

Bodentragfähigkeit und Abstützung bei Kranen

Dr. Rudolf Saller, Altötting, Fachanwalt für Transport- und Speditionsrecht, Fachanwalt für Steuerrecht

Bodenversagen tritt häufig auf, wenn die Tragfähigkeit des Bodens unter den Abstützungen eines Fahrzeugkranes geringer ist als die einwirkenden Stützkräfte des Kranes. Eine unzureichende Bodentragfähigkeit, besonders in Verbindung mit dynamisch einwirkenden Kräften beim Betrieb des Kranes durch Lastaufnahme, Schwenken usw., kann das Einbrechen (Grundbruch) oder Einsinken (Verdichtung) unter einer Kranstütze in den Boden zur Folge haben. Geschieht dies, ändert sich schlagartig das Verhältnis von Kippmomenten zu den Standsicherheitsmomenten, ohne dass die Lastmomentbegrenzung noch irgendetwas dagegen ausrichten könnte. Der Kran kippt im nächsten Moment und stürzt um, der Kranführer hat in diesem Augenblick keine Handlungsmöglichkeit mehr, weil sich die Ausladung vergrößert und dadurch die Bodenbelastung noch mehr zunimmt.



Aus diesem Grunde regelt § 40 DGUV Vorschrift 52 „Krane“ folgende Pflichten des Unternehmers und Kranführers:

§ 40 Aufbau, Abbau und Umrüsten ortsveränderlicher Krane

(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass ortsveränderliche Krane nur auf tragfähigem Untergrund eingesetzt werden.

(2) Der Kranführer hat die Abstützungen bestimmungsgemäß zu benutzen und in Abhängigkeit von der Tragfähigkeit des Untergrundes entsprechend der Montageanweisung (Anm.d.A.: des Herstellers) zu unterbauen.

Wie das aber in concreto gehen soll, ist manchmal ein Buch mit sieben Siegeln.

Eine ausreichende Bodentragfähigkeit für die maximal auftretenden Stützkräfte des Kranes ist daher die entscheidende Voraussetzung für einen sicheren Kraneinsatz. Nach Erhebungen der Construction Safety Associations (CFCSA) in Kanada basieren 44 % aller Kranumstürze auf dem nicht erkannten Bodenrisiko, also fast die Hälfte aller schweren Kranunfälle, um nicht zu sagen Umfälle. Die Bodentragfähigkeit kann der Kranführer aber in der Regel nicht konkret ermitteln, sondern nur anhand der Bodenart und oberflächlich erkennbaren Korngrößenverteilung abschätzen. Einschlüsse, Hohlräume, Rohre, Leitungen, Kabel und Auelehme, Wasserlinsen o.ä. sind äußerlich und frei Auge überhaupt nicht erkennbar.



Ein solcher Schätzwert ist daher nicht ausreichend, um bei unsicheren Bodenverhältnissen die erforderliche Abstützfläche zu bestimmen. Es müssen daher bei der Arbeitsvorbereitung Angaben zur Bodentragfähigkeit durch den Kranbetreiber beim Auftraggeber eingeholt werden, um das Bodenrisiko aufzuklären (vgl. auch BGH, Urt. v. 28.01.2016, Az.-. I ZR 60/14). Beide Parteien müssen dabei zusammenwirken, so der BGH, weil das Baugrundrisiko zwar mitgebrachter Baustoff ist, aber der Besteller den Stützdruck des Kranes in der konkreten Einsatzsituation nicht kennen kann. § 645 BGB und § 644 BGB stehen sich daher nach Meinung des BGH in der vorgenannten Entscheidung gleichwertig gegenüber. Das Thüringer OLG in Jena hat das kurz danach auch für kombinierte Miet- und Dienstverschaffungsverträge (nach AGB-BSK Kran & Transport 2020 LT 1) bestätigt, weil die Interessenlage dieselbe sei (OLG Jena, Urt. v. 02.02.2020, Az.: 3 U 791/19).

Die Bodentragfähigkeit ist daher eigentlich nach DIN 1054 „zulässige Belastung des Baugrundes“ genau zu ermitteln und Einschlüsse, Hohlräume, Kabel, Leitungen etc. konkret auszumachen. Soweit die Theorie.



