

Dr.-Ing. W.-P. Koneberg, Dipl.-Ing. W. Günthner, München

Optimierung der Feldweite und Trägerhöhe horizontaler Fachwerkträger

Optimization of span width and girder depth of horizontal trussed girders

Optimisation de la largeur de travée et de la hauteur des poutres en treillis horizontales

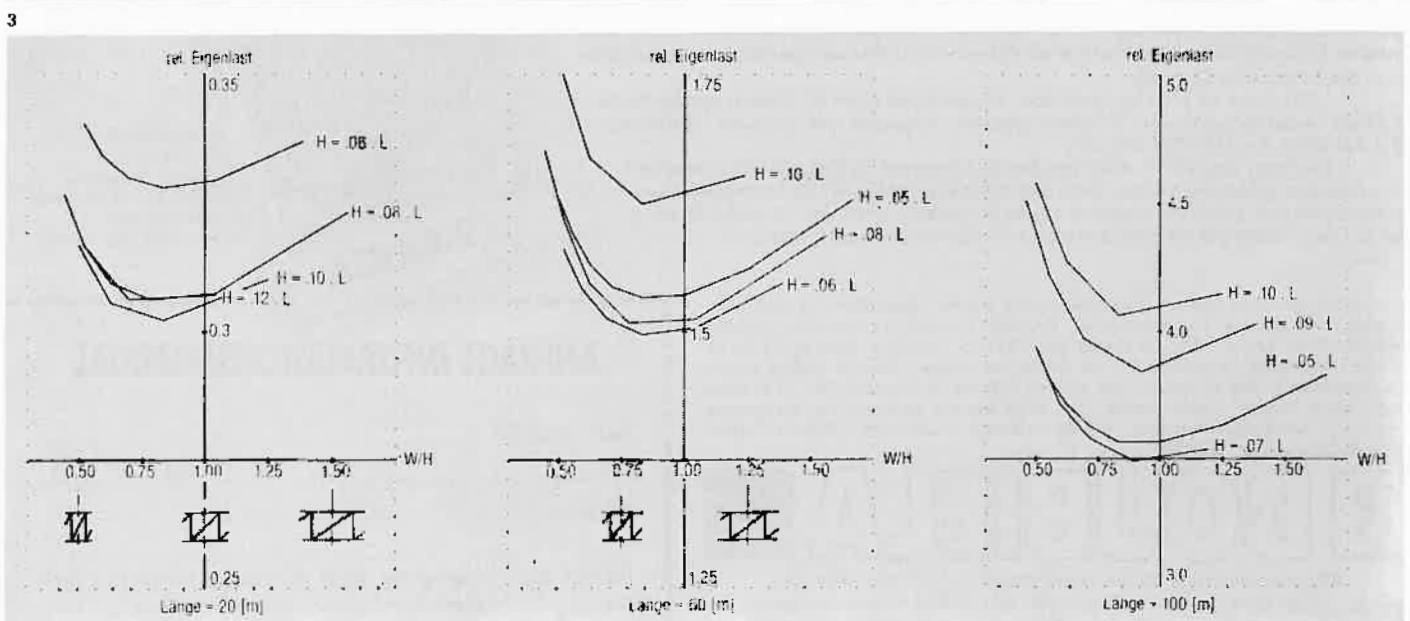
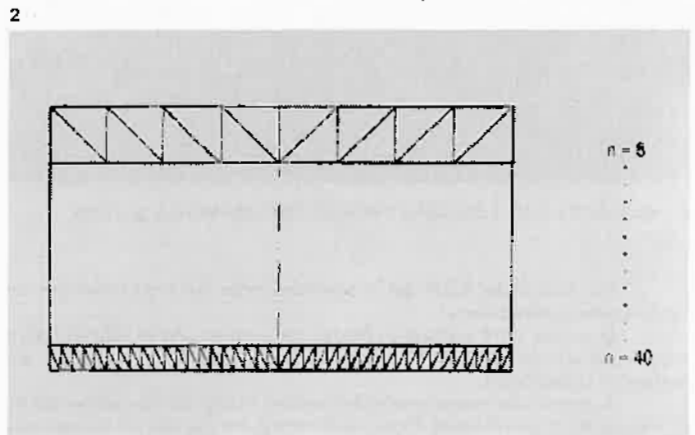
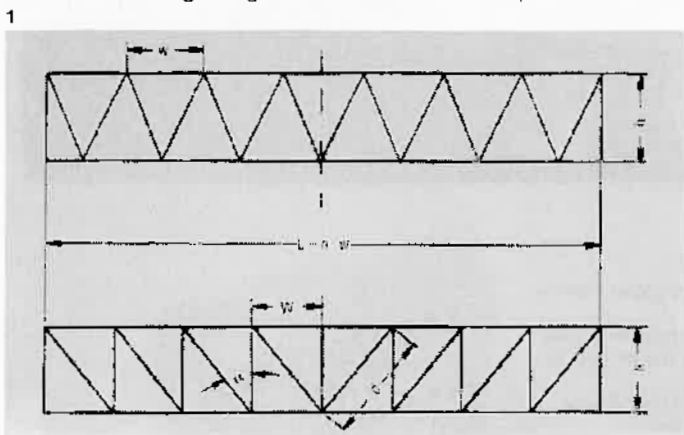
Die Eigenlast eines Fachwerk-Kranträgers mit parallelem Ober- und Untergurt läßt sich durch eine entsprechende Wahl der Feldweite w und der Trägerhöhe h minimieren, wie für das Fachwerk ohne Pfosten (Bild 1, oben) in [1] gezeigt wurde. Häufig wird in der Praxis auch die Ausfachungsart mit senkrechten Pfosten (Bild 1, unten) verwendet, für die hier mit denselben Voraussetzungen wie in [1] eine Minimierung der Eigenmasse (\triangleq Eigenlast) des Kranträgers durchgeführt wird. Die wichtigsten dabei verwendeten Normen sind DIN 15018, DIN 4114 und DIN 2448. Variiert man w und h innerhalb der Bereiche $0,5 < h/L < 0,12$ und $0,5 < w/h < 1,5$, dann ändert sich bei konstanter Trägerlänge L die Feldzahl $n =$

