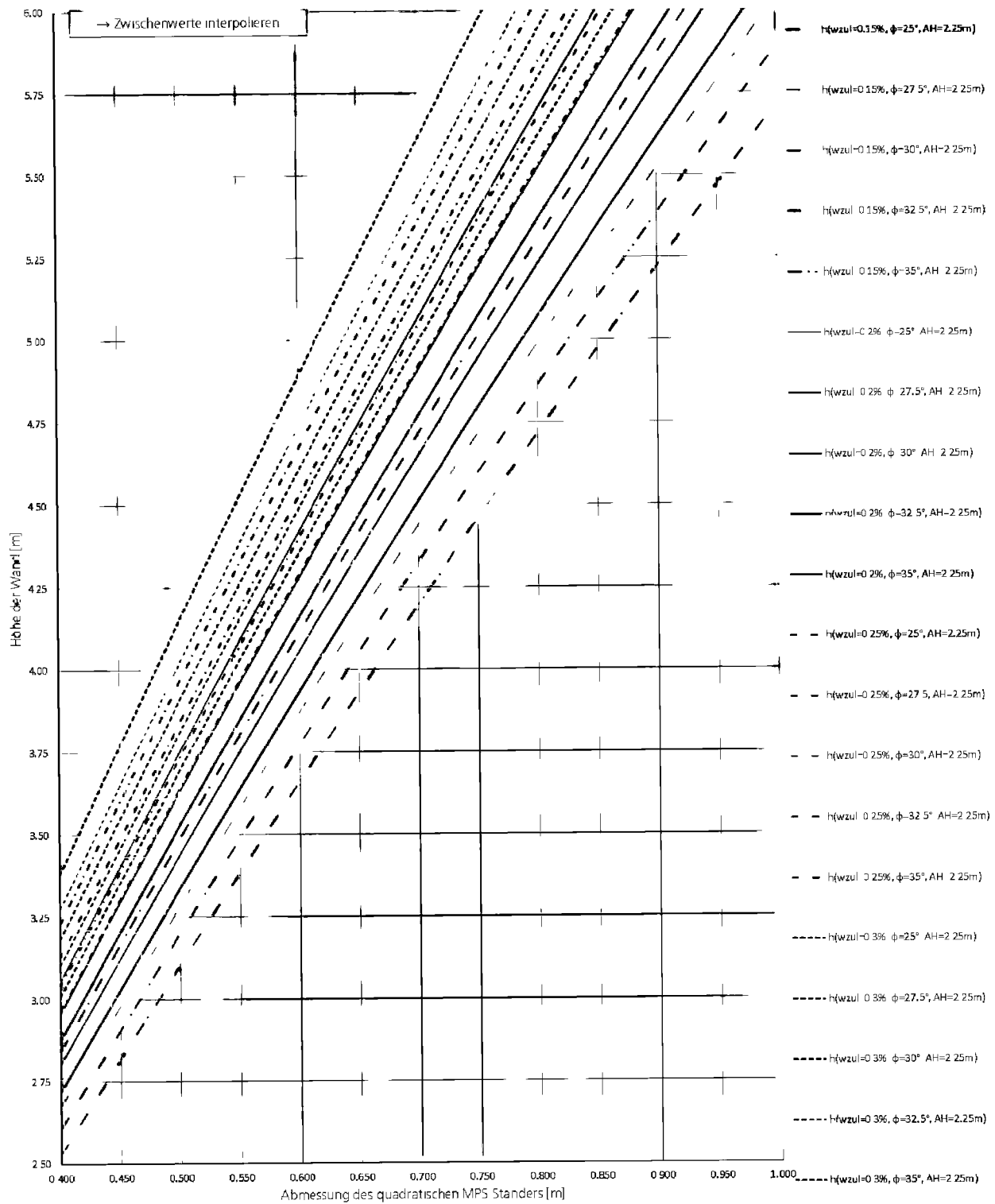


Fig. 4d

