Abstand bildet sich für die beiden in der Zündfolge benachbarten Zylinder nur eine gemeinsame Stromspitze aus, so daß im Ergebnis als Zylinderzahl eine 6 erscheint und ebenso viele Dichtheitskennwerte vorliegen. Somit kann nur die mittlere Dichtheit für je zwei Zylinder geprüft werden.

Die Dichtheitskennwerte, bei betriebswarmen Motor aufzunehmen, dürfen nur zum Aufspüren eines Zylinders mit zu niedriger Kompression Anwendung finden. Das zeigen die Prüfergebnisse, die in Tabelle 1 zusammengefaßt sind, wobei die Kompressionsdrücke und Dichtheitskennziffern in unterschiedlichen Prüfvorgängen am selben Motor ermittelt wurden. Der Zylinder Nr. 7 hat einen bemerkenswert niedrigen Kompressionsdruck (5,4 bar). Die zugehörige Dichtheitskennziffer ergab mit dem Programm MODI 0,36. Dieser Wert liegt weit unter dem unteren Grenzwert von 0,7. Der Wert 1,70 für den 8. Zylinder darf nicht als hohe Kompression angesehen werden. Er entsteht u. a. durch die lokal veränderte Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle infolge der im 7. Zylinder auftretenden erhöhten Druckverluste. Der Kompressionsdruck unterliegt ohnehin von Messung zu Messung Schwankungen. Eine Differenz von 0,2 bar darf deshalb nicht als markanter Unterschied gewertet werden.

Tabelle 2 Versuchsergebnisse an einem 6-Zylinder-Ottomotor

Anzahl der arbeitenden Zylinder	6	5	4
α_H in rad/s²	278	211	175
Bezug auf 6 Zylinder in %	100	76	63
α_{Ab} in rad/s²	117	124	116
$\alpha_H + \alpha_{Ab}$ in rad/s²	395	335	291
Bezug auf 6 Zylinder in %	100	85	74

Beim Programm MODI erweist sich die 8-Bit-Auflösung des Analog-Digital-Umsetzers für die Anpassung der Stromwandlerzange als Problem, denn die absolute Höhe des Anlaßstroms wird beeinflußt vom technischen Zustand der Batterie, des Anlassers und des Kurbeltriebes sowie von erhöhten Übergangswiderständen in der elektrischen Anlage. Mehrere Anlaßvorgänge in kurzen Zeitabständen verändern erheblich das Lastverhalten der Batterie. Deshalb sollte nicht mehr als dreimal mit dem Programm MODI hintereinander an einem Fahrzeug gemessen werden.
Verminderte Kompressionsdrücke in allen Zylindern mit annähernd gleichem Betrag kommen im Ergebnis der Dichtheitskennziffern nicht zum Ausdruck. Deshalb empfiehlt es sich, eine komplexe Wertung der Ergebnisse mit denen aus dem Programm MOLE vorzunehmen.

4. Indirekte Leistungsbewertung

Mit der Impulsfolge aller 3,6°-Kurbelwellenwinkel als Diagnosesignal (100 Impulse je Umdrehung) werden im Programm MOLE beim Hoch- und Abtouren des lastlos betriebenen, betriebswarmen Verbrennungsmotors die mittleren Werte für das Beschleunigen α_H und das Verzögern α_{Ab} ermittelt.
An einem 6-Zylinder-Ottomotor wurde die Zylinderabschaltung untersucht (Tabelle 2). Das Beschleunigen α_H beim Hochtouren kann pauschal als Maß zur Bewertung der effektiven Motorleistung gesehen werden. Demgegenüber zeigt das Verzögern α_{Ab} beim Abtouren (Auslaufvorgang der Kurbelwelle) mechanische Verluste und Kompressionsverluste an. [6] Im realen Motorbetrieb liegen diese Werte wegen der Verbrennungsdrücke etwas höher. Trotzdem erscheint für eine globale Wertung die Addition von α_H und α_{Ab} als annähernd indirektes Maß für die indizierte Motorleistung geeignet. Damit läßt sich anhand der Prüfergebnisse folgende Einschätzung vornehmen: Das Abschalten eines von sechs Zylindern brachte eine Minderung von 15 % der indizierten bzw. 24 % der effektiven Motorleistung. Nach Abschalten von zwei Zylindern, also einem Drittel der Zylinderzahl, ergaben sich die Größen 26 % bzw. 37 %, was der Erwartung entspricht.

