

Boden und Wasser

Büro für Hydrogeologie,
angewandte Geologie und Wasserwirtschaft

Diplom-Geologe

Robert Hurler

Untermauerbach
St.-Martin-Straße 11
D-86551 Aichach

Telefon 08251 / 7224 und 819890
Telefax 08251 / 51104

e-mail: bodenundwasser@t-online.de
www.BodenundWasser.de

Photovoltaikanlagen

auf

Stahl-Rammprofilen

Baugrund und Rammtiefe

Solaranlagen auf Stahl-Rammprofilen

Kurze Erläuterung der entscheidenden Faktoren bei der Ermittlung von Gründungstiefen für Solaranlagen

Proberammung oder Sondierung/Sondierbohrung?

Für die Gründung von Solaranlagen sind gerammte Stahlprofile eine beliebte, da kostengünstige Gründungsart, die sich überdies flexibel an die jeweiligen Erfordernisse anpassen lässt. Entscheidend für die Standsicherheit der Solaranlage ist dabei die Einleitung der Kräfte aus den Tischen in den Boden.

Bereits in der Planungsphase ist die notwendige Rammtiefe zu ermitteln. Hierfür wurden und werden oftmals Proberammungen vorgesehen.

Proberammungen werden üblicherweise so ausgeführt, dass ein Stahlprofil in den zu untersuchenden Boden eingerammt wird. Unmittelbar danach wird an diesem Profil Kraft horizontal und vertikal aufgebracht und die Reaktion (Verformung) des Profils oberhalb des Bodens gemessen.

Meistens wird zum Schluss das Profil wieder aus dem Boden gezogen und die dafür notwendige Kraft gemessen.

Bei dieser Methode werden also die an einem frisch eingerammten Stahlprofil auftretenden Verformungen und Kräfte ermittelt. Erkenntnisse über den Bodenaufbau und die bodenmechanischen Eigenschaften selbst werden aber nur sehr eingeschränkt gewonnen.

Im positiven Fall zeigt sich, dass das eingerammte Profil im Zustand der Messung die aus dem Gestell herrührenden Kräfte aufnehmen kann. Dann wird üblicherweise davon ausgegangen, dass dies auch nach Aufbau des Gestells so sein wird.

Vorteil:

Man führt ein Experiment vor Ort durch und zeigt bei diesem experimentellen Zustand, dass das Profil die geforderten Kräfte übertragen kann. Dies beinhaltet eine recht hohe Sicherheit.

Nachteil:

Der Bodenaufbau, die bodenmechanischen Eigenschaften insgesamt und die Situation des Solarfeldes aus ingenieurgeologischer Sicht werden nicht erkundet.

Der Boden unterhalb der gerammten Profile, der von der Krafteinleitung ebenfalls betroffen ist, bleibt unbekannt.

Der Aufwand für die Zugversuche ist relativ hoch (Rammtrupp mit LKWs, Ramme auf Kettenlafette, Radlader, zusätzlich Geologe oder zumindest Geotechniker mit Versuchsausrüstung und Messgeräten sind erforderlich).

Man misst außerdem in einer Situation, der in der Praxis später so nicht mehr auftritt. Oft ist noch ein Rammkanal vorhanden, der die Mantelreibung zwischen Profil und Boden erheblich vermindert. Die Oberfläche des Profils ist noch sehr glatt, teilweise sogar noch ölig von der Herstellung. Auch das verfälscht die Messung der Auszugskräfte deutlich.

Bei der Bodenerkundung erfährt das Untersuchungsobjekt (Boden) immer eine Veränderung bzw. Störung. Durch das Einrammen ist diese erheblich (z.B. Verdichtung im Nahbereich, Kornumlagerung, Verdrängung bestimmter Bodenbestandteile). Im Lauf der Zeit gehen diese Störungen z.T. wieder zurück. Diese Zeit steht aber beim Zugversuch nicht zur Verfügung.

Um über die obersten 2 m (also den Bodenbereich, der später die Kräfte aus der Solaranlage aufnehmen muss) hinreichend Daten zu gewinnen, wäre es nötig, zumindest beim eigentlichen Rammvorgang die jeweils erfolgte Eindringung nach einer bestimmten Anzahl von Schlägen genau zu messen, denn nur dabei ist der Störungszustand des Bodens noch möglichst gering. Dies sollte über den gesamten Rammvorgang hinweg erfolgen.

Diese Messung findet aber beim Proberammen nicht statt bzw. ist maschinentechnisch nicht möglich.

Zum Glück bewegen sich aber die geschilderten Schwächen dieser Methode auf der „sicheren Seite“. Das heißt, alle genannten Schwächen der Untersuchungsmethode ergeben eine geringere Belastbarkeit der Profile, als sie im Endzustand nach Fertigstellung des

Solarfeldes erreicht wird. Damit kann diese Erkundungsmethode in vielen Fällen angewandt werden, auch wenn dadurch oft unnötig große Rammtiefen errechnet werden.

