

$$\mathbf{F}_i^T = \frac{\partial \phi}{\partial \mathbf{r}_i}, \quad \mathbf{G}^T = \frac{\partial \phi}{\partial \mathbf{x}} = \phi_x, \quad \mathbf{H}_{Ti}^+ = \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \mathbf{r}_i},$$

so kann man (4.12) auch schreiben als

$$\mathbf{g} \cdot \left(\sum_{i=1}^p \mathbf{F}_i^T \cdot \mathbf{J}_{Ti} \right) \cdot \delta \mathbf{y} = 0.$$

Faßt man schließlich noch die Funktionalmatrizen zur globalen Ungleichungsmatrix $\bar{\mathbf{Q}}$ und zur globalen $3p \times f$ -Jacobi-Matrix $\bar{\mathbf{J}}$ zusammen,

$$\bar{\mathbf{Q}} = \begin{bmatrix} \mathbf{F}_1 \\ \mathbf{F}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{F}_p \end{bmatrix}, \quad \bar{\mathbf{J}} = \begin{bmatrix} \mathbf{J}_{T1} \\ \mathbf{J}_{T2} \\ \vdots \\ \mathbf{J}_{Tp} \end{bmatrix},$$

so geht (4.14) in die Orthogonalitätsbeziehung

$$\bar{\mathbf{Q}}^T \cdot \bar{\mathbf{J}} = \bar{\mathbf{J}}^T \cdot \bar{\mathbf{Q}} = \mathbf{0}$$

über. Ebenso folgt wegen $\sum \mathbf{H}_{Ti}^+ \cdot \mathbf{H}_{Ti} = p\mathbf{E}$ auch

$$\mathbf{G}^T \cdot \mathbf{I} = \mathbf{I}^T \cdot \mathbf{G} = \mathbf{0}.$$

Die *Orthogonalitätsbeziehung* kann sowohl in kartesischen als auch in verallgemeinerten Koordinaten (4.17) angeschrieben werden. Die virtuellen Verschiebungen $\delta \mathbf{x}$ und die virtuellen Kräfte leisten also - unabhängig von der Wahl der Koordinaten - virtuelle Arbeit, was für alle mechanischen Systeme gilt.

Das *Prinzip der virtuellen Arbeit*, häufig auch das *Prinzip der virtuellen Verschiebung* genannt, kann man für statische Punktsysteme in die Form der Gleichgewichtsbedingungen der Statik verlangen, daß die