

Wirtschaftliches Bewehren

Bewehrungsarbeiten haben eine wichtige Funktion im Rahmen der Stahlbetonarbeiten. Die Bewehrung ist nicht nur für die Tragfähigkeit des Bauwerkes maßgeblich, sondern auch für die zeitliche Abfolge auf der Baustelle bestimmend. Die Wirtschaftlichkeit der Bewehrung hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Die wesentlichsten Faktoren sind

- 1.) Materialkosten und
- 2.) Bearbeitungskosten.

Die Bearbeitungskosten gliedern sich wiederum in Schneide- und Biegearbeiten sowie Verlegearbeiten.

Je nach Bauwerkstyp liegen die Kosten der Bewehrung zwischen 5 und 35% der Rohbaukosten. Durch das Beachten einiger Grundregeln des wirtschaftlichen Bewehrens durch den Konstrukteur können sich die Kosten des Rohbaus um 1 – 5% verringern.

Für die Bewehrungsarbeiten lassen sich Bauwerkstypen in drei Kategorien einteilen:

Wohn-, Geschäfts- und Bürohausbau: In dieser Gruppe ist der klassische Hochbau vom Wohnhaus bis zum Einkaufszentrum zusammengefasst

Industriebau: In diese Gruppe fallen alle Objekte produzierender Betriebe sowie industrielle Fertigungsstätten

Ingenieurbau: Hier sprechen wir vom klassischen Tiefbau, wie Bahnbau, Straßen- und Brückenbau aber auch Tunnelbau

Alle diese Bauwerkstypen haben eine charakteristische Kaliberverteilung, welche die Bearbeitungskosten von Stabstahlbewehrung wesentlich beeinflusst.

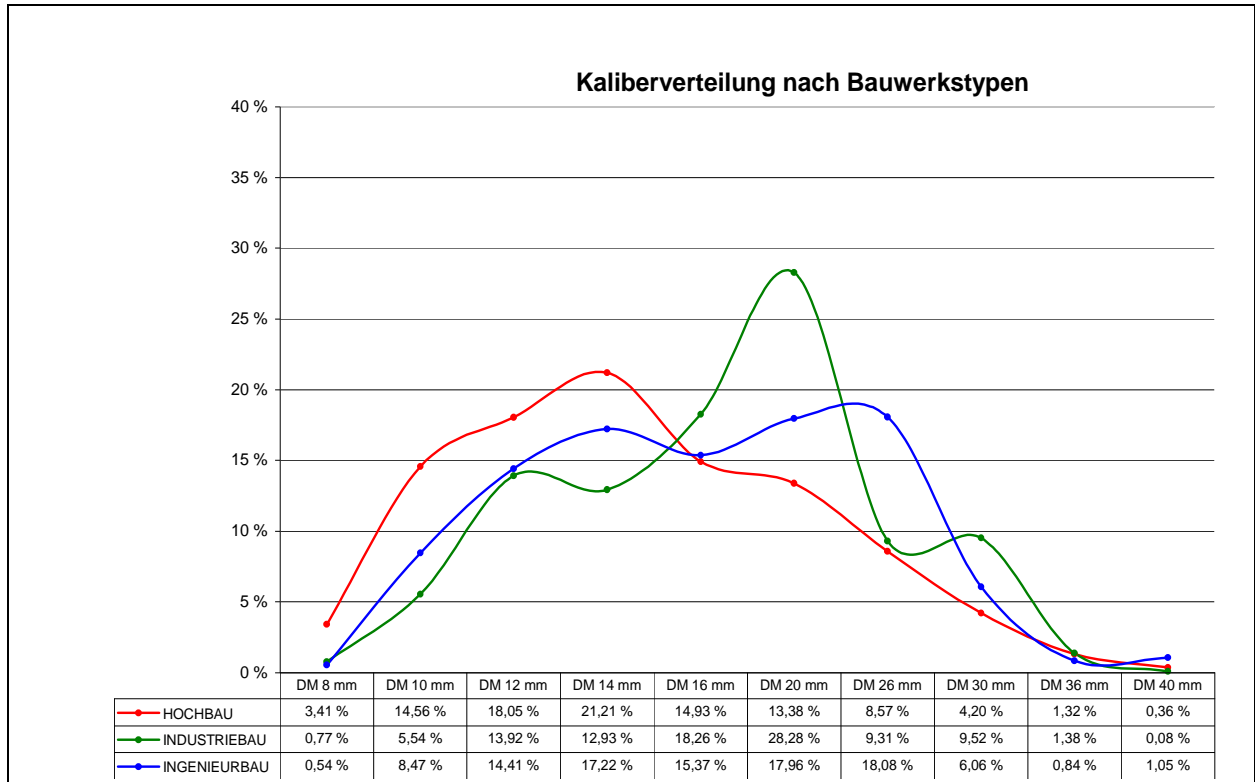


Abbildung 1 Kaliberverteilung nach Bauwerkstypen

Für den Wohn-, Geschäfts- und Bürohausbau darf der Einsatz von Flächenbewehrungs-Systemen nicht außer Acht gelassen werden. Die Definition der verschiedenen Systeme finden Sie im Abschnitt 4.2 des Bewehrungsatlas.

Bezogen auf die Bewehrungsmenge kann bei einer wirtschaftlichen Bewehrung von einer Mengenvverteilung von ca. 60% Stabstahl und 40% Flächenbewehrung ausgegangen werden.

Grundsätzlich sei hier erwähnt, dass Bauteile mit einem Bewehrungsgrundnetz von Durchmesser 8 - 12mm am wirtschaftlichsten mit Baustahlgitter-Lagermatten und Sondermatten auszuführen sind. Dies ist besonders bei den Bauteilen Geschoßdecken, sowie Wände und Brüstungen zu beachten.

Für den Hoch- bzw. Wohnhausbau ergibt sich folgende Verteilung der Lagermatten vom Typ A + AQ bzw. CQS.