Die DGUV Information 214-005, „Sicherer Betrieb von gleislosen Fahrzeugkranen“ (Früher BGI 672) gibt hierzu folgende Hinweise, ebenso wie die DGUV Information „Sicherer Betrieb von Ladekranen“ 214-002 (früher BGI 610):

Zulässige Bodenpressungen nach DIN 1054	
Bodenart	N/cm²
1. Organische Böden	
im Allgemeinen:	
Torf, Faulschlamm Moorerde	0
2. Unverdichtete Schüttung:	
Bauschutt usw.	0 – 10
3. Nicht bindige Böden:	
Sand, Kies, Steine und ihre Mischungen	20
4. Bindige Böden:	
a) Toniger Schluff, vermischt mit z.B. Mutterboden	12
b) Schluff, bestehend aus Witterungs- und Hanglehm	13
c) Fetter Ton bestehend aus Ton und Auffüllungen	
steif	9
halbfest	14
fest	20

d) Gemischtkörniger Boden	
Ton bis Sand, Kies- und Steinbereiche	
Steif	15
Halbfest	22
fest	33
5. Fels in gleichmäßig festem Zustand:	
brüchig, mit Verwitterungsspuren	150
nicht brüchig	400

Das sind aber nur Durchschnittswerte aus der Erfahrung heraus. In unklaren oder kritischen Fällen hilft Georadar.

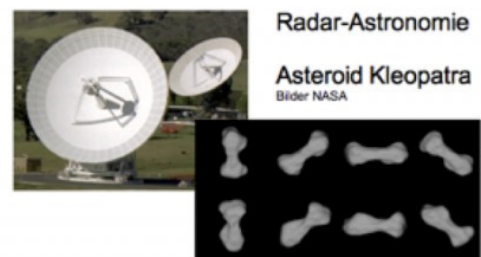
Das Messverfahren Bodenradar oder Georadar mit der Abkürzung Radar „Radio Detection and Ranging“ wurde Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelt. Es diente anfänglich im Bereich der Schiffsnavigation und später im militärischen Bereich dem Orten von Objekten, und zwar der Bestimmung der Entfernung zu diesen Objekten. Es sei hier erwähnt, dass der deutsche Ingenieur Christian Hülsemeyer der erste war, der sich mit dem Reflexionseffekt beschäftigte und 1904 ein Patent zur Ortung entfernter metallischer Gegenstände anmeldete. Dieses Messverfahren wurde schon sehr früh im geowissenschaftlichen Bereich unter der Bezeichnung Georadar-Messungen, oder auch Elektromagnetische Reflexionsmessungen (EMR) eingesetzt. Schon 1904 schlägt der schwedische Wissenschaftler O. Trüstedt ein Verfahren der Hochfrequenzmutung von Erzlagerstätten vor.



... bekannt

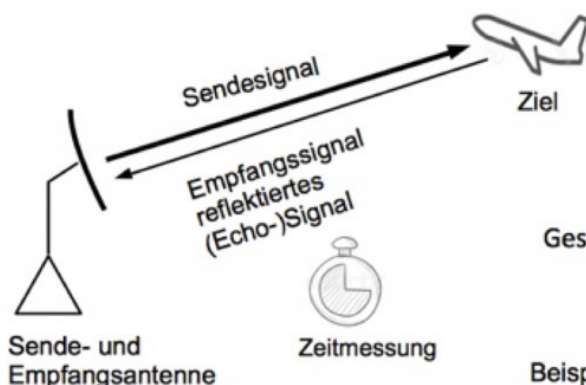


Schiffahrt



Radar-Astronomie

Asteroid Kleopatra
Bilder NASA



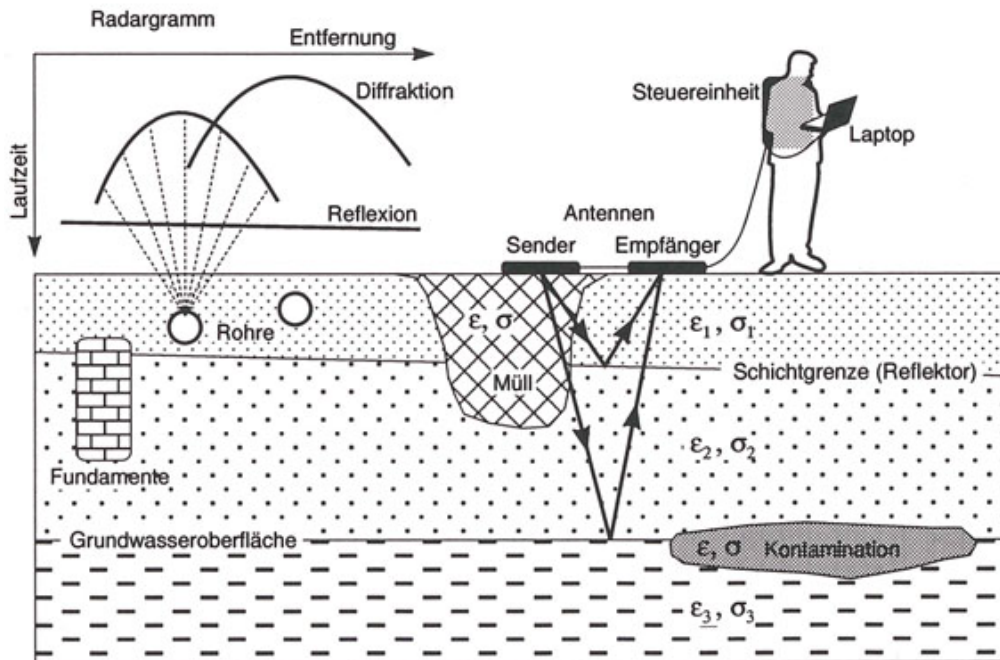
gemeinsames Prinzip

$$\text{Geschwindigkeit der Radarwellen} = \text{Weg} / \text{Zeit}$$

$$\text{Weg} = \text{Geschwindigkeit} \times \text{Zeit}$$

Beispiel Flugzeug 3 km Höhe
Geschwindigkeit der Radar-Signale in Luft (annähernd Lichtgeschwindigkeit) 300 000 km/s; Laufzeit hin und zurück 20 μ s (Mikrosekunden).

Heute ist es im internationalen Sprachgebrauch als „ground penetrating radar“ (GPR) bekannt und wird auch in der Kampfmittelräumung längst eingesetzt. Beim Georadar werden mit einer Sendeantenne hochfrequente elektromagnetische Impulse in den Untergrund abgestrahlt und mit einer Empfangsantenne das an Schichtgrenzen und vergrabenen Objekten zurückgeworfene Wellenfeld registriert.



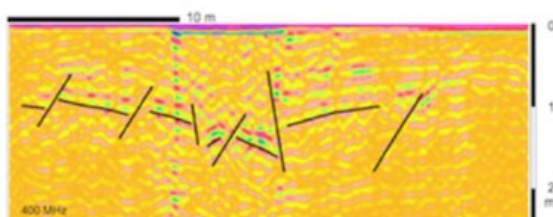
Leica bietet schon geraume Zeit das Georadarsystem DS 2000 an, um vor Beginn z.B. von Straßenbauarbeiten sich ein genaues Bild der Untergrundbeschaffenheit zu machen. Der Leica DS2000 Radar zur Ortung von Versorgungsleitungen erkennt alle potenziellen Gefahrenstellen, darunter nicht leitfähige Rohre und Glasfaserleitungen, und sorgt so für eine höhere Sicherheit, da das Risiko versehentlich auf unterirdische Anlagen zu stoßen damit verringert wird.



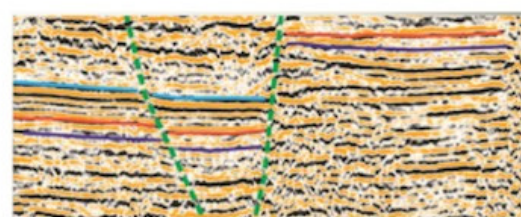
Bodenradar: elektromagnetische Impulse



Seismik: akustische Impulse

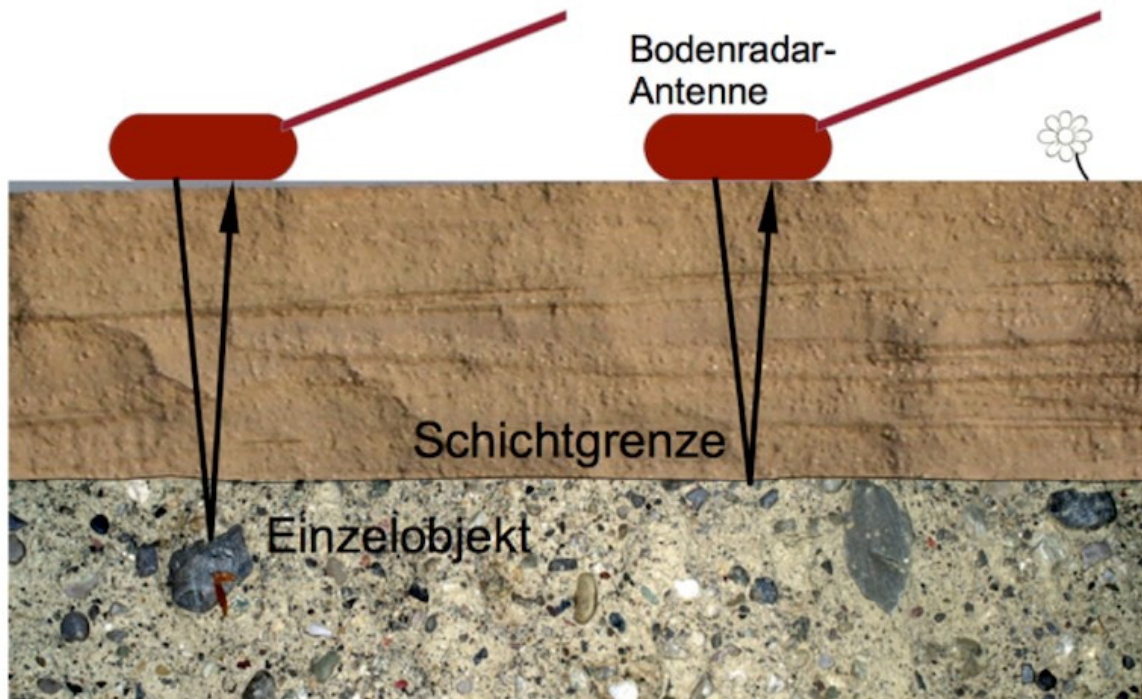


Radargramm



Seismogramm

Die DB Engineering und Consulting bietet längst ebenfalls Georadar-Datenerfassung an, um Unsichtbares sichtbar zu machen und damit den Bauherren vor unliebsamen Überraschungen während laufender Baumaßnahmen zu schützen. Mithilfe zerstörungsfreier Prüfungen, insbesondere dem Georadar-Verfahren, erkunden die DB Engineering und Consulting hochauflösend den Zustand von Verkehrswegen und Bauwerken. Das Georadar liefert dabei flächendeckende Informationen über Baugrund und Gebäudeteile – bis in eine Tiefe von vier Metern. Das Ergebnis ist ein umfassendes Abbild des Untergrunds sowie der darin verborgenen Kabel und Leitungen und somit wesentliche Grundlage für die weiteren Projektplanungen.

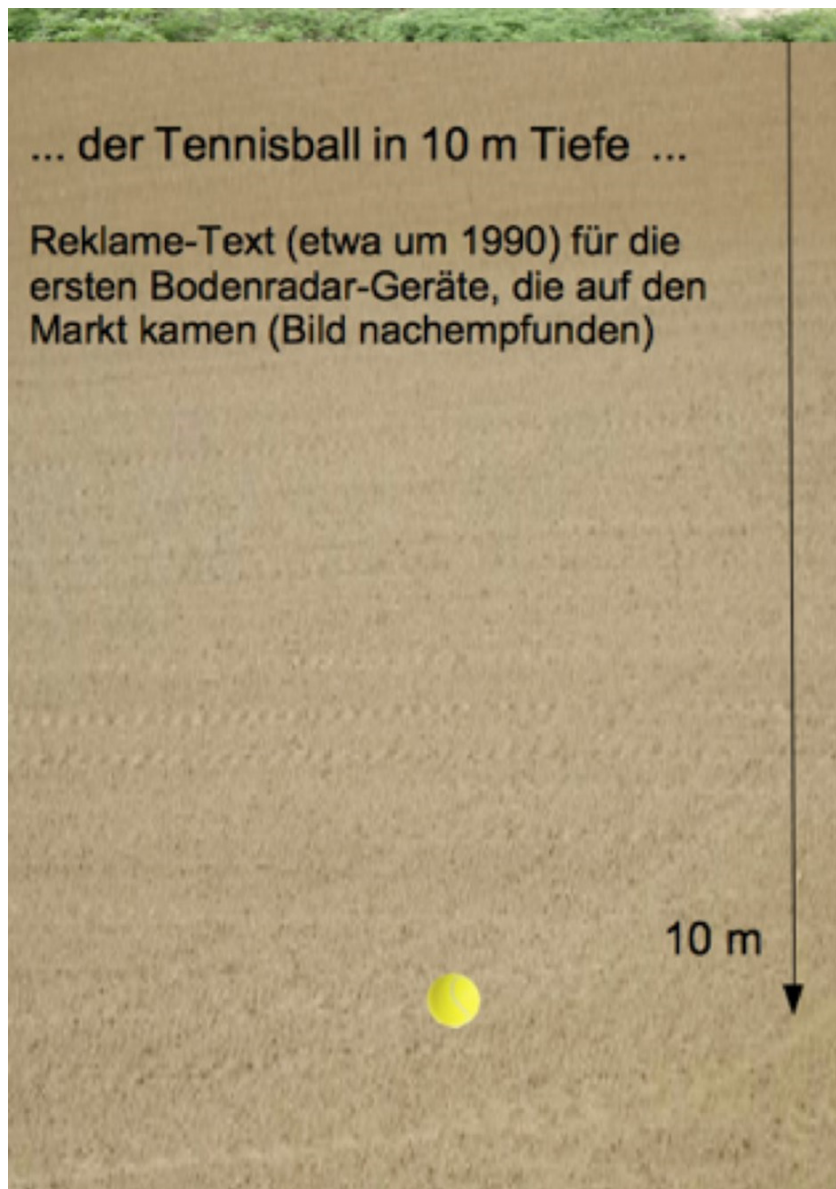


Geschwindigkeit der Radar-Signale im Boden/in Gesteinen größenordnungsmäßig 0,1 Meter/Nanosekunde (m/ns); Beispiel Schichtgrenze in 5 m Tiefe, Laufzeit (hin und zurück) größenordnungsmäßig 100 ns.

In unzugänglichen oder schwer zugänglichen Gebieten ist auch ein Überflug mit Hexacopter-Drohnen und einer Georadarkamera möglich. Der japanische Drohnen-Lösungsanbieter Terra-Drone hat eine neue Drohne vorgestellt, die unter der Erde liegende Rohre, Abwasserkanäle und Kabel aus der Luft mithilfe eines Bodenradars identifizieren und aufzeichnen kann. Solche Drohnen kommen mittlerweile in den verschiedensten Bereichen des Bauwesens oder der Sicherheitstechnik zum Einsatz. Der nun von Terra-Drone vorgeführte Ansatz ist jedoch bisher noch neu und verspricht großes Potenzial. Die neue Drohnenlösung soll in Zukunft aufwändige und teilweise auch für Menschen unsichere Kartierungs- und Vermessungsarbeiten von öffentlicher Energie- und Wasserinfrastruktur ermöglichen.



Die Techn. Hochschule Dresden hat das Verfahren verfeinert und bietet seit zwei Jahren eine Vorlesung im Bereich Nanotechnik über Radar-Sounder und Bodenradare (GPR) - Systemkonzepte, Eindringtiefe und Datenverarbeitung - Oberflächen-Clutter – Auflösung an. Einige Ingenieurbüros halten die Technik vor und bieten Sie am Markt an, wie z.B. Wolfert-Streetguard, Ingenieurbüro D. Bardenz Georadar GPR, GEO-LOG Ingenieurgesellschaft mbH, 3D Georadar, DMT Group usw.. Mit dieser modernen Bodenuntersuchungsmethode ist inzwischen eine zerstörungsfrei Bodenuntersuchung bis ca. 20 m Tiefe möglich. Alternativ ist natürlich auch eine statische Bodenprüfung durch Bohrung denkbar, liefert aber nur punktuelle Ergebnisse. Eine dynamische Bodenprüfung dagegen ist ein Schnelltest zur Ermittlung der Tragfähigkeit von verdichteten Materialien im Erd-, Grund- und Straßenbau. Er dient dem Nachweis der Eignung von Böden und Untergründen (z.B. Schüttlagen) als Baugrund und ermöglicht dem Anwender die sofortige Beurteilung der Verdichtungsqualität eingebauter Schichten. Alle dynamischen Lastplattendruckversuche liefern aber nur Ergebnisse für die ersten 50 cm der oberflächennahen Böden so auch der dynamische Plattendruckversuch nach TP BF-StB Teil B 8.3. Georadar reicht heute problemlos bis in 10 m Tiefe und mehr.



