

## Anhang 4

### Mindest-Radaufstandsbreite bzw. Mindestbreite der Spurkranzkuppe

Die Ermittlung der Mindest-Radaufstandsbreite bzw. der Mindestbreite der Spurkranzkuppe kann in gleicher Form erfolgen, da in beiden Fällen von der Näherungsbetrachtung einer HERTZschen Kontaktpaarung ausgegangen wird, bei der ein Linienkontakt eines Zylinders auf einer Ebene vorausgesetzt wird. Dies gilt in guter Näherung, weil die Kontaktkrümmung zwischen Rad und Schiene in Querrichtung als erheblich flacher anzusehen ist als die Radkrümmung auf der in Längsrichtung als eben betrachteten Schiene. Das Kriterium für die Kontaktbeanspruchung ist die HERTZsche Pressung mit ihrem Maximalwert  $p_{\max}$ . Dieser Wert ist abhängig von den Werkstoffeigenschaften sowie vom Raddurchmesser, der Radaufstandskraft und der Kontaktbreite, die als Mindest-Radaufstandsbreite bzw. als Mindestbreite der Spurkranzkuppe anzusetzen ist, damit die Beanspruchung durch die HERTZsche Pressung die Beanspruchbarkeit der Werkstoffe von Rad und Schiene nicht übersteigt. Für den Linienkontakt zwischen einem Zylinder und einer Ebene läßt sich die HERTZsche Pressung wie folgt errechnen

$$p_{\max} = \sqrt{\frac{F_N \cdot E}{\pi \cdot d \cdot b_{\min} \cdot (1 - \nu^2)}}$$

Hierbei sind

Werkstoffkenngrößen

- E     Elastizitätsmodul des Werkstoffs
- $\nu$      Querkontraktionszahl des Werkstoffs

Beanspruchungsgrößen

- $p_{\max}$      HERTZsche Pressung
- $F_N$      Radaufstandskraft bei Höchstlast

## Geometriegrößen

d	Raddurchmesser
$b_{\min}$	Mindestkontaktbreite

Bei Stahl mit den Werkstoffkennwerten für den Elastizitätsmodul  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$  und die Querkontraktionszahl von  $\nu = 0,3$  ergibt sich die Mindestkontaktbreite  $b_{\min}$  (in mm) abhängig von Raddurchmesser  $d$  (in mm), der größten Radaufstandskraft  $F_N$  (in N) und der HERTZschen Pressung  $p_{\max}$  (in  $\text{N/mm}^2$ ), die einen werkstoffabhängigen Grenzwert  $p_{\lim}$  nicht überschreiten darf, wie folgt

$$b_{\min} = \frac{73456 \cdot F_N}{p_{\lim}^2 \cdot d} .$$

Die Bestimmung des werkstoffabhängigen Grenzwertes für  $p_{\lim}$  ergibt sich aus Annahmen für den Spannungszustand, der durch die Vergleichsspannung entsprechend der zugrundegelegten Anstrengungshypothese charakterisiert wird. Von der Vergleichsspannung nach der Schubspannungshypothese (TRESKA, ST.VENANT)  $\sigma_{VS_{\max}}$  ausgehend ist die Werkstoffanstrengung

$$\sigma_{VS_{\max}} = 0,6 \cdot p_{\lim} .$$

Diese Vergleichsspannung zur Charakterisierung der Werkstoffbeanspruchung muss, um große ständig fortschreitende plastische Verformungen im Material zu vermeiden, unterhalb des Werkstoffstreckgrenzwertes  $R_{p0,2}$  liegen.