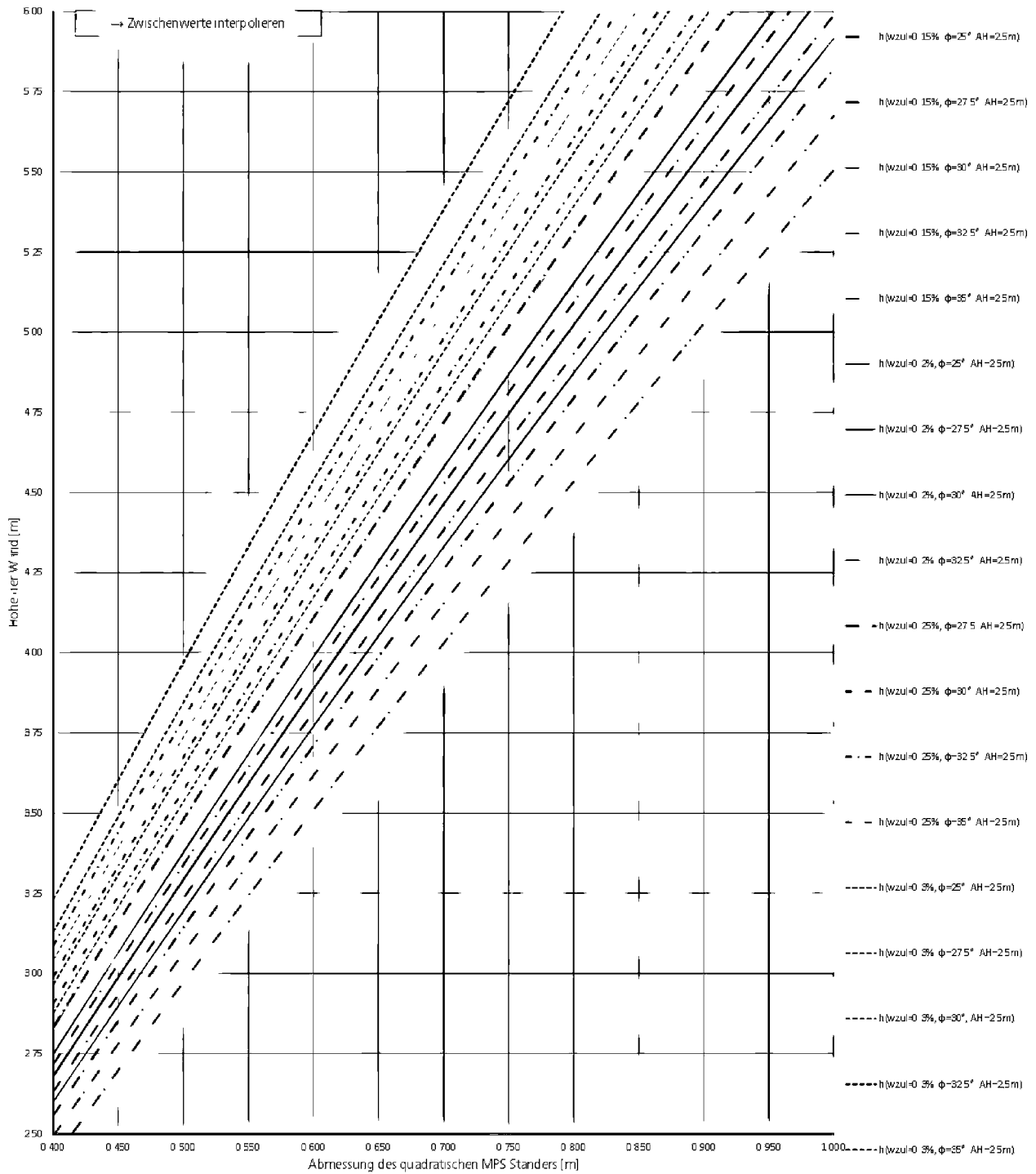


Fig. 4e