Auch werden alle Faktoren, welche die geotechnische Stabilität des gesamten Feldes und nicht nur die einzelner Pfosten beeinflussen, nicht erfasst.

Alternative Methode:

Die Grundüberlegung besteht darin, dass die zu ermittelnden Parameter, die die Belastbarkeit von Stahlpfosten bestimmen, aus dem wechselnden Bodenaufbau und dessen unterschiedlicher Aufnahmefähigkeit für Kräfte herrühren.

Daher ist es sinnvoll, den Boden v.a. in den obersten 2 - 4 m möglichst genau zu erkunden. Mit den an die Bedürfnisse für Solaranlagen angepassten Berechnungsmethoden, die von Verfahren zur Ermittlung der Gründungstiefe von Lärmschutzwänden abgeleitet wurden, kann dann die notwendige Rammtiefe für beliebige Stahlpfosten zuverlässig berechnet werden, wenn:

- die Bodeneigenschaften hinreichend genau bekannt sind,
- die Dimensionen und Abmessungen des Rammprofils bekannt sind,
- die Kräfte und Momente, die auf den Rammpfosten wirken, bekannt sind.

Zusätzlich muss noch die vertikale Krafteinleitung in den Boden über die Mantelreibung der Pfosten rechnerisch geprüft werden. Meistens sind die Rammtiefen, die sich aus den horizontalen Kräften und Kippmomenten ergeben, ausreichend, um auch die vertikalen Kräfte aufzunehmen. In seltenen Fällen (sehr leichten Böden) kann aber eine Erhöhung der Rammtiefe zur Ableitung der vertikalen Kräfte notwendig werden.

Das Berechnungssystem selbst ist EDV-gestützt und über die ZTVE Lsw 88/03 homologisiert. Es basiert auf den Normen für die zulässige Belastung des Baugrundes (DIN/EN 1054).

Ist der Bodenaufbau gut bekannt, kann die Rammtiefe fast beliebiger Profile errechnet werden. Bei einem Wechsel der vorgesehenen Profile in der Planungsphase ist nur eine Neuberechnung, keine neue Erkundung notwendig.

Bisher haben wir weit über 200 Standorte von Solaranlagen mit dieser Methode begutachtet.

Diese lagen in:

- Deutschland,
- Belgien,
- Italien,
- Frankreich,
- Spanien, inkl. der Kanarischen Inseln,
- Bulgarien,
- Tschechische Republik,
- Slowakei,
- Griechenland,
- Israel.

In allen Fällen konnte eine zuverlässige Rammtiefenermittlung vorgenommen werden. Vor allem in der Anfangszeit wurde öfter durch anschließende Zugversuche die Standsicherheit auch experimentell erprobt. Die Ergebnisse haben sich durchweg als auf der sicheren Seite liegend bestätigt.

Die Methode wurde in allen Arten von Lockergesteinen angewandt, auch so ausgefallenen Böden wie tiefreichende Torfschichten und leichte Vulkanaschen.

Die Untersuchung erfolgt üblicherweise mit der leichten Rammsonde (DPL bzw. DPM), die sehr gut geeignet ist, die Bodenstruktur in den obersten Metern zuverlässig erkennbar zu machen. Schwerere Untersuchungsgeräte sind gerade in den Schichten unmittelbar unter der Erdoberfläche dazu oft nicht in der Lage. Die Untersuchung wird in jedem Fall so weit unter den Gründungshorizont geführt, dass alle dort liegenden Schichten mit Einfluss auf die Standsicherheit erkundet werden. Zusätzlich erfolgt eine Bodenerkundung durch Schlitzsonden oder Sondierbohrungen. Damit ist fallweise auch die Entnahme von Bodenproben möglich, falls dies z.B. aus Gründen der Beweissicherung gegen schädliche Auswaschungen aus Metallprofilen gewünscht wird.

Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist die flexible Einsatzmöglichkeit der Untersuchungsgeräte. Diese sind komplett in einem Geländewagen verlastbar; LKW, Minibagger, Radlader oder schwere Lafettenaggregate sind nicht notwendig. Der Aufwand an Gerät und Personal

ist damit auf das unbedingt notwendige Mindestmaß beschränkt. Die Zufahrt ist somit auch unter schwierigen Verhältnissen (Feldwege, hoher Bewuchs) und bei Hangneigungen bis über 20° möglich.

Bei sehr ungünstigen Umständen (z.B. bei stark aufgeweichtem Boden) kann das Gerät auch über die letzte Strecke bis zum Untersuchungspunkt getragen werden. Die Energieversorgung erfolgt dann vom Fahrzeug aus über Kabel mit bis zu 100 m Länge.