$$\sigma_{VS_{\max}} < R_{p0,2}$$

Damit gilt

$$p_{\lim} < 1,67 \cdot R_{p0,2}$$

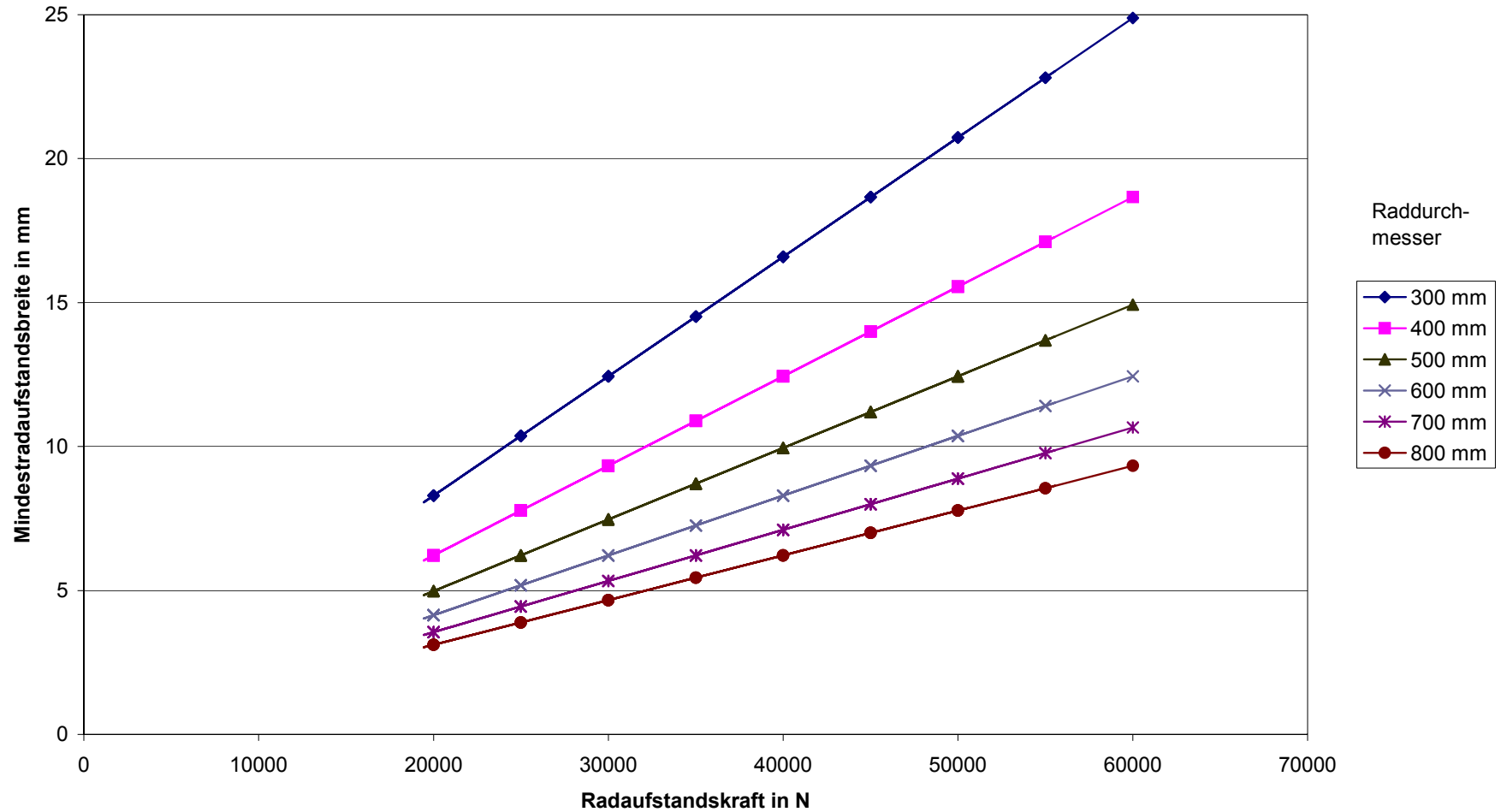
Daraus ergibt sich zur Abschätzung für die Ermittlung der Mindest-Radaufstandsweite bzw. der Mindestbreite der Spurkranzkuppe in Abhängigkeit von