Beide Motorenprüfprogramme MODI und MOLE lassen in der komplexen Wertung erhöhte mechanische und Kompressionsverluste sowie Leistungsminderungen durch die Kraftstoff- oder Zündanlage erkennen, während andere technische Mängel, wie ein zu hoher Verschleiß an der Zylinder/Kolben-Gruppe, nicht erfaßbar sind.

In der praktischen Anwendung beider Programme erwies sich die Handhabung des Drehwinkelgebers als problematisch. Bei einer Reihe von Kfz besteht keine Möglichkeit zu seiner Anwendung, weil der Zugang zur Keilriemenscheibe an der Kurbelwelle erschwert oder kein drehendes Teil von der Kurbelwelle herausgeführt ist. Die Keilriemenscheibe besitzt mitunter sogar innerhalb eines Kfz-Typs unterschiedliche Befestigungsarten.

Außerdem verlangt das manuelle Andrükken des Gummikegels an die Keilriemenscheibe (Prinzip eines Handdrehzahlmes-

Fortsetzung auf Seite 83

Literatur:

[1] H. Brameyer, S. Friebel, Motoren und Bremsanlagen mit UDS 80 überprüft. In: militärtechnik, H. 5/1989, S. 249 ff.
[2] W. Runge, Ist die Bremsprüfung ohne Meßgerät möglich? In: militärtechnik, H. 4/1989, S. 211—213.
[3] VEB Wissenschaftlich-Technisches Zentrum des Kraftverkehrs Dresden, VE Verkehrskombinat Gera, Universelles Diagnosesystem UDS 80, Ausg. 1980.
[4] W. Runge, Entwicklung und Erprobung eines rechnergestützten Bremsprüfverfahrens im Fahrversuch, Diss. A, Militärakademie „Friedrich Engels", Dresden 1983.
[5] A. Schulze, Theorie des Militärkraftfahrzeugs, Berlin 1988.
[6] A. Müsch, P. Oehler, Verbrennungsmotoren für Militärkraftfahrzeuge, Berlin 1988.

Winterbaumaßnahmen bei Pionierarbeiten

Hauptmann Dipl.-Ing. R. MIERTSCHINK
Leutnant Dipl.-Ing. C. WEIMANN

Winterliche Witterungsbedingungen erfordern, besonders bei Pionierbauarbeiten zusätzliche Maßnahmen durchzuführen.

Viele verwendete Baustoffe verändern abhängig von der Temperatur ihre Eigenschaften. Deshalb soll im folgenden auf einige Besonderheiten hingewiesen werden, die von den Pioniertruppen zu beachten sind, um auch im Winter erfolgreich bauen zu können.

1. Meteorologische Betrachtungen und Analyse der Pionierbauaufgaben

Unter Winterbauarbeiten sind Bauaufgaben zu verstehen, die an Kalt- (0 bis 5 °C), Frost- (zeitweise unter 0 °C) und/oder Eistagen (ständig unter 0 °C) ausgeführt werden.
Die meisten Bauaufgaben lassen sich bis 5 °C ohne wesentliche Einschränkungen erfüllen. Ausnahmen bilden Anstricharbeiten. Sie erfordern Umgebungs- und Verarbeitungstemperaturen über 10 °C. Für alle anderen Temperaturbereiche unter 5 °C sind in Abhängigkeit von den Baustoffeigenschaften und den durchzuführenden Arbeiten spezielle Maßnahmen notwendig.

Neben den niedrigen Temperaturen müssen im Winter die Windverhältnisse beachtet werden. Diese können zusätzliche Belastungen und Gefährdungen (schnelles Abkühlen, Losreißen und „Herumfliegen" von Baumaterial, Reduzieren der Einsatzgrenzen für Hebezeuge) mit sich bringen.

Um auch unter winterlichen Bedingungen maximale Bauleistungen zu erzielen, gilt es, regelmäßig entsprechende Informationen über die Wetterlage einzuholen und auszuwerten.
Zu den von Pioniereinheiten durchzuführenden Bauarbeiten gehören u. a., Feldbefestigungsanlagen zu bauen, Marschstraßen und Kolonnenwege anzulegen und instandzusetzen sowie Behelfsbrücken zu errichten. Für die genannten Arbeiten sind verschiedene Baumaterialien notwendig. Am häufigsten werden Holz und daraus gefertigte Elemente, Gesteinsbaustoffe (Lockergesteine), Beton, insbesondere Betonfertigteile, sowie Stahl und Stahlbaukonstruktionen eingesetzt. Für spezielle Aufgaben können weitere Baustoffe verwendet werden, beispielsweise Geotextilien, Dichtungsbaustoffe (Bitumina, bituminierte Pappen, Folien), Anstrichstoffe und Klebstoffe.

Da für die unterschiedlichen Bauaufgaben der Pioniertruppen im wesentlichen die gleichen Baustoffe verwendet bzw. bearbei-

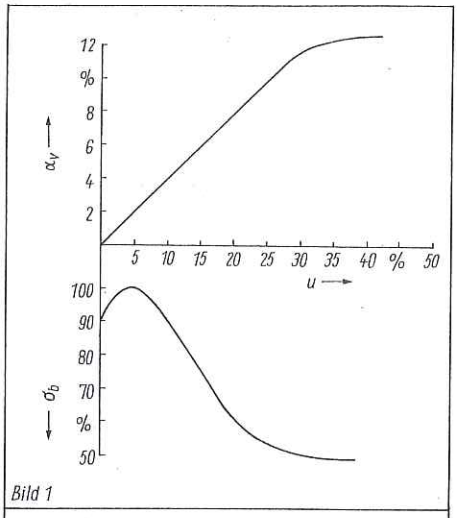

Bild 1

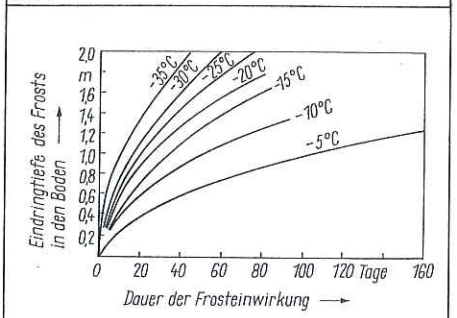

Bild 2

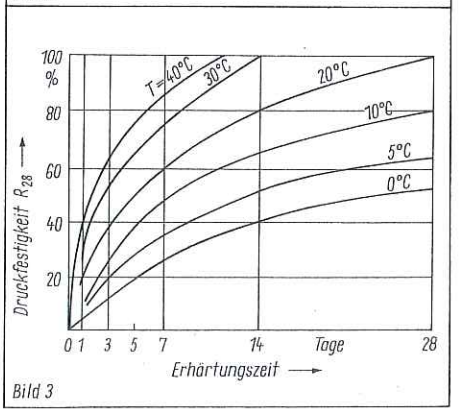

Bild 3

Bild 1 Abhängigkeit der Quellung α_v (räumlich) und der Biegefestigkeit σ_b von der Holzfeuchte u für Kiefer [2, 4]

Bild 2 Abschätzung der Frosttiefe von der Temperatur und der Dauer der Frosteinwirkung [7]

Bild 3 Verlauf der Festigkeitsentwicklung eines Betons BK 20 mit PZ 7 in Abhängigkeit der Temperatur [6]

tet werden, scheint eine baustofforientierte Unterteilung der Winterbaumaßnahmen zweckmäßig.

2. Baustoffabhängige Winterbaumaßnahmen

2.1. Holz

Das Bauen mit Holz ist weniger witterungsabhängig als das mit anderen Materialien, z. B. mit Beton. Dennoch sollten einige Grundsätze beachtet werden.

Das in der Winterperiode zu verbauende Holz ist vor Niederschlägen und ständiger Durchfeuchtung zu schützen. Holz quillt und verliert mit steigendem Feuchtegehalt an Festigkeit (Bild 1).

Das Verarbeiten von vereistem Holz birgt eine erhöhte Gefahr von Arbeitsunfällen in sich. Außerdem nutzen sich die Werkzeuge, besonders Sägen, stärker ab. Aus vereistem oder sehr feuchtem Holz hergestellte tragende Verbindungen verlieren beim Auftauen oder Austrocknen teilweise oder ganz ihre Festigkeit (Einsturzgefahr!). Die negativen Auswirkungen lassen sich teilweise kompensieren, wenn

- kein nasses oder vereistes Holz verbaut sowie zu be- und verarbeitendes vereistes Holz beispielsweise in beheizbaren Zelten aufgetaut wird,
- Holz vorrangig in halboffenen, überdachten Lagern aufbewahrt wird (Stapelordnung nach TGL 4945 [1] einhalten),
- Bauteile für Konstruktionen unter überdachten Arbeitsflächen (Schutz vor Niederschlag) vorgefertigt und
- Holzschutzmaßnahmen (Imprägnieren) am frischen Holz nur bei Temperaturen über den Gefrierpunkt (besser aber über 5 °C) ausgeführt werden.

2.2. Gesteinsbaustoffe (Lockergestein)

Lockergesteine, in ihrer ursprünglichen Lagerung auch als Erdstoffe bezeichnet, verwenden die Pioniertruppen vorrangig beim Bau von Feldbefestigungsanlagen sowie beim Straßen- und Wegebau. Dabei werden drei Arbeiten unterschieden:

- Lockergestein lösen („ausheben") und laden,
- Lockergestein transportieren sowie
- Lockergestein einbauen und verdichten.

Das einzelne Lockergesteinskorn (Mineral) ist witterungsunempfindlich. Lockergesteine, insbesondere die bindigen, enthalten mehr oder weniger Wasser. Ihre Eigenschaften verändern sich bei Temperaturen unter 0 °C erheblich. Sie erhalten eine Festigkeit, die bei Temperaturanstieg über 0 °C sofort wieder verlorengeht. Das kann zu großen Schäden z. B. an Marschstraßen und Kolonnenwegen führen.

Andererseits erschwert gefrorener Erdstoff die Aushubarbeiten. Das kann unter anderem erfordern, den Erdstoff mit Sprengmitteln vorzulösen. Eine Entscheidungshilfe für die Wahl der zweckmäßigen Lösetechnik kann das Abschätzen der Frosttiefe sein (Bild 2). Mit zunehmender Frosttiefe ist leistungsfähigere Lösetechnik einzusetzen.

Wird wasserhaltiger Erdstoff bei geringen Temperaturen transportiert, „klebt" er an der Ladefläche des Transportfahrzeugs fest. Erhebliche Behinderungen des Entladevorgangs und eine Minderung der Transportleistung sind die Folge. Gefrorenes Lockergestein läßt sich schlecht bzw. gar nicht verdichten. Außerdem besteht die Gefahr der sogenannten Eislinsenbildung. In Tauperioden können sich die Erdstoffe setzen. Daraus resultieren weitere Schäden, beispielsweise bilden sich in Kolonnenwegen Schlaglöcher oder Böschungen rutschen weg.

Zu beachten gilt, daß bei tiefen Temperaturen rollige, nichtbindige Lockergesteine weniger frostempfindlich sind als bindige. Für Winterbaumaßnahmen, bei denen Lokkergesteine verwendet werden, ist es unter anderem zweckmäßig

- die Arbeiten (bis auf technologisch bedingte Stillstandzeiten) zügig durchzuführen,
- geeignete Lösetechnik einzusetzen,
- kurze Transportentfernungen festzulegen,
- keinen gefrorenen Erdstoff einzubauen und zu verdichten, wenn die Gefahr des Auftauens besteht,
- ein Gefrieren der Lockergesteine möglichst zu verhindern (wiedereinzubauenden Erdstoff mit Planen o. ä. abdecken),
- Transportfahrzeuge mit beheizbarer Ladefläche einzusetzen und
- möglichst rollige Lockergesteine zu verwenden.

2.3. Beton

Beton kann bei Pionierarbeiten als Betonfertigteil (meist Stahlbeton) und als monolithischer Beton (meist unbewehrter Beton) eingesetzt werden. Ist die Verarbeitung der Betonfertigteile selbst bei niedrigen Temperaturen relativ unkompliziert, so muß bei monolithischem Beton mit einigen Schwierigkeiten gerechnet werden.

Beton erhärtet infolge der Hydratation des Zements. Sinkt die Umgebungstemperatur, verläuft die Hydratation langsamer, der Beton bleibt in seiner Festigkeitsentwicklung zurück (Bild 3). Gefriert das Wasser im Beton (trotz vorhandener Hydratationswärme), zerstört der Eisdruck die Zementsteinstruktur, und der Haftverbund mit den Zuschlagstoffen und dem Bewehrungsstahl wird vermindert.

Schnee und Eis an den Fertigteilen, der Bewehrung und der Schalung wirken sich ebenfalls negativ auf die Betonqualität aus.

Bei Winterbaumaßnahmen hat sich bewährt, daß

- möglichst wenige Arbeitsunterbrechungen zugelassen, keine gefrorenen Zuschlagstoffe und Anmachwasser verwendet, Zuschlagstoffe und Anmachwasser vorgewärmt und Schalungen, Bewehrung und Fertigteile schnee- und eisfrei gehalten werden,
- Zemente mit hoher Hydratationswärme (PZ 1, PZ 5, PZ 6) verwendet, der Zementgehalt eventuell erhöht und der Wasser-Zement-Wert W/Z $\leq$ 0,6 gewählt werden und
- kurze Transportwege festgelegt werden, Frischbeton durch Abdecken mit Matten und Planen (eventuell Heißluftzufuhr) mindestens 72 Stunden über 0 °C gehalten wird, wiederholte Frost-Tau-Wechsel unbedingt vermieden sowie, wenn erforderlich, Frostschutzmittel und Erhärtungsbeschleuniger eingesetzt werden.

Bei Temperaturen unter —15 °C sind Betonierarbeiten einzustellen.

2.4. Stahl

Stahl ist aufgrund seiner vorteilhaften technisch-technologischen Eigenschaften ein vielseitig anwendbarer Baustoff. Probleme können bei niedrigen Temperaturen beim Kaltverformen (Sprödbruch) und beim Schweißen auftreten. Während das Erstgenannte bei den in der DDR auftretenden Temperaturen von untergeordneter Bedeutung ist, sind die Temperatureinflüsse beim Schweißen größer. Die Einsatzgrenze für Schweißarbeiten liegt bei —20 °C.