L/w innerhalb der Grenzen $8 < n < 40$. Sie ist stets ganzzahlig und aus Gründen der Symmetrie im Gegensatz zur Ausfachung ohne Pfosten auch geradzahlig. Deshalb können n und damit auch w nur stufenweise verändert werden. In Bild 2 sind die beiden Grenzfälle des untersuchten Bereichs dargestellt. Die in bekannter Weise zu berechnenden Stabspannungen werden u.a. von Normalkräften, Knoten- und Feldmomenten und Knickzahlen ω beeinflusst, die unterschiedlich von w , h und n abhängen. Übergeordnet werden die Trägerlänge L , das Verhältnis Eigenlast zu Hublast, die Lastbeiwerte φ und ψ , die Massenkkräfte, der Radstand der Katze sowie die Lage ihrer Räder (auf Ober- oder

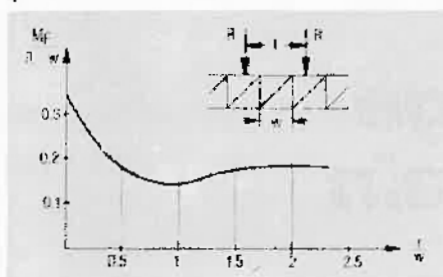
Untergurt), die Beanspruchungsgruppe (DIN 15018), der Werkstoff (St 37, St 52) und die relative Wandstärke (Wandstärke/Durchmesser der Rohre) verändert. Im erstellten Rechenprogramm werden für jedes Fachwerk für verschiedene Feldweiten und Trägerhöhen die Querschnittsflächen der Einzelstäbe in kleinen Schritten und in sinnvoller Abhängigkeit voneinander solange erhöht, bis zu $\sigma_{d,z}$ und zu $\sigma_{D(w)}$ (Betriebsfestigkeit) und somit das Minimum der Eigenlast erreicht werden. Ein Vergleich der durch die Variation von w und h unterschiedlichen Fachwerke bei sonst gleichen Bedingungen führt dann zum hinsichtlich der Eigenlast günstigsten Träger.

Aus der großen Zahl berechneter und grafisch dargestellter Fälle werden nur einige Beispiele aufgeführt, die repräsentativ die Kurvenverläufe wiedergeben. So ist in Bild 3 für einige Trägerlängen der Verlauf der relativen Eigenlast, das ist das Verhältnis von Eigen- zu Hublast, in Abhängigkeit von w/h für verschiedene h/L dargestellt, wobei mittig zu den Abszissenwerten die entsprechende Ausfachung angedeutet ist. Es zeigt sich, daß der Bereich der optimalen Feldweite auf

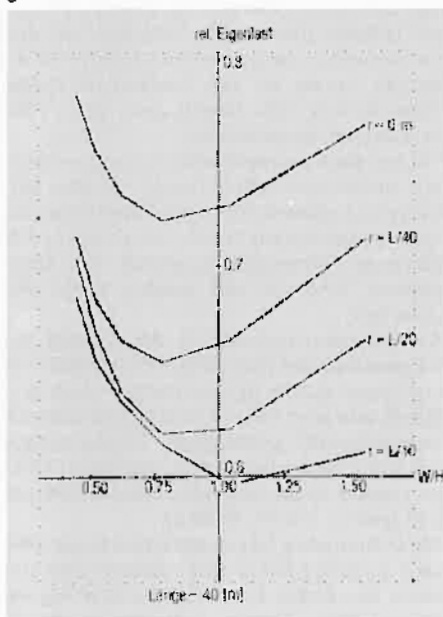
- 1: Kranträger mit parallelen Gurten – Crane girder with parallel flanges – Poutres de pont à courroies parallèles
- 2: Bereich der Feldzahl n bei Variation von w und h – Range of span number n as a function of variation of w and h – Zone de l'indice de travée n lors de variation de w et h
- 3: Relative Eigenlast in Abhängigkeit von Feldweite w und Trägerhöhe h – Relative dead weight as a function of span width w and girder depth h – Propre charge relative en fonction de la largeur de la travée w et de la hauteur des poutres h



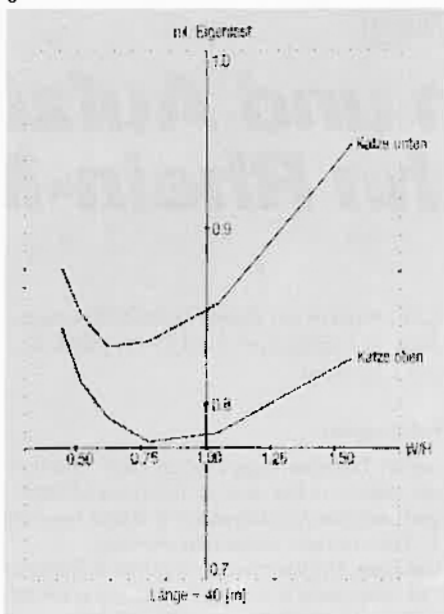
4



5



6



4: Das auf die Radlast und Feldweite bezogene Feldmoment in Stabmitte in Abhängigkeit vom Verhältnis des Radstandes zur Feldweite – The moment of span in bar centre referred to wheel load and span width as a function of ratio between wheel base and span width – Moment en travée au milieu de la barre, rapporté à la charge des roues et à la largeur de la travée, en fonction du rapport entre l'empattement et la largeur de la travée

5: Relative Eigenlast bei verschiedenen Radständen – Relative dead weight under different wheel bases – Poids propre relatif à divers empattements

6: Relative Eigenlast für die Fälle »Katze oben« – »Katze unten« – Relative dead weight for the cases: »Crab above« – »crab below« – Poids propre relatif pour les cas de »charlots en haut« – »charlots en bas«

$0,75 < w < h$ begrenzt werden kann. Da in DIN 2448 jedem Rohrdurchmesser mehrere Wandstärken s zugeordnet werden, hängt die genaue Lage des Minimums der Eigenlast innerhalb dieses Bereichs letztlich von der Wahl der relativen Wandstärke ab. Sinkt s , nimmt die optimale Feldweite zu. Für mittlere Wandstärken führt $0,8 h < w < 0,9 h$ in der Regel zu günstigen Eigenlasten, da unwirtschaftliche Zunahmen erst außerhalb des Bereichs $0,75 h < w < h$ auftreten.

Der Bereich der optimalen Trägerhöhe läßt sich in allgemein gültiger Form nicht so eng eingrenzen, auch weil die prozentualen Eigenlaständerungen bei der Variation von h im Vergleich zu w erheblich größer sind. Einen entscheidenden Einfluß hat die relative Eigenlast, also die Trägerlänge, mit der die Eigenlast erheblich anwächst. Dabei wandert das Minimum mit wachsendem Verhältnis der Eigenlast zur Hublast und mit steigender relativer Wandstärke zu kleineren Trägerhöhen. Wie in [1] für die Ausfachung ohne Pfosten erklärt, ist auch hier entscheidend, ob ein Stab hinsichtlich der Knickung oder der Betriebsfestigkeit zu bemessen ist. In der Regel führt $L/16 < h < L/10$ ($0,06L < h < 0,1L$) zum Minimum, wobei für Träger mit großer Spannweite auch bei größeren Hublasten auf $L/16 < h < L/14$ eingeschränkt werden kann. Eine Variation der Eigenlast- und Hublastbeiwerte ändert wie die der Massenkkräfte die Lage des Minimums nur wenig, da deren Einfluß vergleichsweise gering ist.

Aus Knoten- und Feldmomenten ergeben sich im Ober- oder Untergurt, je nach Einleitung der Radlasten R (»Katze oben« oder »Katze unten«) Biegespannungen. Diese hängen nicht von der Trägerhöhe, aber – wie

in Bild 4 für das Feldmoment M_F verdeutlicht – von w und r/w ab, wobei r den Radstand der Katzräder bedeutet. Bezieht man M_F jedoch auf die Trägerlänge, ergibt sich grundsätzlich mit steigender Feldzahl eine Abnahme der Knoten- und Feldmomente für jeden Radstand. Die Eigenlast ist deshalb besonders bei größeren Feldweiten von r abhängig (Bild 5). Das Minimum der einzelnen Verläufe bleibt aber in der Regel im für w ermittelten optimalen Bereich. Zu erwähnen ist noch, daß mit wachsendem Radstand zwar die Eigenlast sinkt, andererseits jedoch das sog. Anfahrmaß größer wird, wodurch die Bedienungsfläche des Lasthakens abnimmt.

Aus ähnlichen, aber auch aus konstruktiven Gründen bewegt sich die Katze häufig entlang des Untergurtes, obwohl die Eigenlast des Trägers immer kleiner ist, wenn die Räder auf dem Obergurt laufen (Bild 6). Bezüglich des Minimums der Eigenlast innerhalb der oben angegebenen optimalen Bereiche zeigt sich im Fall »Katze unten« eine Tendenz zu kleineren, im Fall »Katze oben« zu größeren Werten. Ein Werkstoff höherer Festigkeit (St 52 anstatt St 37) ergibt nur bei einem großen Verhältnis der Eigenlast zur Hublast eine Abnahme der Eigenlast bis zu 6%. Steigt die dynamische Belastung, dann sinkt die Ersparnis bis unter 1%.

Literaturnachweis:

[1] Koneberg, W.-P.: Minderung des Eigengewichts horizontaler Fachwerk-Kranträger ohne und mit Berücksichtigung einer Vorspannung, fördern und heben 25 (1975) Nr. 2, S. 119–123.

Bildnachweis: Verfasser

Dr.-Ing. Koneberg und Dipl.-Ing. Günthner sind Mitarbeiter am Lehrstuhl für Förderwesen der Technischen Universität München, Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. S. Böttcher.