- der durch die Streckgrenze charakterisierten Werkstofffestigkeit mit dem HERTZschen Flächenpressungsgrenzwert  $p_{\lim}$
- der Radaufstandskraft  $F_N$  sowie
- dem Raddurchmesser  $d$

die minimal anzusetzende Radaufstandsbreite  $b_{\min}$ , die besonders für Weichenanlagen in engen Gleisbögen zu berücksichtigen ist, bzw. die minimal anzusetzende Spurkranzkuppenbreite, wie sie für das Fahren in Flachrillenanlagen vor allem radseitig von Bedeutung ist. Beispiele der sich ergebenden Mindestbreiten für verschiedene Schienenwerkstoffqualitäten mit unterschiedlich hoch anzusetzenden Werkstofffestigkeiten sind in den Diagrammen Bild 4.1, 4.2 und 4.3 in Abhängigkeit von Raddurchmesser und Radaufstandskraft dargestellt. Rad bezogen betrachtet müssen Radwerkstoffkennwerte zugrundegelegt werden. Radwerkstoffkennwerte sind dann zur Bemessung der Mindest-Radaufstandsbreite zu verwenden, wenn der Radwerkstoff eine geringere Festigkeit als der gleisanlagenseitig eingesetzte Schienenwerkstoff aufweist. Beispiele für zwei Radwerkstoffe unterschiedlicher Festigkeit sind in den Diagrammen Bild 4.4 und 4.5 wiedergegeben.

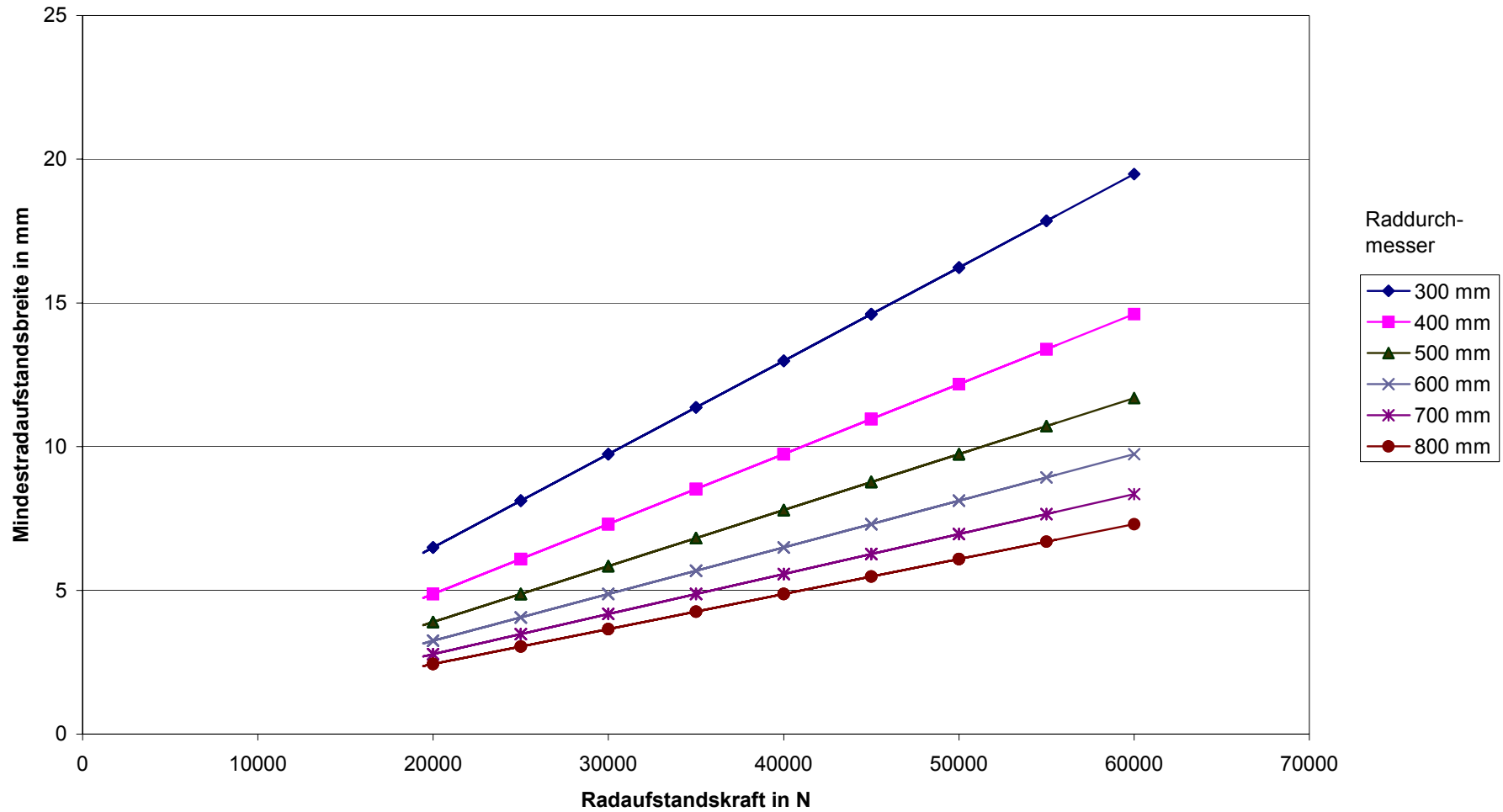
Die hier für eine vereinfacht zugrundegelegte Betrachtungsweise angegebene Berechnung der Mindest-Radaufstandsbreite bzw. der Mindestbreite der Spurkranzkuppe soll Anhaltswerte liefern, wie die Mindestbreiten in Abhängigkeit von den verschieden hoch anzusetzenden Werten für Werkstofffestigkeit, Raddurchmesser und Radaufstandskraft ermittelt werden können. Auf der Grundlage detaillierterer Untersuchungen, beispielsweise mit Finite-Element-Methoden, die die tatsächlich vorliegenden Verhältnisse genauer erfassen, oder durch Nachweis der überwiegend tatsächlich vorhandenen Betriebsverhältnisse kann von den Werten abgewichen werden, die sich anhand der hier empfohlenen Berechnungsweise ergeben.