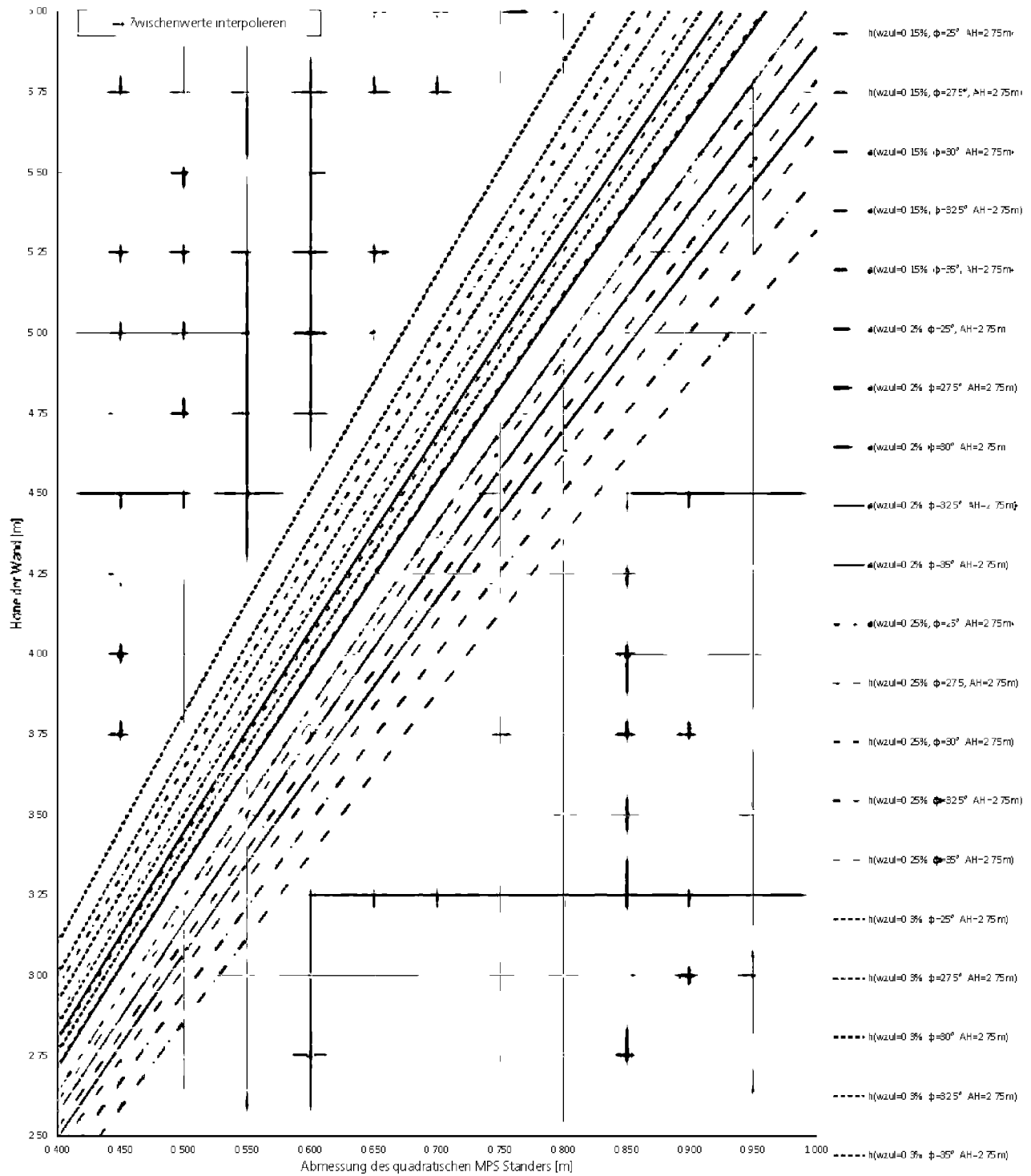


Fig. 4f