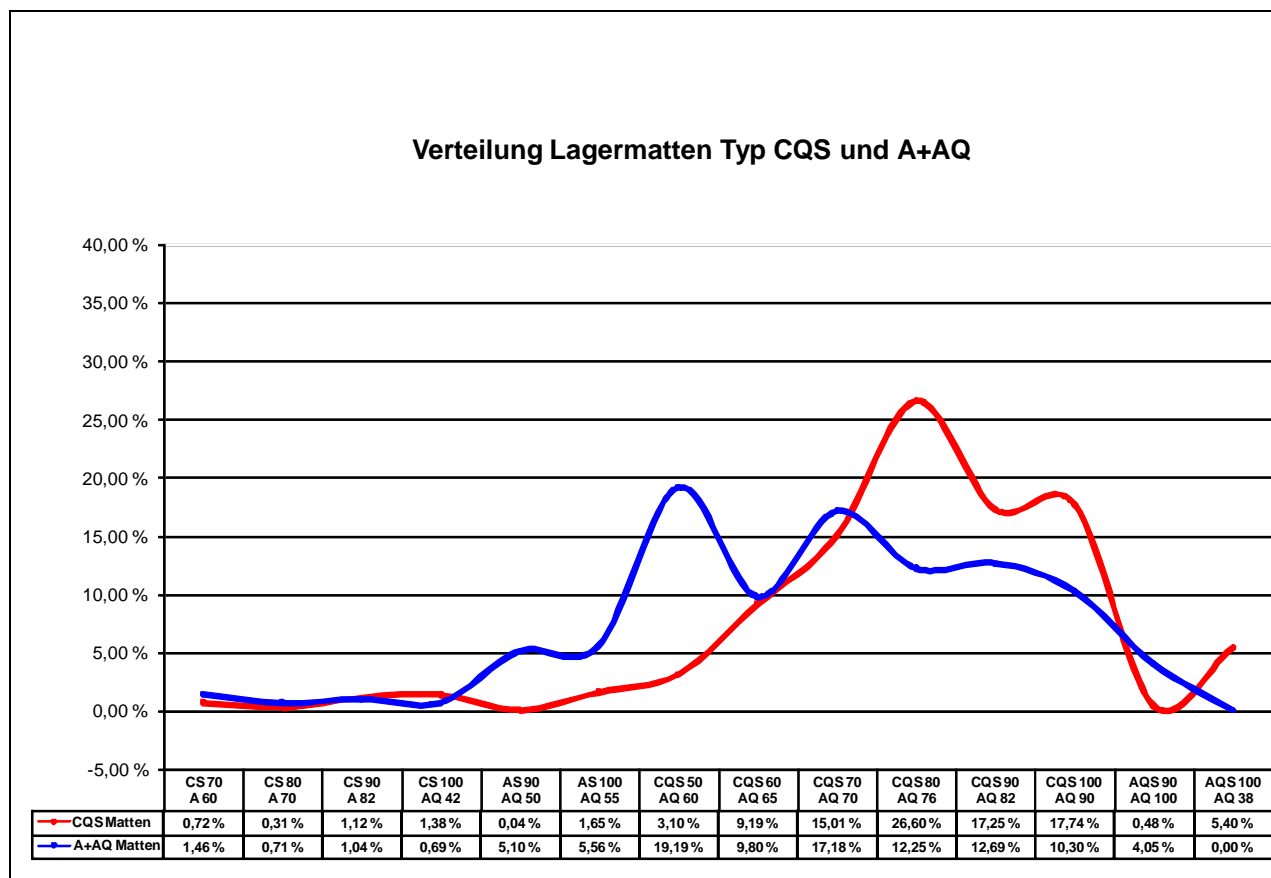


Abbildung 2 Verteilung Lagermatten Typ CQS und A+AQ

1. Materialkosten:

Diese sind abhängig

- vom Stahlgrundpreis (dieser ist abhängig vom Schrottpreis, von den Herstellkosten der Stahlwerke und der weltweiten Nachfrage; all diese Faktoren sind seit 2004 von erheblichen Schwankungen gekennzeichnet)
- von der Dimensionsauflage (diese ist pro Stabdurchmesser unterschiedlich; die Stabdurchmesser am unteren und oberen Ende des Walzprogrammes haben höhere Dimensionsauflagen als die mittleren Stabdurchmesser) für die Lagermatte wird dieser Preis „Sortenaufpreis“ genannt
- vom Verschnitt (Verschnitt ist besonders bei Stäben mit einem großen Durchmesser ein Kostenfaktor, bei Lagermatten kann die Bauteilgeometrie die Verschnittkosten wesentlich beeinflussen)

2.) Bearbeitungskosten

Wie eingangs angeführt setzen sich diese aus Schneide- und Biegekosten sowie Verlegekosten zusammen

2.1) Schneide- und Biegekosten

sind abhängig von

- Biegeform
- Stabdurchmesser
- Verhältnis von nur geschnittenen Stäben zu auch gebogenen Stäben
- Anzahl der Stäbe pro Position
- Stablänge

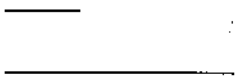
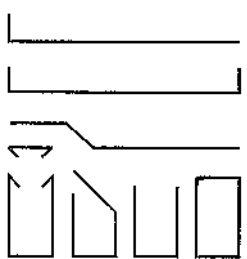
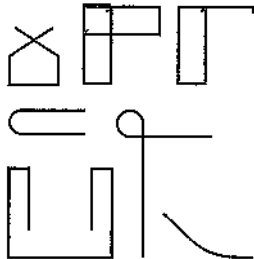
Gruppe	A gerade Stäbe	B einfach gebogen	C kompliziert gebogen
Beispiele			

Abbildung 3 Biegeformengruppe (Quelle: Bewehrungsatlas 2002)

Die Bearbeitungskosten bei den Schneide- und Biegearbeiten hängen vom zu verwendenden Stabdurchmesser und zu einem weiteren, wichtigen Anteil von der Komplexität der Biegeformen ab. Die nachstehende Tabelle soll einen Überblick für die Bandbreite der Bearbeitungszeiten geben.