zulässige Hertzsche Pressung für Schienengüte S700 ( $p_{lim} = 768 \text{ MPa}$ )



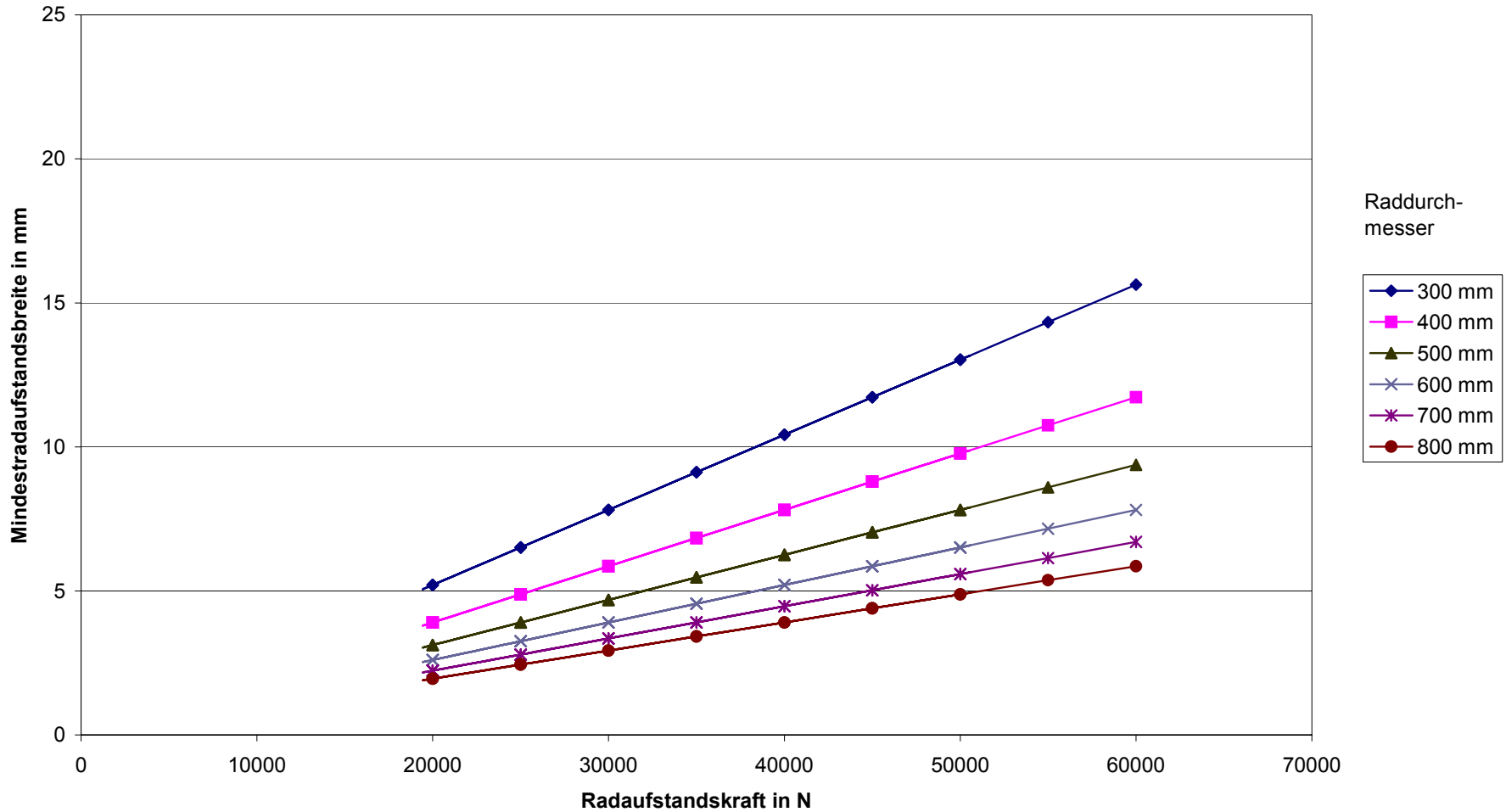
**Bild 4.1:** Rechnerische Mindestaufstandsbreite bei einer der Schienengüte S700 zu Grunde gelegten Streckgrenze von 460 MPa

zulässige Hertzsche Pressung für Schienengüte S800 ( $p_{lim} = 868 \text{ MPa}$ )



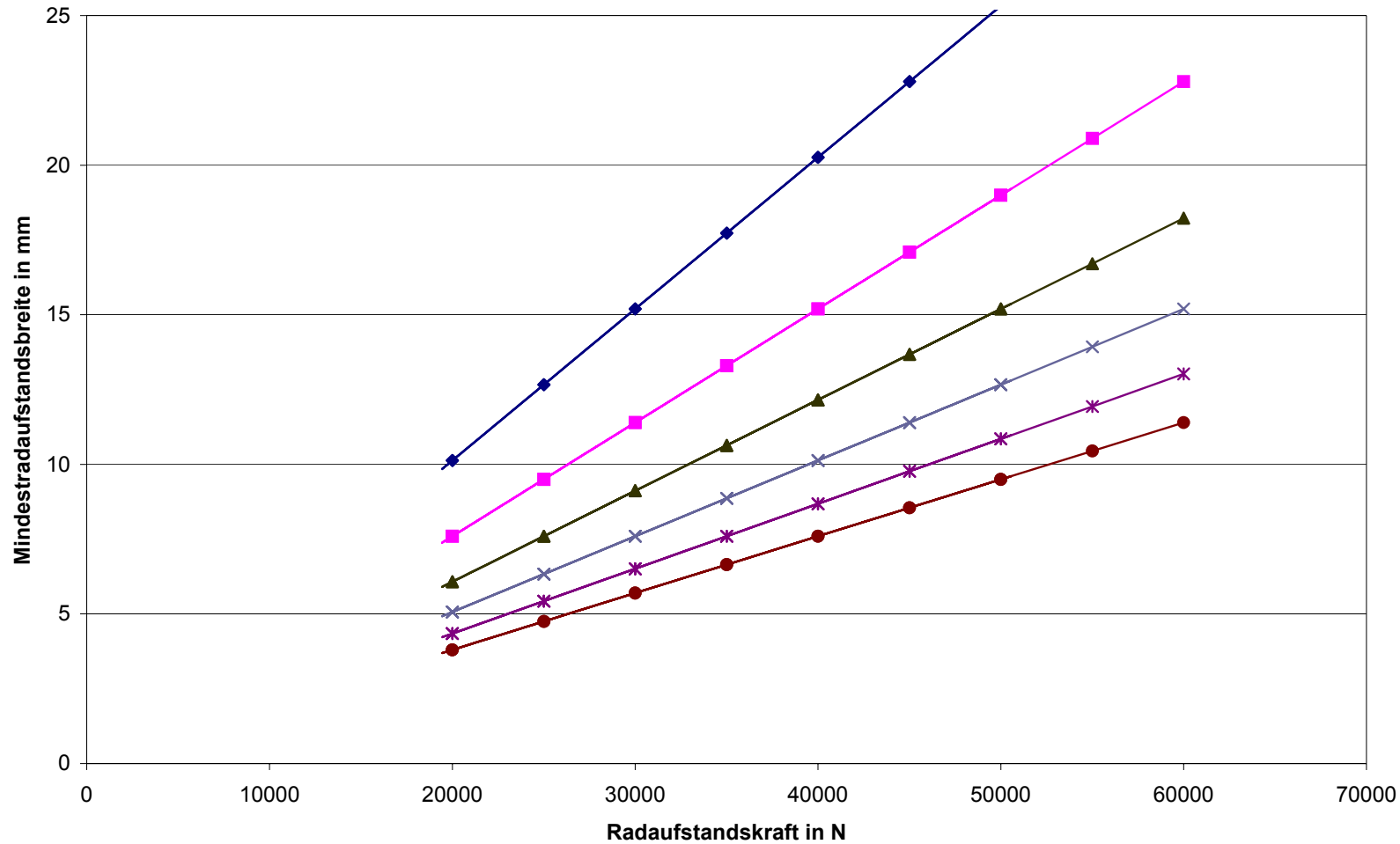
**Bild 4.2:** Rechnerische Mindestaufstandsweite bei einer der Schienengüte S800 zu Grunde gelegten Streckgrenze von 520 MPa

zulässige Hertzsche Pressung für Schienengüte S900A ( $p_{lim} = 969 \text{ MPa}$ )



**Bild 4.3:** Rechnerische Mindestaufstandsweite bei einer der Schienengüte S900A zu Grunde gelegten Streckgrenze von 580 MPa

bei zulässiger Hertzscher Pressung für Radstahl ( $p_{lim} = 695 \text{ N/mm}^2$ )