Erst wenn die tatsächlichen Bodentragfähigkeitswerte z.B. nach Baugrundgutachten vorliegen, können daher die erforderlichen Vorbereitungsmaßnahmen für die Kranabstützung auf der Baustelle richtig ermittelt und vereinbart werden. Dies können z. B. die Verdichtung des Untergrundes am vorgesehenen Aufstellplatz des Kranes durch den Auftraggeber oder der Einsatz von ausreichend großen Abstützplatten (i.d.R. Unterleghölzer oder sog. Trackways bzw. Baggermatratzen) sein. Eine Methode von begrenzter Wirksamkeit ist allerdings das gebräuchliche Unterlegen von Harthölzern (Kanthölzern) zu einer geschlossenen Fläche. Ist eine größere Unterbafläche oder ein Höhenausgleich erforderlich, reicht die auf dem Fahrzeugkran mitgeführte Anzahl von Unterleghölzern oft nicht aus, um eine ausreichend große Fläche daraus zu erstellen. Unterleghölzer sind außerdem statisch nicht definiert. Ihre Tragfähigkeit hängt von der Holzart, dem Alter und der Restfeuchte ab. Abbrechende Unterleghölzer fliegen häufig wie Geschosse umher und verursachen immer wieder schwere Kranunfälle. Es ist daher sinnvoll, die Größe der Abstützfläche über das Mindestmaß hinaus zu bemessen.

Auch auf den Anfahrtswegen ist eine ausreichende Bodentragfähigkeit erforderlich, denn bereits bei der Anfahrt zum Aufstellplatz können Fahrzeuge und Fahrzeugkrane wegen zu geringer Bodentragfähigkeit umkippen oder steckenbleiben.



(Eigenbau eines Kranbetreibers aus Bongossi)

Umgangssprachlich Harthölzer. Gemeint sind Holzarten mit hoher Dichte. Gute Witterungsbeständigkeit bieten Tropenhölzer, jedoch sind diese im Anbau (Raubbau) ökologisch bedenklich.

Typisch sind:

Bongossi (Eisenholz) ist auch unter dem Namen "Azobe" bekannt. Es ist eines der härtesten und schwersten Holzarten Westafrikas. Das Holz ist besonders beständig und resistent gegen Pilze und holzschädliche Insekten. Die technischen Eigenschaften der Azobe sind einzigartig und in ihren Anwendungsbereichen kaum zu ersetzen.

Okan (*Cylicodiscus gabonensis*) stammt aus dem Kongobecken und Gabun ist ein sehr schweres, elastisches und hartes Holz mit Festigkeitseigenschaften, die in etwa im Bereich von Bongossi (M-7)

Dabema (*Piptadeniastrum africanum*) Dauerhaftigkeitsklasse allerdings: 3 (mäßig)

Hinzu kommen die heimische Buche oder Esche.

Die Diskussion im Hansebubeforum unter „Abstützen extrem“ zeigt die Meinungsvielfalt auf:

„Wobei es große Preisunterschiede gibt die mit Qualitätsmerkmalen wie Astfreiheit, Verlauf der Maserung, Risse, Restfeuchte und Art der Trocknung, etc. zusammenhängen.

Bongossi-Unterleggehölzer sind bei Mobilkränen keineswegs selten. Durch die gute Stabilität braucht die Schichtdicke nicht so groß zu sein, wie bei vergleichbaren heimischen Hölzern; da ist das Gewicht dann wieder vergleichbar.

Andere Ansicht:

Die meisten Kanthölzer, die am Kran dabei mitgeführt werden, sind aus Fichte. Tropenhölzer meist als Unterbau von Raupenkränen. Eiche ist als Kantholz sackschwer und bricht durch die Kurzfaserigkeit leicht, dafür sehr druckstabil. Buche auch druckstabil aber nicht besonders wetterfest. Fichte relativ leicht, gut und günstig, bricht nicht so schnell und ist schnell ausgetauscht.

Oder halt entsprechender Stahlunterbau!!!



Gegenmeinung:

Fichte? Jetzt ernsthaft? Du schreibst selbst, dass Fichte relativ leicht ist. Was denkst Du denn warum alle druckstabilen Holzarten richtig schwer sind?