Bei niedrigen Temperaturen sollten nur allgemeine Bau- und Betonstähle verschweißt werden. Als spezielle Maßnahmen sind u. a. zu beachten:

- möglichst geschützte Arbeitsplätze (beheizbare Räume oder Wärmequellen in der Nähe des Arbeitsplatzes aufstellen – Achtung Explosionsgefahr!) nutzen bzw. ein schnelles Abkühlen der Schweißnaht verhindern (mit Mineralwolle abdecken),
- Schweißstelle vor den Arbeiten trocknen (offene Flamme möglich), und Verbindungsstellen vorwärmen,
- vereiste Druckminderer an Gasflaschen beim Auftauen nicht über 50 °C erwärmen (keine offene Flamme verwenden!),
- Elektroschweißanlagen vor Feuchtigkeit schützen,
- Schlacke bei Temperaturen unter 5 °C nicht mittels Schlagen entfernen.

2.5. Spezielle Baustoffe

Geotextilien

Winterlich bedingte Einsatzbeschränkungen für Geotextilien liegen zumeist in denen der zu verarbeitenden Lockergesteine und der eventuell verwendeten Klebstoffe begründet.

Müssen Klebstoffe verwendet werden, um die einzelnen Textillagen ordnungsgemäß zu verbinden, sind die Arbeiten im allgemeinen unter 5 °C einzustellen.

Einige Geotextilien enthalten Plastfäden oder sind plastbeschichtet (z. B. KB 2, FLOROFOL ®). Diese neigen bei Temperaturen unter 0 °C und entsprechender Belastung zum Bruch. Geotextilien sollten bis zum Einbau trocken gehalten werden.

Dichtungsbaustoffe

Für Pionierarbeiten wichtige Dichtungsbaustoffe sind die bituminösen Anstriche (heiß- oder kaltverarbeitbar) und die bituminierten Pappen. Diese werden vorrangig für das Abdichten von Unterstandskonstruktionen eingesetzt.

Bitumen und daraus hergestellte bzw. bitumenhaltige Baustoffe verspröden bei Temperaturen unter 5 °C. Sie brechen bereits bei geringster Beanspruchung. In Bitumenemulsionen kann das Wasser gefrieren. Beim Verarbeiten derartiger Dichtungsbaustoffe ist eine Luft- und Baukörpertemperatur von mindestens 5 °C zu sichern.

Bituminöse Baustoffe sind frostfrei zu lagern. Für lösungsmittelhaltige Anstrichstoffe auf Bitumenbasis sind sogar Lagertemperaturen von 20 bis 25 °C erforderlich. Für Dichtungsbaustoffe aus Plast (z. B. PVC-Folien) gelten die Festlegungen analog.

Tabelle 1 Winterschutzmaßnahmen beim Betonieren von Betonbautellen normaler Abmessung [5]

	bei Außentemperaturen		
	über + 1 °C	bis — 5 °C	unter — 5 °C
Wasser	anwärmen (20 °C)	anwärmen (40 °C)	anwärmen (60 °C)
Zuschlagstoffe	—	auftauen	auftauen und anwärmen
Wasser-Zement-Wert	≦ 0,70	≦ 0,65	≦ 0,60
Zementfestigkeitsklasse (mindestens)	Z 35	Z 35	Z 40
Zementgehalt	normal (bei Z 25 erhöhen)	normal	erhöhen
Erhärtungsbeschleuniger	nicht erforderlich	möglich	zu empfehlen
Frischbetontemperatur vor dem Einbringen (mindestens)	≧ 10 °C	≧ 15 °C	≧ 20 °C

Sind Abdichtungsarbeiten bei niedrigen Temperaturen notwendig, sollten folgende Maßnahmen beachtet werden:

- schnee- und eisfreien Untergrund sichern,
- möglichst heißverarbeitbare Bitumina einsetzen,
- beim Einsatz bituminöser Pappen kurze Stücken verwenden und diese vorwärmen (möglichst keine offene Flamme),
- wenige Ecken und Kanten ausführen,
- Baustoffe und Baukörper, wenn möglich, vorwärmen und schnelles Abkühlen verhindern (mit Platten u. a. abdecken, Ankleben verhindern).