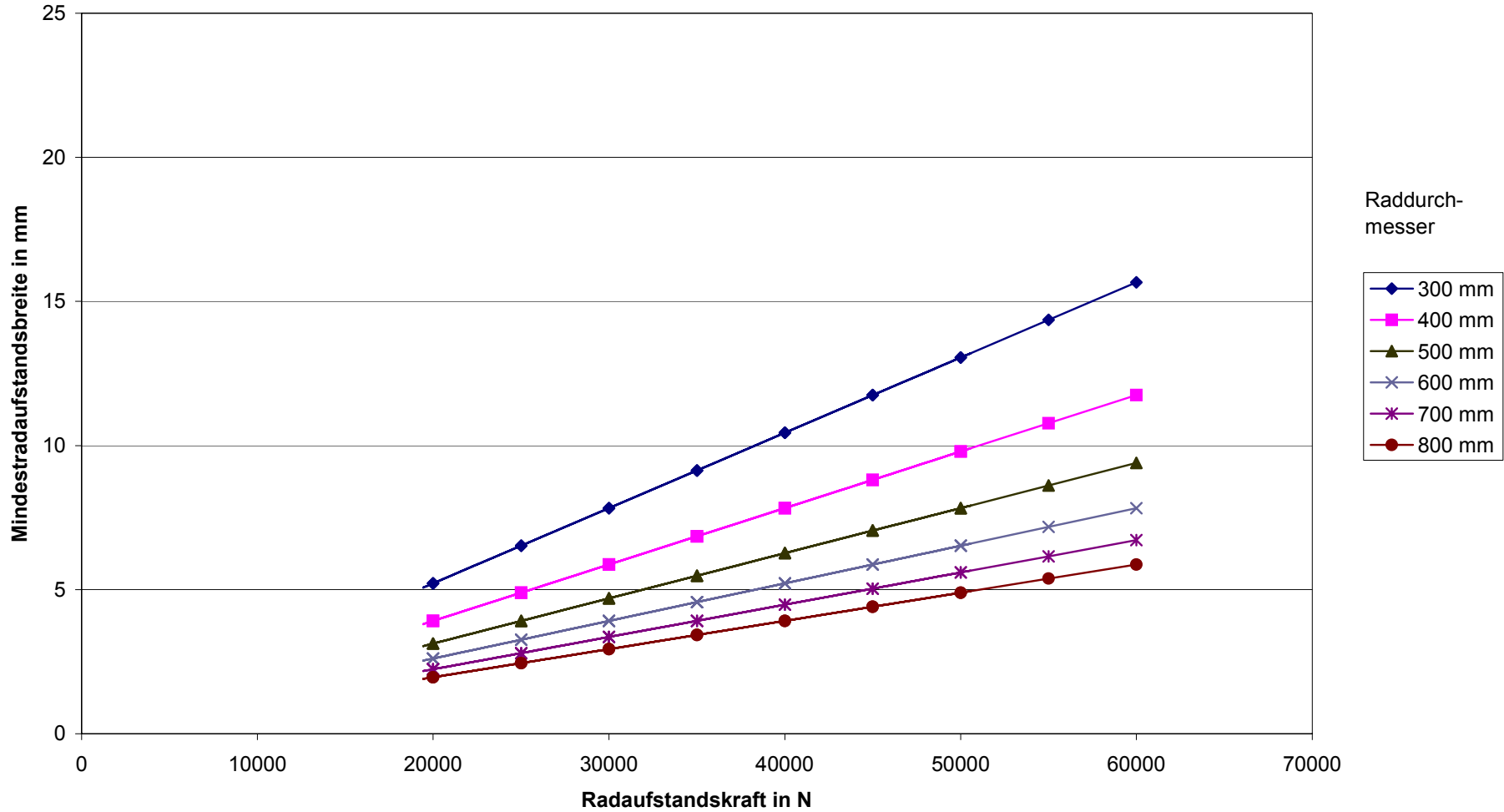


Raddurchmesser

- ◆ 300 mm
- 400 mm
- ▲ 500 mm
- × 600 mm
- \* 700 mm
- 800 mm

**Bild 4.4:** Rechnerische Mindestaufstandsweite bei einer dem Radstahl zu Grunde gelegten Streckgrenze von 416 MPa

bei zulässiger Hertzscher Pressung für Radstahl ( $p_{lim} = 968 \text{ MPa}$ )



**Bild 4.5:** Rechnerische Mindestaufstandsbreite bei einer dem Radstahl zu Grunde gelegten Streckgrenze von 580 MPa