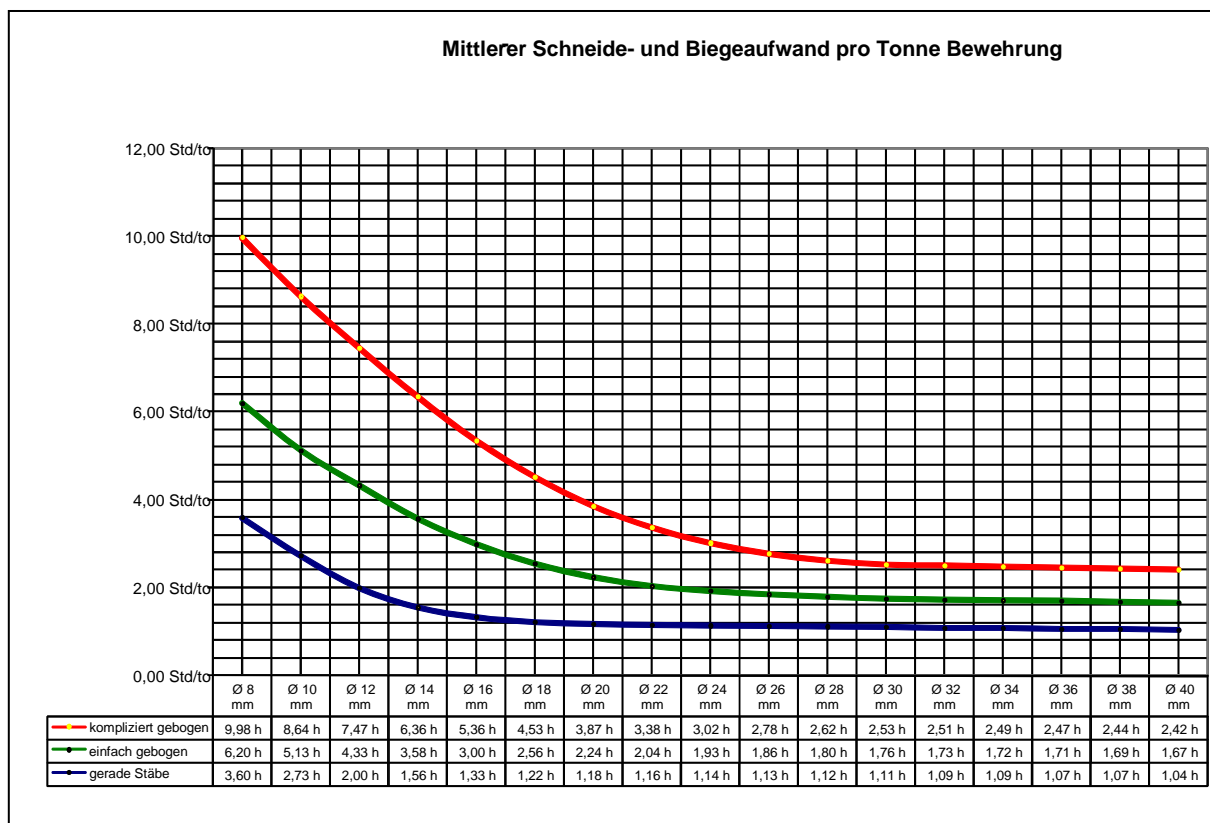


Abbildung 4 mittlerer Schneide- und Biegeaufwand

In der folgenden Tabelle ist der Anteil an gerader, gebogener bzw. kompliziert gebogener Bewehrung in Abhängigkeit von den Bauwerkstypen dargestellt.

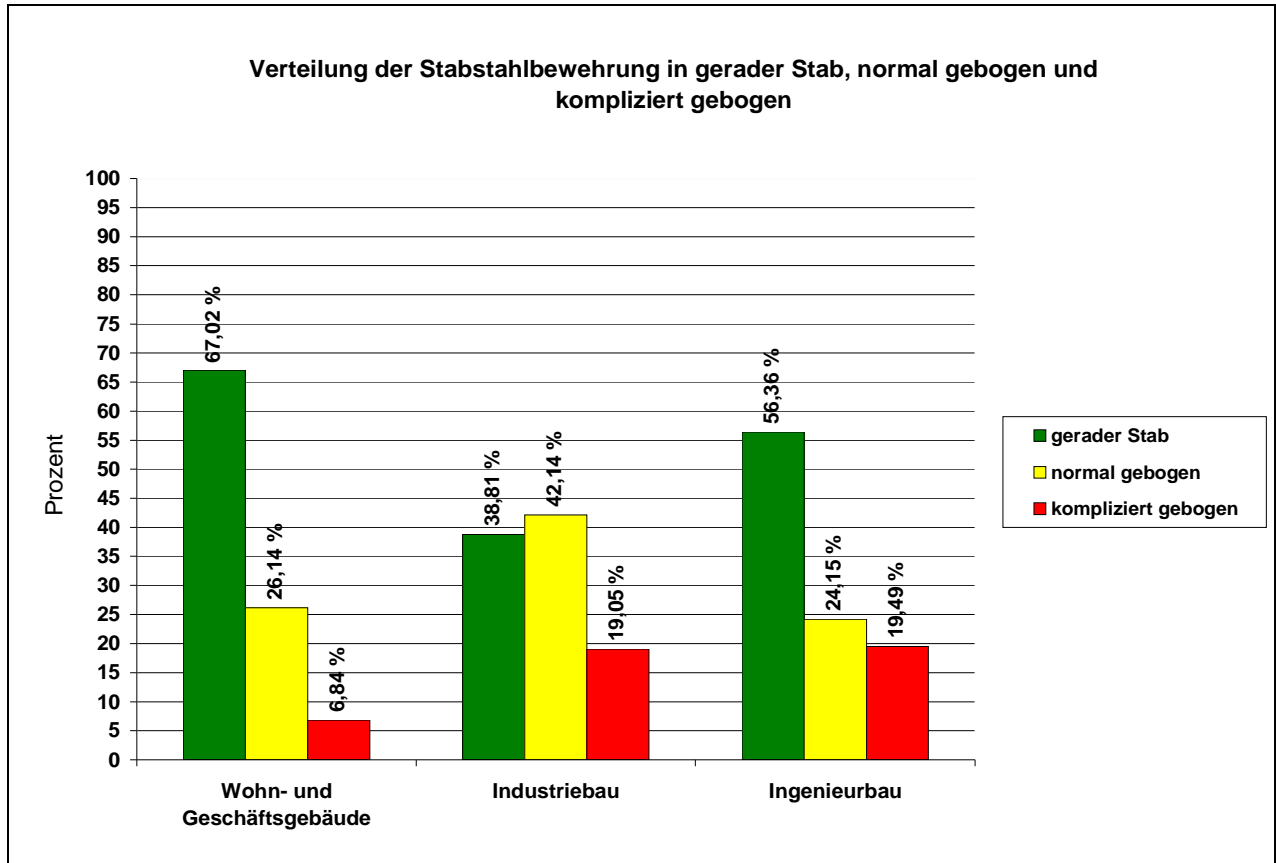


Abbildung 5 Verteilung Stabstahlbewehrung

Wie schon erwähnt ist der Stabdurchmesser ein bedeutender Kostenfaktor für die Schneide- und Biegearbeiten. Je dünner der Durchmesser, umso länger und kostenintensiver die Bearbeitung.

2.2) Verlegekosten

Die Vorgänge Einschalen, Bewehren, Betonieren und Ausschalen stellen, bestmöglich aufeinander abgestimmt, den Ablauf bei Stahlbetonarbeiten dar.