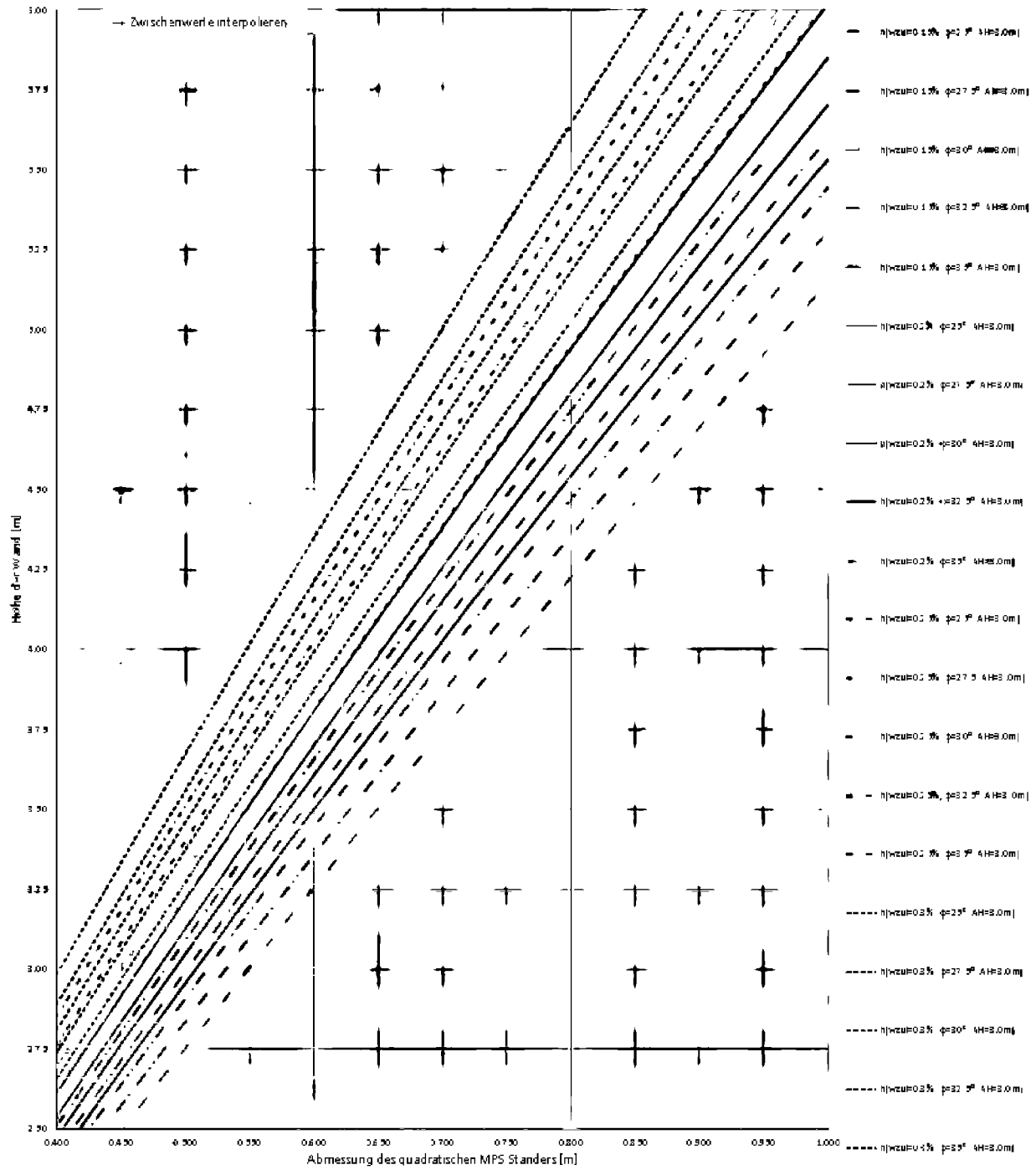


Fig. 4g