Anstrichstoffe, Klebstoffe

Diese Baustoffe werden im Pionierwesen gegenwärtig noch selten angewendet, wobei Klebstoffe in den kommenden Jahren an Bedeutung gewinnen können.

Wasserhaltige Anstrichstoffe sind ab 5 °C sowie Öl- und Alkydharzanstrichstoffe ab 15 °C verarbeitbar. Die Lagermindesttemperatur beträgt 5 °C. [2]

Klebstoffe sind im allgemeinen bis 5 °C einsetzbar. Bei dieser Temperatur verläuft die Festigkeitsentwicklung jedoch verzögert, und die Verarbeitung ist aufgrund der erhöhten Viskosität erschwert. Dem kann man begegnen, indem der Klebstoff im Wasserbad (25 bis 30 °C) angewärmt wird. (Vorsicht Brandgefahr!).

3. Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz

Winterliche Witterungsbedingungen erfordern besondere Maßnahmen für den Schutz der Arbeitskräfte und der Arbeitsmittel. Die Arbeitskräfte sind rechtzeitig in ausreichendem Umfang mit wärmender Arbeitsschutzbekleidung zu versorgen. Bewährt hat sich, auf den Baustellen Aufwärmpunkte einzurichten, Wärmepausen zwischen 5 bis 15 Minuten zu gewähren, heiße Getränke bereitzustellen, geschützte Arbeitsplätze zu schaffen sowie Möglichkeiten zum Trocknen der feuchtgewordenen Kleidung zu organisieren.

Werden offene Flammen verwendet, müssen unbedingt die elementaren Regeln über Sicherheitsabstände eingehalten und Löschgeräte bereitgestellt werden.

Arbeitswege gilt es abzustumpfen, und die Arbeitsstelle ist ausreichend zu beleuchten.

Besonderheiten können beim Technikeinsatz auftreten. Als häufigste Erscheinungen können Startschwierigkeiten bei Verbrennungsmotoren auftreten, Kühl- und Hydraulikanlagen vereisen, Leitungen und Seile brechen, die Einsatzgrenzen infolge ungünstiger Bodenverhältnisse erreicht und die Tragfähigkeit bestimmter Teile herabgesetzt werden. Beispielsweise verringern sich die zulässigen Tragfähigkeiten von Seilgehängen im Bereich —10 bis —20 °C um 25 % und unter —20 °C um 50 %. [3]

4. Schlußbemerkungen

Der Beitrag zeigt einige allgemeine Möglichkeiten für Winterbaumaßnahmen auf. Die konkreten Festlegungen hängen stark von den jeweiligen Bedingungen ab (verwendete Baustoffe, durchzuführende Arbeiten, vorhandene technisch-technologische Möglichkeiten, Einsatzlage und meteorologische Bedingungen). Demaskierende Wirkungen der Bauarbeiten im Winter und der Winterbaumaßnahmen wurden nicht betrachtet.

Literatur:

[1] TGL 4945, Ausg. 12.86. Stapeln von Schnittholz.
[2] C. Blankenstein, Holztechnisches Taschenbuch. München (BRD) 1956, S. 931.
[3] Winterbau — Bauindustrie. Katalog Z/8784/TWY, Bauakademie der DDR, Berlin, 1987, S. 104.
[4] G. Langendorf, E. Schuster, L. Wagenführ, Rohholz. Leipzig 1981, S. 264.
[5] S. Reinsdorf, Betontaschenbuch, Bd. 1, Betontechnologie. Berlin 1988, S. 392.
[6] W. Schulze, Der Baustoff Beton, Bd. 1, Zementgebundene Mörtel und Betone. Berlin 1984, S. 320.
[7] C. Weimann, Probleme des Baus militärisch genutzter Bauwerke bei niedrigen Temperaturen, Diplomarbeit. Offiziershochschule der Landstreitkräfte „Ernst Thälmann", Zittau 1989, S. 42.