2.2.1 Einleitung

Als Grundlage zur Bestimmung von Bewehrungsarbeiten ist die spezifische Leistung und die Bewehrungsmenge zu ermitteln. Die spezifische Leistung hängt von folgenden Hauptfaktoren ab:

- Grundaufwandswert
- Anzahl der Arbeitskräfte
- Einarbeitung
- Einübung – Serieneffekt
- Störfaktoren
- Tägliche Arbeitszeit

In der nachstehende Grafik werden die dazugehörigen baubetrieblichen Zusammenhänge dargestellt:

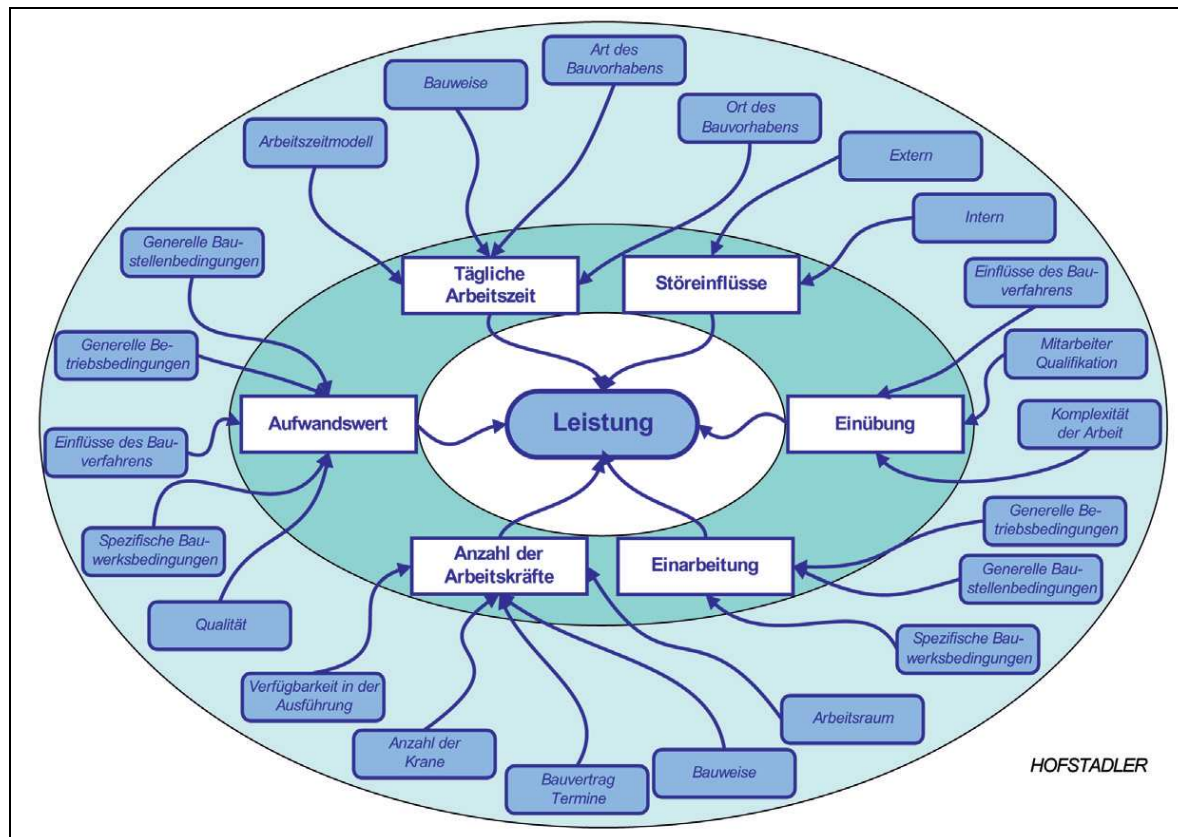


Abbildung 6 Einflüsse auf den Leistungswert

Eine Berücksichtigung dieser Einflüsse birgt großen Nutzen für die Arbeitsvorbereitung und Ablaufkontrolle der bauausführende Firma und die Leistungskontrolle der örtliche Bauaufsicht.

2.2.2 Interaktionsdiagramm für die Bewehrungsarbeiten

Der vorliegende Abschnitt enthält Diagramme, die wichtige baubetriebliche Zusammenhänge für Bewehrungsarbeiten grafisch darstellen. Die allgemeinverständliche Darstellung der baubetrieblichen Zusammenhänge in den Diagrammen ermöglicht der Arbeitsvorbereitung und Bauausführung einen raschen Zugriff auf wesentliche Informationen. Neben der Anschaulichkeit ist die Sensitivität von Leistungswerten aufgrund der Veränderung von Parametern, wie z.B. der Anzahl der Arbeitskräfte, Aufwandswerte und täglicher Arbeitszeit, anhand der Diagramme leicht feststellbar.

Durch die Veränderung der Leistungswerte in der Ausführungsphase, können z.B. Forcierungsmaßnahmen, welche durch Verzögerungen notwendig geworden sind, geplant werden. Die verfügbaren Maßnahmen zur Leistungssteigerung ergeben sich durch die verbleibende Bewehrungsmenge und die verfügbare Produktionszeit.

Anhand des dargestellten Interaktionsdiagramms können die verschiedenen Möglichkeiten der Leistungssteigerung grafisch ermittelt werden. Leistungssteigerung wird beispielsweise durch die Erhöhung der Anzahl der Arbeitskräfte oder eine Steigerung der täglichen Arbeitszeit erreicht, wobei hier je nach Erfordernis ein oder mehrere Faktoren verändert werden können.

2.2.3 Der Aufwandswert für die Bewehrungsarbeiten

Der Aufwandswert wird in Arbeitsstunden pro zu leistender Tonne angegeben. Die Einheit dieses Wertes ist Std/to.

Er bildet die Grundlage für die Ermittlung der Lohnkosten in der Kalkulation und der Arbeitsvorbereitung. Der „richtige“ Ansatz der Aufwandswerte ist maßgebend für die Qualität der Vorbereitungsarbeit bzw. den Projekterfolg.

Der „richtige“ Aufwandswert berechnet sich anhand des Grundaufwandswertes, der vom mittleren Bewehrungsdurchmesser und der Bewehrungsdichte (%) pro Bauteil abhängt. Die Bandbreite des Aufwandswertes ergibt sich durch den erzielbaren Leistungsgrad, welcher durch die in Abschnitt 1 angeführten Einflussfaktoren bestimmt ist. Beim Einsatz von Baustahlgitter-Lagermatten kann der Aufwandswert im Durchschnitt um 45 % verkürzt worden, bei Sondermatten und Sonderelementen kann die Verkürzung bis zu 70 % betragen

Die nachstehende Grafik gibt einen Überblick über die Bandbreite des Aufwandswertes pro Bewehrungsdurchmesser.

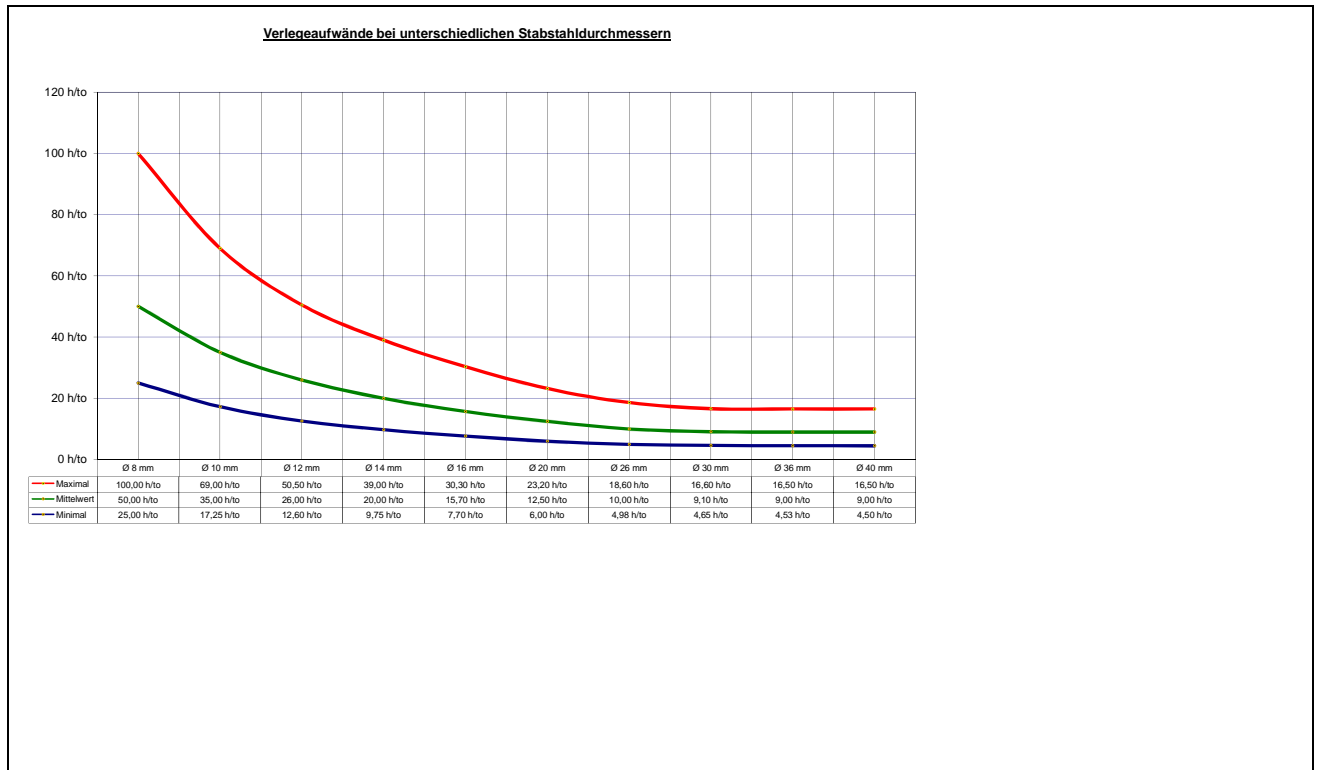


Abbildung 7 Aufwandswerte bei unterschiedlichen Stabstahldurchmessern, Quelle: Rußwurm, D.; Martin, H.: Betonstäbe für den Stahlbetonbau. Institut für Stahlbetonbewehrung e.V. München, Bauverlag, 1993

2.2.4 Beschreibung der einzelnen Basisdiagramme für das Interaktionsdiagramm

Anhand der folgenden Interaktionsdiagramme werden die Beziehungen zwischen

- Aufwandswert [Std/to],
- Anzahl an Arbeitskräften [AK],
- Stundenleistung [to/Std],
- täglicher Arbeitszeit [Std/d],
- täglicher Leistung [to/d],
- Vorgangsdauer [d],
- Bewehrungsmenge [to] und
- Summe der Lohnstunden [Std]

hergestellt.

Der Nutzen aus den Diagrammen folgt aus der einfachen Anwendung und der transparenten Darstellung der Wechselwirkung, der in den Diagrammen dargestellten baubetrieblichen Beziehungen für die Bewehrungsarbeiten.

2.2.5 Diagramm zur Darstellung der Beziehung zwischen Aufwandswert, Stundenleistung und Anzahl der Arbeitskräfte

Auf der horizontalen Achse (Abszisse) im Diagramm der Abbildung 8 sind die Aufwandswerte von 6 bis 34 Std/to und auf der vertikalen Achse (Ordinate) die Bewehrungsleistung von 0 bis 2,4 to/Std aufgetragen. Die einzelnen Kurven im Diagramm stehen jeweils für eine bestimmte Anzahl an Arbeitskräften „AK“.

Für die Anwendung des Diagramms können im Zusammenhang mit den Aufwandswerten verschiedene Wege eingeschlagen werden. Die Höhe der Aufwandswerte wird z.B. im Vorhinein bestimmt und anschließend die Leistung oder die Anzahl der Arbeitskräfte dazu grafisch aus den Diagrammen ermittelt.

Oder es wird mit den festgelegten Randbedingungen (z.B. Beginn: Fertigungsabschnitt; Ende: Betonierbeginn) der maximale Aufwandswert aus den Diagrammen ermittelt, mit dem die erforderliche Leistung noch erzielt werden kann. Dazu gilt es dann eine Ausführungsvariante (z.B. Vorfertigung von Bewehrungskörben) zu finden, mit dem dieser Aufwandswert auch tatsächlich erzielt werden kann.

Wenn die Anzahl der Arbeitskräfte und ein Aufwandswert die Eingangsparameter sind, wählt man dazu auf der Abszisse den entsprechenden Wert und die zutreffende Kurve im Diagramm aus. Vom Abszissenwert zeichnet man eine vertikale Gerade nach oben, bis sich ein Schnittpunkt mit der Kurve für die Anzahl der Arbeitskräfte ergibt. Vom Schnittpunkt aus geht man horizontal nach links bis man die Ordinate trifft und liest den entsprechenden Leistungswert ab.

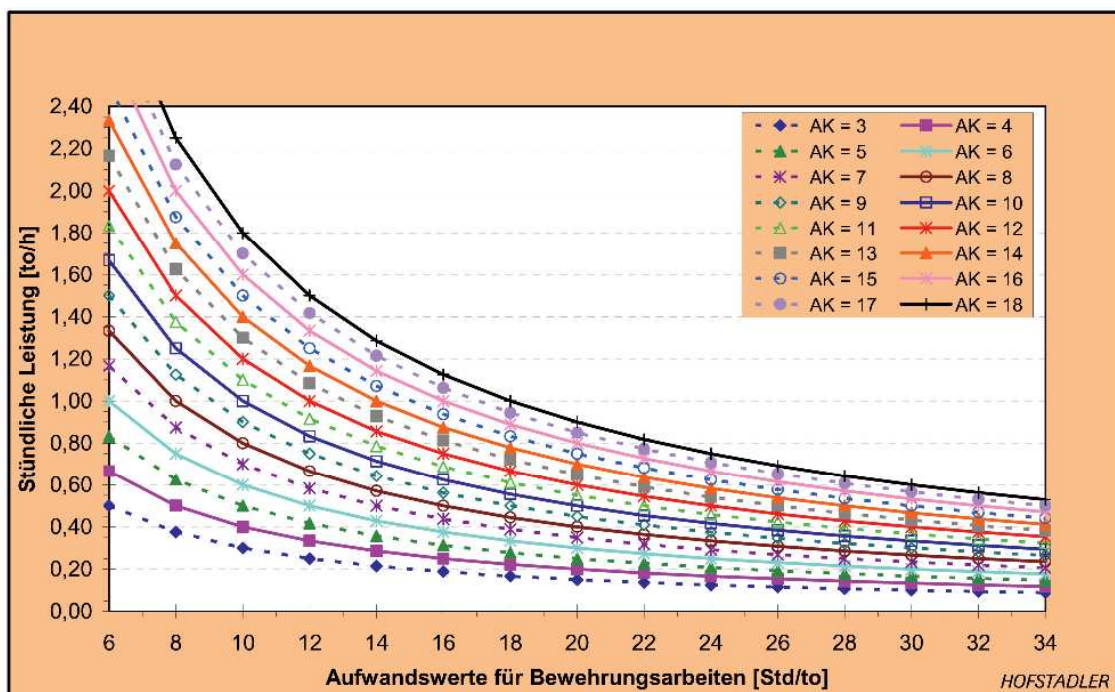


Abbildung 8 Diagramm zur Darstellung der Beziehung zwischen Aufwandswert, Stundenleistung und Anzahl der Arbeitskräfte

2.2.6 Diagramm zur Darstellung der Beziehungen zwischen Tagesleistung, Stundenleistung und täglicher Arbeitszeit

Im Diagramm der Abbildung 9 ist die Beziehung zwischen Stundenleistung, Tagesarbeitszeit und Tagesleistung dargestellt. Zur Angabe der Bewehrungsleistung wurde der Arbeitstag [d] als Zeiteinheit gewählt.

Die Ermüdungsauswirkungen durch erhöhte Tagesarbeitszeiten, müssen schon bei der Größenordnung der Aufwandswerte berücksichtigt worden sein. Das heißt, schon im Aufwandswert wird der Leistungsabfall durch einen Zuschlag, in Abhängigkeit von der Größenordnung der Tagesarbeitszeit, entsprechend berücksichtigt.

Auf der Abszisse ist die Tagesleistung und auf der Ordinate die Stundenleistung abgebildet. Die einzelnen Geraden stehen jeweils für eine bestimmte Tagesarbeitszeit. Für das Diagramm ist jeweils eine Gerade für 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 und 16 Stunden Tagesarbeitszeit („AZ“) dargestellt.

Ist z.B. die erforderliche Stundenleistung vorgegeben, wird eine Horizontale vom entsprechenden Ordinatenwert nach links gezogen. Es ergibt sich mit den einzelnen Geraden für die verschiedenen Tagesarbeitszeiten jeweils ein Schnittpunkt. Eine Vertikale von den Schnittpunkten nach unten eingezeichnet, führt zu den entsprechenden Tagesleistungen. Die Auswahl richtet sich nach der erforderlichen Mindestleistung und dem Arbeitszeitmodell (z. B. zwei Schichten je 8 Stunden).

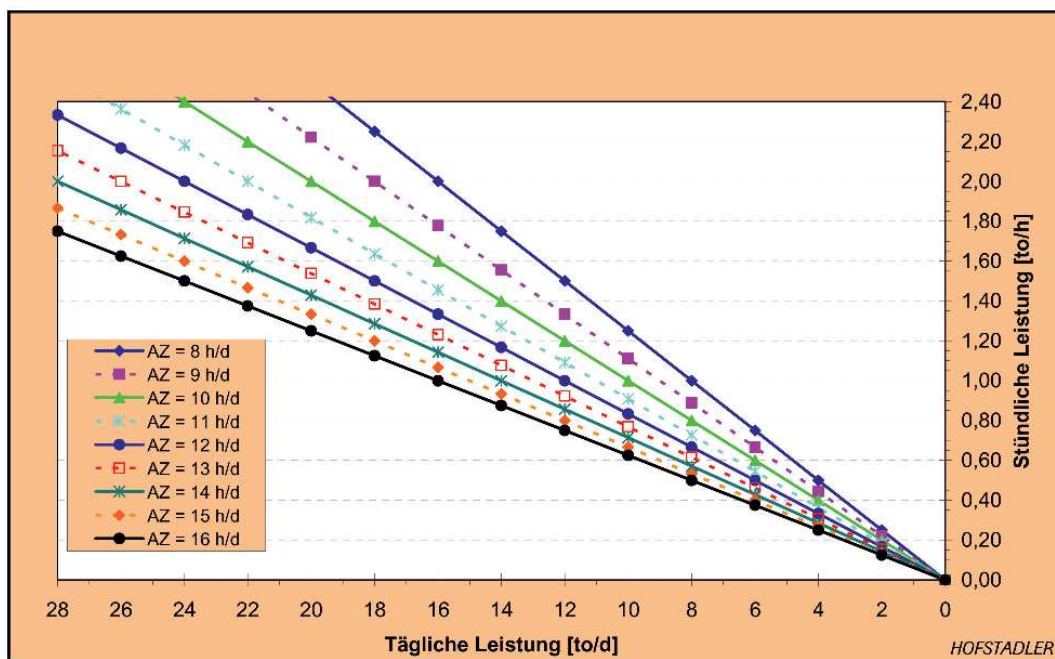


Abbildung 9 Diagramm zur Darstellung der Beziehungen zwischen Tagesleistung, Stundenleistung und täglicher Arbeitszeit

2.2.7 Diagramm zur Darstellung der Beziehung zwischen Tagesleistung, Bewehrungsmenge und Dauer

Der Zusammenhang zwischen täglicher Leistung, Bewehrungsmenge eines betrachteten Fertigungsabschnittes und Dauer wird in Abbildung 10 präsentiert. Die einzelnen Geraden im Diagramm stehen jeweils für eine bestimmte Dauer. Auf der Abszisse ist die tägliche Leistung und auf der Ordinate die Bewehrungsmenge [to] dargestellt.

Mit z.B. der vorgegebenen Bewehrungsmenge und der maximal zulässigen Dauer für das Bewehren (z.B. Vorgabe aus dem Bauzeitplan) kann durch Anwendung des Diagramms grafisch die dazu erforderliche Mindest-Tagesleistung bestimmt werden. Für eine bestimmte Bewehrungsmenge und eine erforderliche Mindest-Tagesleistung ist es möglich, die entsprechende Vorgangsdauer grafisch zu ermitteln.

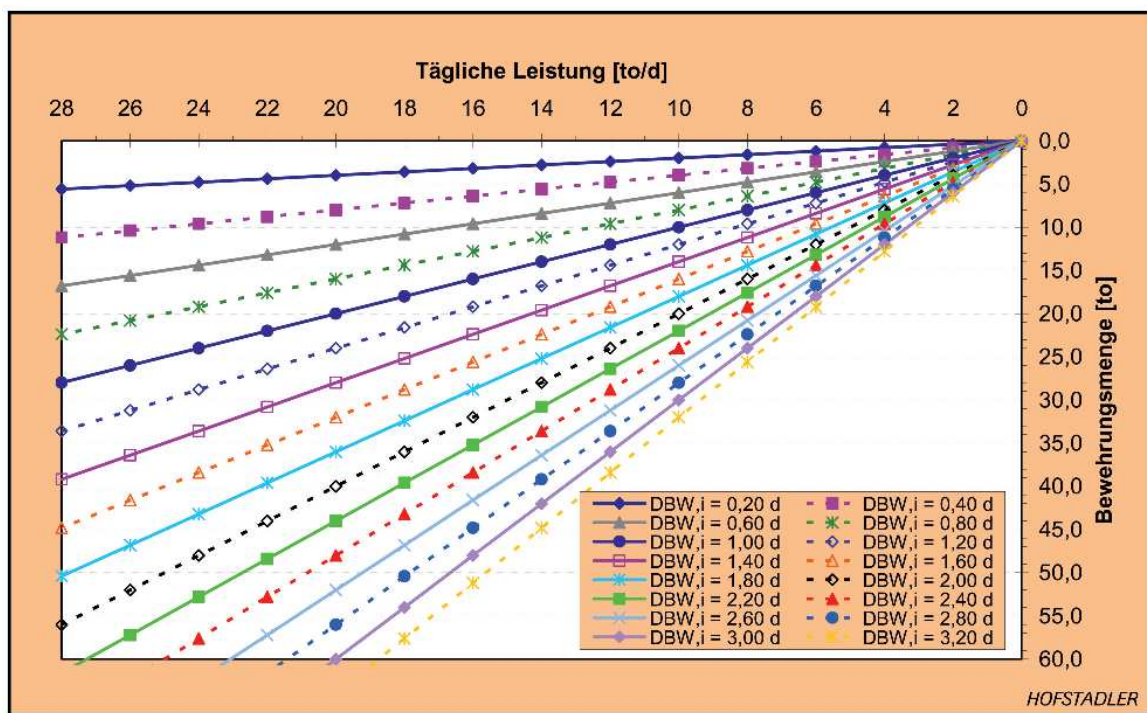


Abbildung 10 Diagramm zur Darstellung der Beziehung zwischen Tagesleistung, Bewehrungsmenge und Dauer

2.2.8 Diagramm zur Darstellung der Beziehungen zwischen Größenordnung des Aufwandswertes, Bewehrungsmenge und Lohnstunden

Der Zusammenhang zwischen der Größenordnung des Aufwandswertes, der Bewehrungsmenge und der Summe der erforderlichen Lohnstunden für einen Fertigungsabschnitt ist in Abbildung 11 dargestellt. Die Abszisse im Diagramm, ist mit jener im Diagramm der Abbildung 8 deckungsgleich. Ebenso entspricht die Ordinate jener im Diagramm der Abbildung 10. Die einzelnen Kurven verlaufen regressiv. Jede der Kurven steht für eine bestimmte Lohnstundensumme („BWLStd,i“). Beginnend bei 40 Std. sind die Kurven in 40-Stunden-Intervalle bis zum Höchstwert von 800 Stunden dargestellt. Der Unterschied zwischen den einzelnen Kurven nimmt mit steigendem Aufwandswert ab.

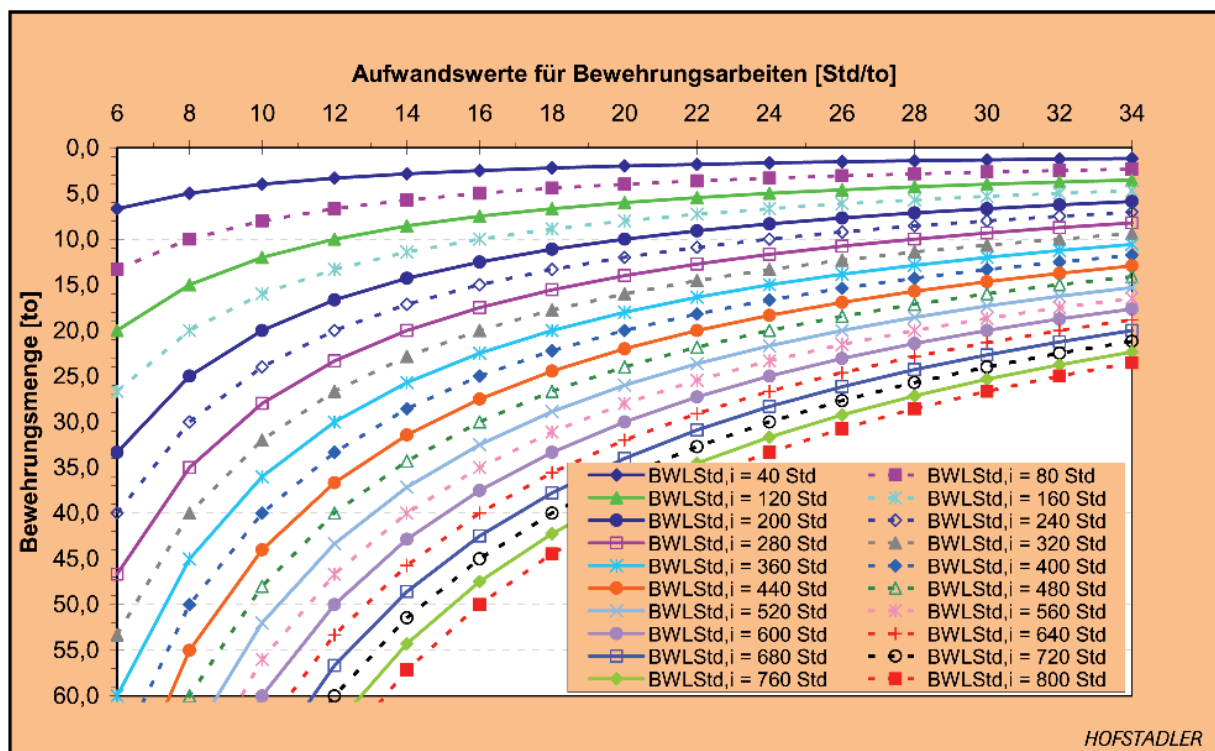


Abbildung 11 Diagramm zur Darstellung der Beziehungen zwischen Tagesleistung, Stundenleistung und täglicher Arbeitszeit

2.2.9 Interaktionsdiagramm

Die Basisdiagramme in den Abbildungen 8, 9, 10 und 11 stellen jeweils eine spezifische Beziehung dar. Zur Darstellung eines umfassenden baubetrieblichen Zusammenhangs wurden die vier Diagramme zu einem Interaktionsdiagramm zusammengefasst (Abbildung 12) und damit vernetzt.

Mit dem Interaktionsdiagramm in Abbildung 12 werden die Beziehungen zwischen

- Aufwandswert [Std/to],
- Anzahl der Arbeitskräfte [Std/h],
- Stundenleistung [to/Std],
- tägliche Arbeitszeit [Std/d],
- tägliche Leistung [to/d],
- Vorgangsdauer [d],
- Bewehrungsmenge [to]
- und Summe der Lohnstunden [Std]

für die Bewehrungsmenge des betrachteten Fertigungsabschnittes hergestellt.

Im ersten Quadranten (I) der Abbildung 12 ist das Diagramm aus Abbildung 8 und im zweiten (II) das aus Abbildung 9 dargestellt. Das Diagramm in Abbildung 10 steht im dritten (III) und jenes aus Abbildung 11 im vierten Quadranten.

Liegen Schnittpunkte im Diagramm zwischen den dargestellten Geraden und Kurven sind die entsprechenden Werte grafisch zu interpolieren. Individuell kann von jedem der Quadranten ausgehend die Anwendung des Diagramms gestartet werden.

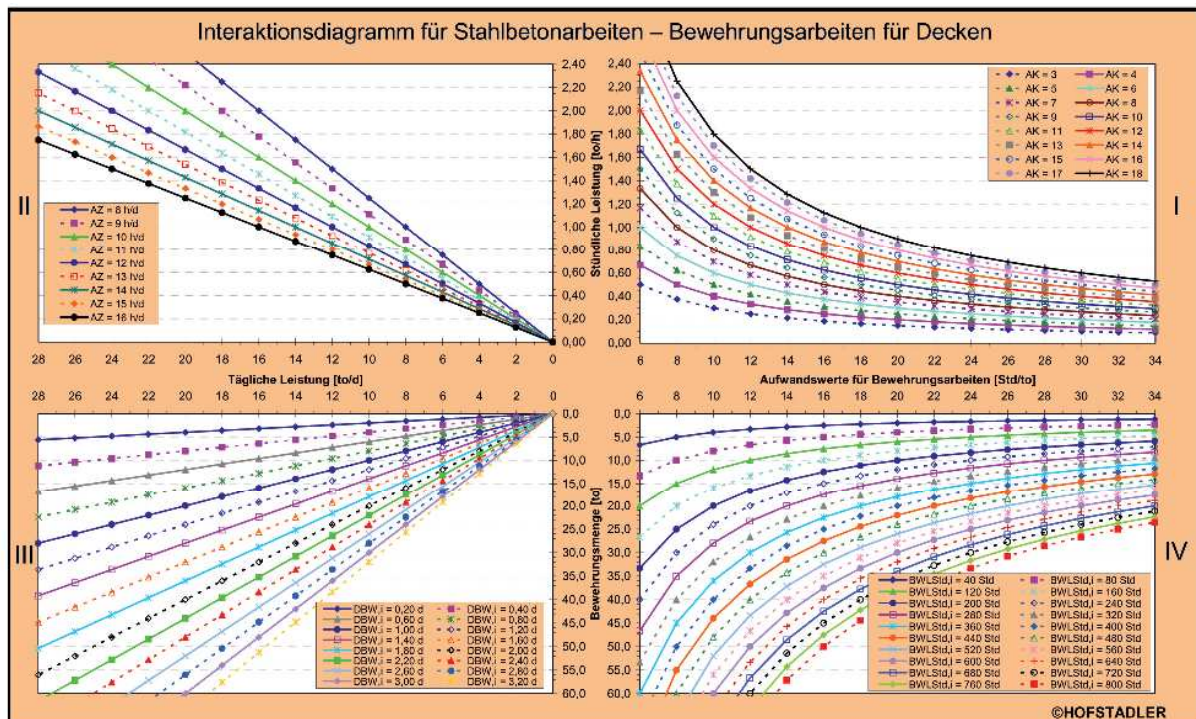


Abbildung 12 Interaktionsdiagramm für Stahlbetonarbeiten - Bewehrungsarbeiten

Zusammenfassung

Das reibungslose Zusammenspiel der Vorgänge Schalen, Bewehren, und Betonieren ist Voraussetzung für das Gelingen von Stahlbetonarbeiten.

Als Grundlage für die Bewehrungsarbeiten gilt der „richtige“ Aufwandswert. Dieser hängt im Baubetrieb von folgenden maßgebenden Faktoren ab:

- Grundaufwandswert
- Anzahl der Arbeitskräfte
- Einarbeitung
- Einübung – Serieneffekt
- Störfaktoren
- Tägliche Arbeitszeit

Der „richtige“ Aufwandswert berechnet sich aus dem Grundaufwandswert, der vom mittleren Bewehrungsdurchmesser und der Bewehrungsdichte (%) pro Bauteil abhängt. Die Bandbreite des Aufwandswertes ergibt sich durch den erzielbaren Leistungsgrad welcher durch die in Abschnitt 1 angeführten Einflussfaktoren bestimmt ist.

Die Interaktionsdiagramme dienen zur Darstellung eines umfassenden baubetrieblichen Zusammenhangs. Mit dem Interaktionsdiagramm in Abbildung 12 werden die Beziehungen zwischen

- Aufwandswert [Std/to],
- Anzahl der Arbeitskräfte [Std/h],
- Stundenleistung [to/Std],
- tägliche Arbeitszeit [h/d],
- tägliche Leistung [to/d],
- Vorgangsdauer [d],
- Bewehrungsmenge [to]
- und Summe der Lohnstunden [Std]

für die Bewehrungsmenge des betrachteten Fertigungsabschnittes hergestellt und vernetzt.

Die grafische Interaktion z. B. zwischen Aufwandswert, Anzahl der Arbeitskräfte, tägliche Arbeitszeit und Leistung lässt die Zusammenhänge einfach erfassen. Die Auswirkungen aufgrund einer Veränderung von Eingangsparametern werden transparent. Die Vernetzung stellt sicher, dass bei Veränderung eines oder mehrerer Parameter sich in den jeweiligen Quadranten grafisch die entsprechende Modifikation einstellt. Veränderungen auf Grund der Variation von Parametern werden sofort sicht- und quantifizierbar.

Sie dienen als Unterstützung für die Angebotsbearbeitung, in der Arbeitsvorbereitung sowie für die Phase der Bauausführung und dies ganz besonders einerseits in der Bauausführung der Baufirma zur Bauablaufkontrolle und andererseits für die Bauaufsicht zur Leistungskontrolle. Die Diagramme können auch als wertvolle Unterstützung zur Erklärung von baubetrieblichen Zusammenhängen herangezogen werden.

Quellenverzeichnis Abbildungen 6, 8, 9, 10, 11 und 12:

Hofstadler, Christian (2006). Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. Springer Verlag.

Die folgende Grafik gibt einen Überblick über die Bandbreite des Verlegeaufwandes pro Bauteilart.