Da ist nichts dabei, das irgendwie etwas aushalten muss. Fichte ist vor allem eines: Billig!!!

Selbst im Möbelbau wird es nur ungern als Massivholz verarbeitet. Im Baumarkt ist es nur deshalb beliebt weil die durchschnittliche Kundschaft da mehr Geiz als Verstand hat.

Zum Unterbauen würde ich das nicht nehmen, erst recht nicht wenn 's drauf ankommt.“

Also was nehmen??? Jedenfalls aus der Sicht des Autors nur Unterlegplatten, die statisch definiert sind!!!

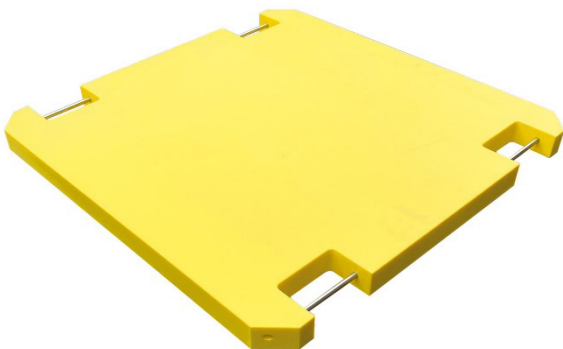


Die TRBS 2111-Teil 1 Mobile Arbeitsmittel, wozu auch und gerade mobile Krane gehören, schreibt bereits seit 2015 als organisatorische Maßnahme in Abschn. 3.3.6. Abs. 2 u.a. die Verwendung von Lastverteilerplatten vor:

- *sachgerechte Verwendung von Abstützungen (z. B. unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit des Untergrundes), Verwendung von Unterlegplatten zur Lastverteilung,*



Kranplatten, Kranmatten, Kranabstützplatten sowie Kranbalken aus Kunststoff (Polyamid) sind gegenüber Hölzern jeder Art langlebig, hochbelastbar und dienen zur sicheren und soliden Lastverteilung. Handelsüblich erhältlich sind sie in verschiedenen Größen von 800×800x40mm bis 4000×2000x140mm und frei konfigurierbar. Die Unterlegplatten für Kranstützen ermöglichen ein sicheres und stabiles Aufstellen und Abstützen eines jeden Kranes, ob Autokran, Mobilkran, Ladekran, Turmdrehkran oder sonstigen Fahrzeugen mit Kran-technik. Die Kranabstützplatten können einen Stützdruck, Stützkraft bzw. Lasten von bis zu 70 t aufnehmen und verteilen. Der verschleißarme Kunststoff aus PE500 Kunststoff ist besonders leistungsfähig, widerstandsfähig und ist beständig gegen Feuchtigkeit, Säuren und Öle. Kranplatten aus HDPE-Kunststoff sind sogar in 6 verschiedenen Größen bzw. Abmessungen im Handel frei erwerbbar. Sollten besondere Wünsche bezüglich des Aussehens, bestimmten Einfräsungen, Abmessungen oder Farbe bestehen, ist das auch möglich durch Einfärben des Werkstoffes in Firmenfarben etc..



In der Gegenüberstellung der Kunststoff-Kranabstützplatten und Unterleghölzern, schneidet die Kunststoffplatte mit Abstand am besten ab. Sie ist nicht nur langlebiger, witterungsbeständig und leichter zu tragen bzw. zu platzieren, sondern die Qualität im Allgemeinen spricht für sich. Sie sind deutlich leistungsstärker als Holz. Holz fault und verrottet, splittert, kann brechen, reißen, ist nicht hochbelastbar und ist sehr viel schwerer als eine Kunststoffkranplatte. Außerdem ist die Aufstandsfläche bzw. Lastverteilerfläche unter Druck statisch nicht definierbar, weil Holz aufgrund der Materialflexibilität aufschüsselt und es erhöht natürlich durch

das hohe Gewicht auch die zulässige Gesamtmasse des Fahrzeugkranes, was i.d.R. zur Überladung führt, die ihrerseits im Straßenverkehr massiv verfolgt wird, um die Infrastruktur zu schützen.



Also Holz auf Holz, klingt immer gut, aber als Kranunterlegplatte längst überholt und veraltet. Gut gemeint, aber i.d.R. schlecht gemacht. Kanthölzer, ab in den Ofen damit!!!