Falls Untersuchungen in weiter entfernten Ländern gefragt sind, steht auch eine komplette Rammsondiereinrichtung zur Verfügung, die als Fluggepäck mitgenommen werden kann. Damit können Gründungstiefen auch unter diesen Umständen in der Regel innerhalb von 10 Tagen nach Auftragserteilung verbindlich angegeben werden.

Zusätzlich zur rechnerischen Ermittlung der Rammtiefen erfolgt eine Bewertung folgender weiterer Faktoren:

- Korrosionsrisiko,
- langfristige Sicherheit gegen Setzungen,
- Begutachtung der gesamten Standsicherheit des Solarfeldes (z.B. gegen großflächige Erdrutsche in Hanglagen),
- Risiko von Überflutungen,
- Einfluss von Bodenfrost auf die Gründung,
- Wechselwirkung mit Grundwasser,
- Gefährdung durch Erdbeben.

Ferner werden Hinweise zur Sicherung der Erdoberfläche (z.B. durch gezielte Vegetationsentwicklung) gegeben, ebenso Angaben für die Gründung von Festbauwerken wie z.B. Trafostationen.

Gerade diese Hinweise und Angaben sind für die langfristige Betriebssicherheit von Solaranlagen (gefordert werden üblicherweise mindestens 20 Jahre) unerlässlich. Bei den nur auf Auszugsversuchen beruhenden Bewertungen fehlen diese Angaben oft vollständig.

Als Beispiel hierfür sei z.B. darauf hingewiesen, dass in vielen Gegenden Südtaliens und Spaniens die Böden bei Ramm- und Auszugsversuchen sehr gute Werte liefern, die Hänge selbst aber instabil sind. Diese Hanginstabilität ist durch die bisherige landwirtschaftliche

Nutzung und Bodenpflege oft verschleiert, für den erfahrenen Geologen aber zweifelsfrei erkennbar.

So mussten wir mehrere Felder, deren Gründungstiefe zwar korrekt nach bodenmechanischen Versuchen ermittelt war, bei denen aber die gesamte Situation nicht schlüssig und ausreichend bewertet wurde, nach großen Schadensfällen wegen Hangrutschungen begutachten und Lösungswege suchen.

Die Kosten für solche Sanierungen können oftmals den Wert der Anlage erreichen und damit eine Sanierung wirtschaftlich fast unmöglich machen.

Aichach, Mai 2010

R. Hurler



Dipl.-Geol.

Einsatzfahrzeug auf Ackerland



Einsatz im Bergland in Sizilien, links Bohrschuppe für Bodenproben



Schwierige Bedingungen in Südfrankreich, Alpes-de-Haute-Provence:

20 cm Neuschnee, Mistral-Sturm, Hangneigung 20°



Untersuchungsgebiet in der Wüste Negev, Israel
(Sondiereinrichtung als Fluggepäck mitgeführt)



Untersuchungsort mit Fahrzeug nicht erreichbar!
(Villeneuve-de-Marsan, Südwestfrankreich)

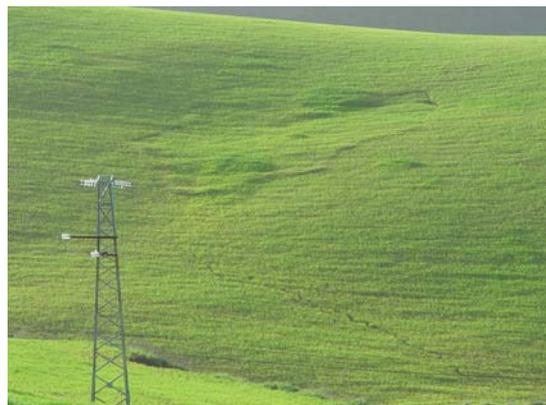


Schadensbilder aus einer Anlage, deren Gründung auf Basis von Ramm- und Zugversuchen geplant wurde. Nicht erkannt wurde bei der Untersuchung das Risiko von Erdrutschen und Murenabgängen.

Die einzelnen Pfosten stehen noch fest im Boden, aber der ganze Hang rutscht ab!



Durch Mure beschädigter Bereich



Erdrutsch im Acker am Gegenhang



Zerstörte Unterkonstruktion und beschädigte Paneele

Außerdem beschädigt: Fundamentplatten der Trafostationen, Erdkabel, Stützmauern, Zaun

Die auf dem Gelände vorgenommenen Zugversuche hatten im Boden ausreichende Haltekräfte ergeben.

Boden und Wasser Büro für Hydrogeologie, angewandte Geologie und Wasserwirtschaft

St. Martin-Straße 11 **D-86551 Aichach** Tel 08251 / 7224 Fax 08251 / 51104

bodenundwasser@t-online.de

Diese Karte zeigt einen Teil der von unserem Büro seit 2008 begutachteten Standorte:

