

# **Kraftkegel und Zugdreiecke im Baum- alles gegen den Schub!**

**C. Mattheck, K. Bethge, K. Weber**

Karlsruher Institut für Technologie  
KIT- Campus Nord  
Institut für Materialforschung II  
Postfach 3640  
D- 76021 Karlsruhe

Die Methode der Kraftkegel hat im Bereich technischer Leichtbaukonstruktionen sich als einfaches aber hochwirksames Denkwerkzeug erwiesen. Es soll hier kurz vorgestellt und sodann auf den Baum angewandt werden. Dies erfolgt in selbsterklärenden Abbildungen.

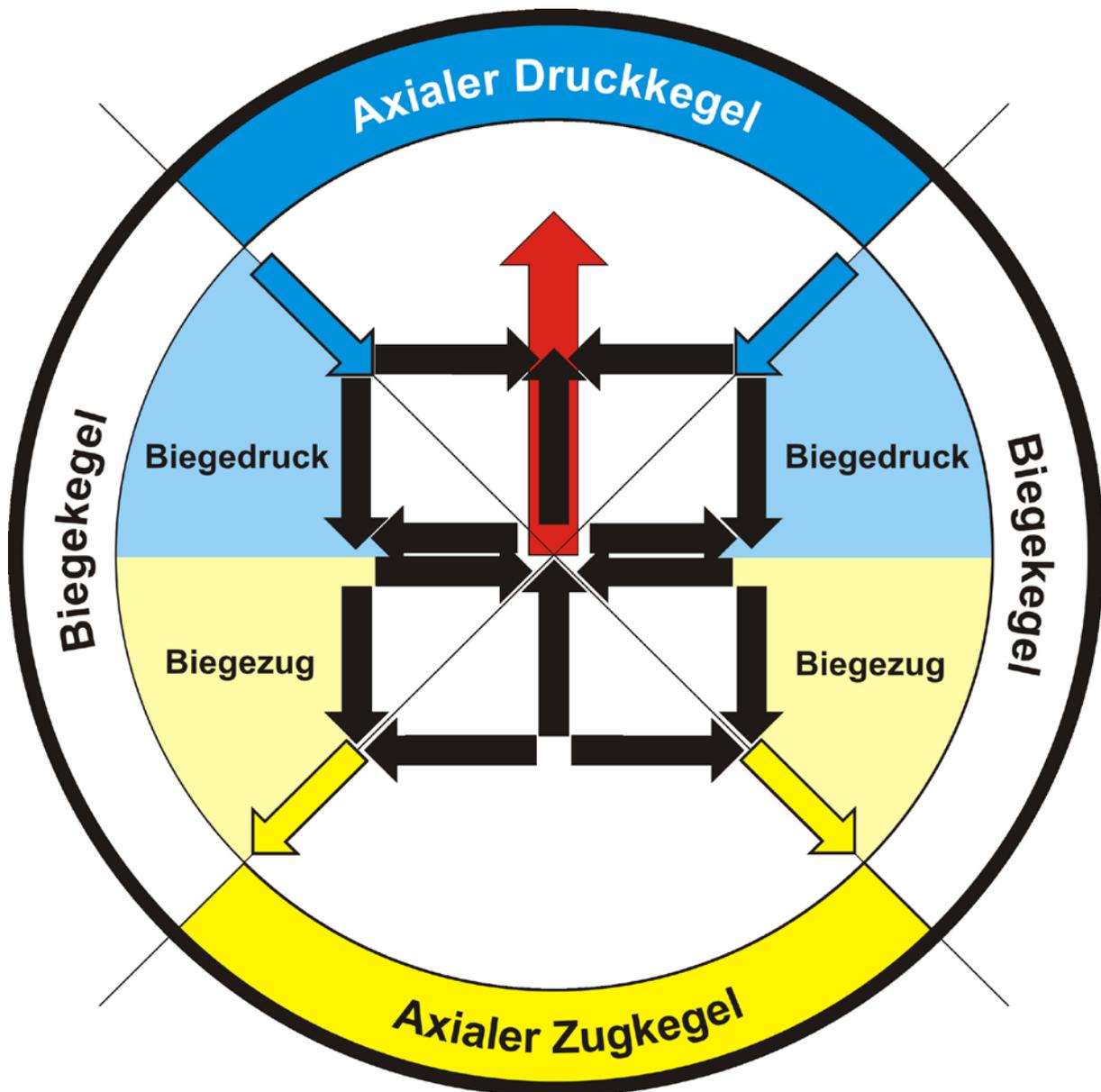


Abb. 1: Eine Einzelkraft im unendlichen Designraum kann man sich als von vier Schubvierecken umgeben vorstellen, die vor der Kraft einen Druckkegel, hinter der Kraft einen Zugkegel und seitlich der Kraft zwei Biegekegel erklären.

Dieses Prinzip soll nunmehr auf den Baum angewandt werden.

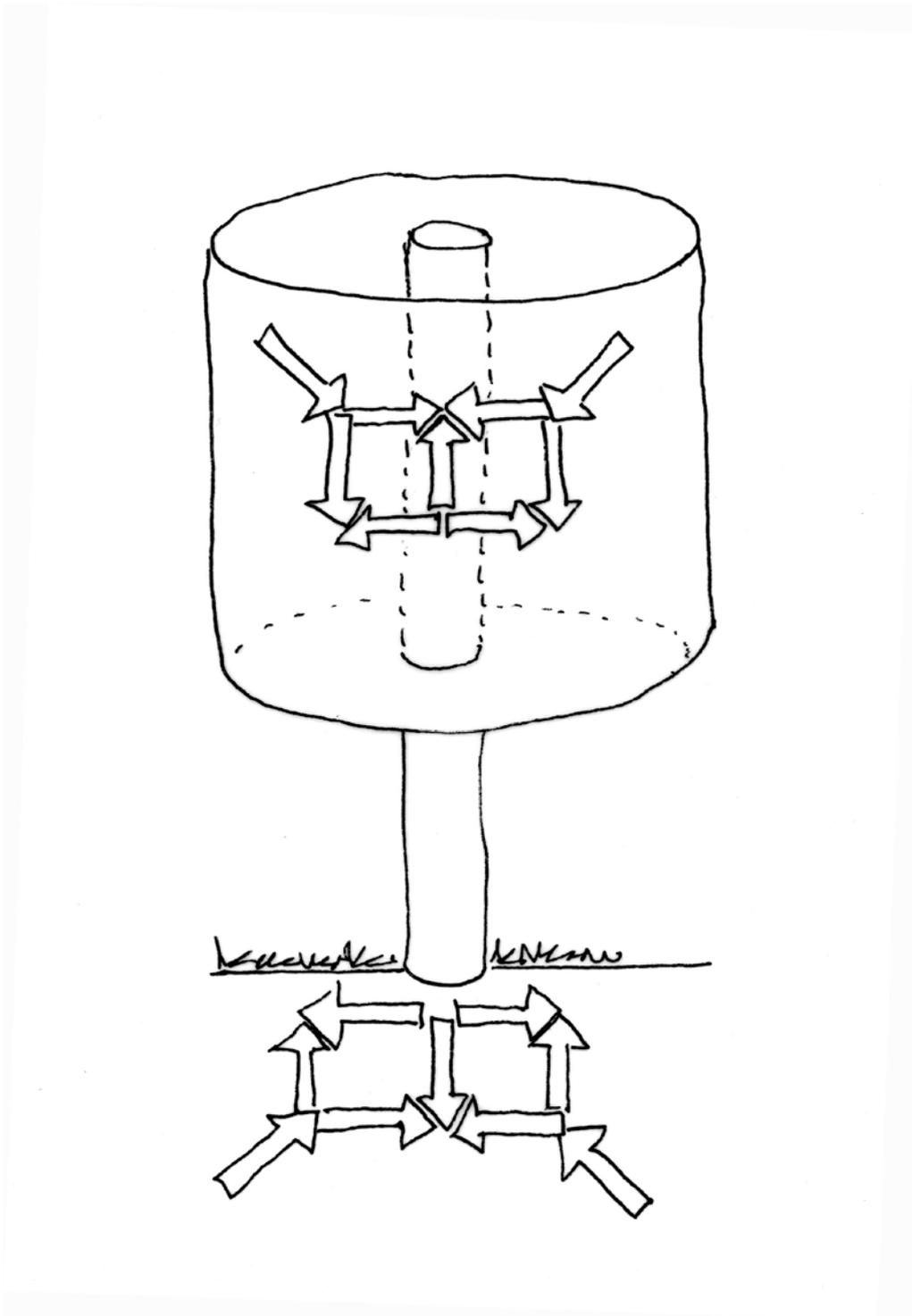


Abb. 2: Die Baumkrone würde unter ihrem Eigengewicht am Stamme entlang abgleiten. Dies verhindern Schubspannungen, die einer um  $45^\circ$  nach oben geneigten Druckkraft entsprechen. Umgekehrt würde der Stamm in die Erde stanzen, wenn nicht schubbedingte abwärtsgerichtete  $45^\circ$ -Druckkräfte dies verhindern würden.

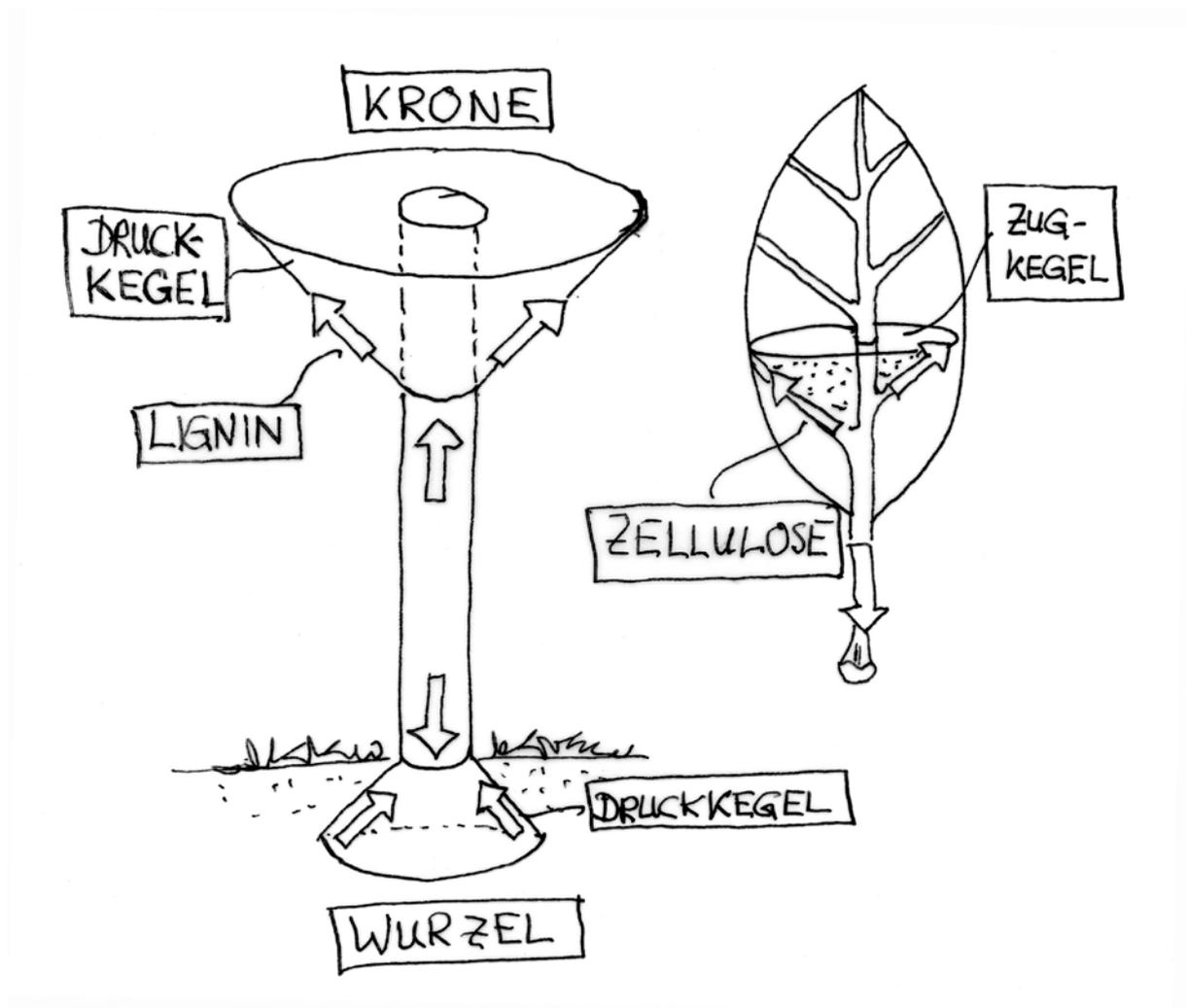


Abb. 3: Diese 45°-Druckkräfte stellen zwei Kraftkegel dar, die aus Ligninstützen bestehen (Äste, Wurzeln) mit dem Stamm als Abstandhalter. Ähnlich aber umgekehrt wirken die Seitenvenen im Blatt auch als Schubkiller, aber weil ohne Lignin- auf Zug!

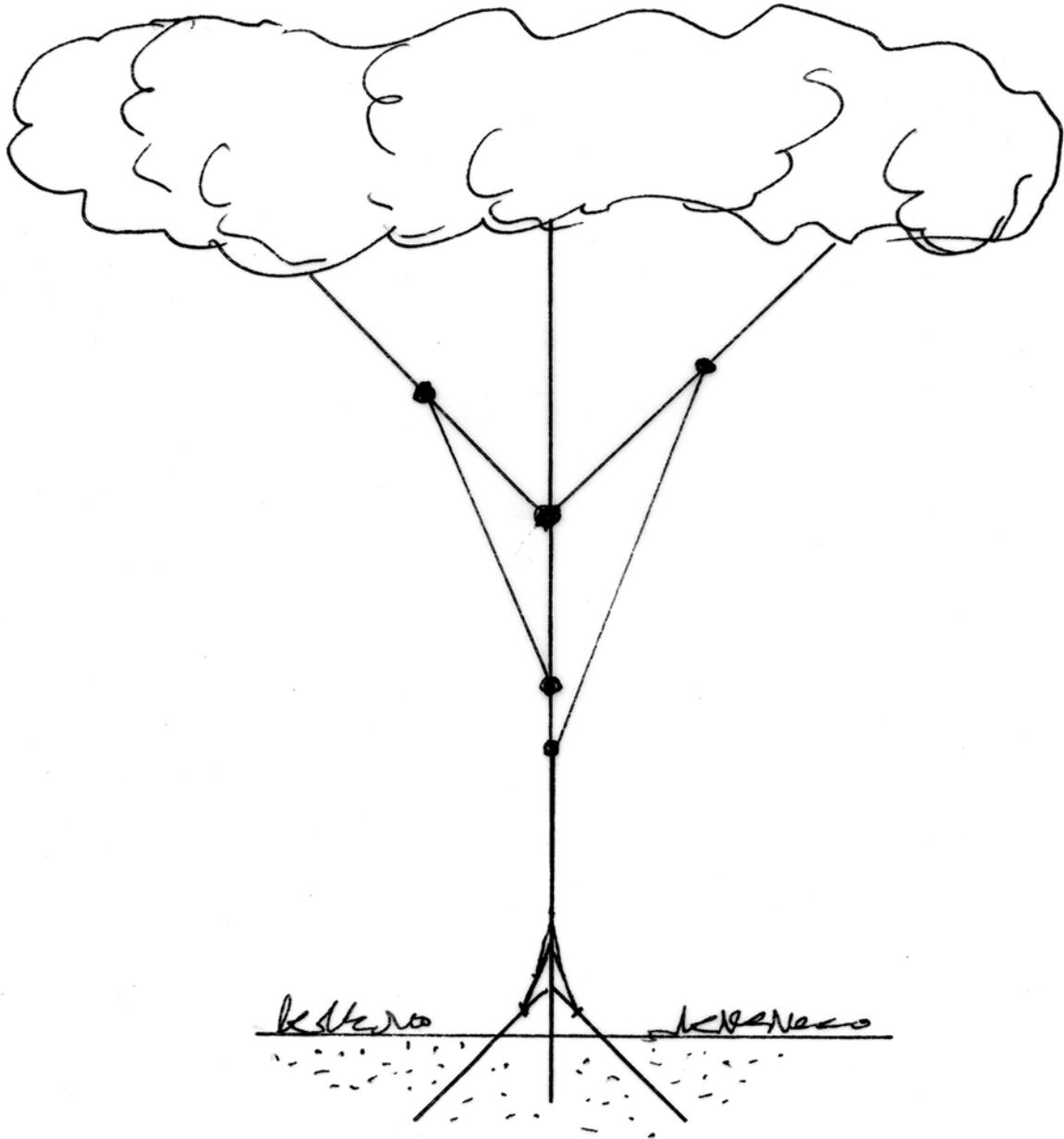


Abb. 4: Auch tropische Bäume mit ihrem flachen Kronenschirm haben einen Kraftkegel, der nicht selten in Form der Zugdreiecke in den Stamm einläuft.

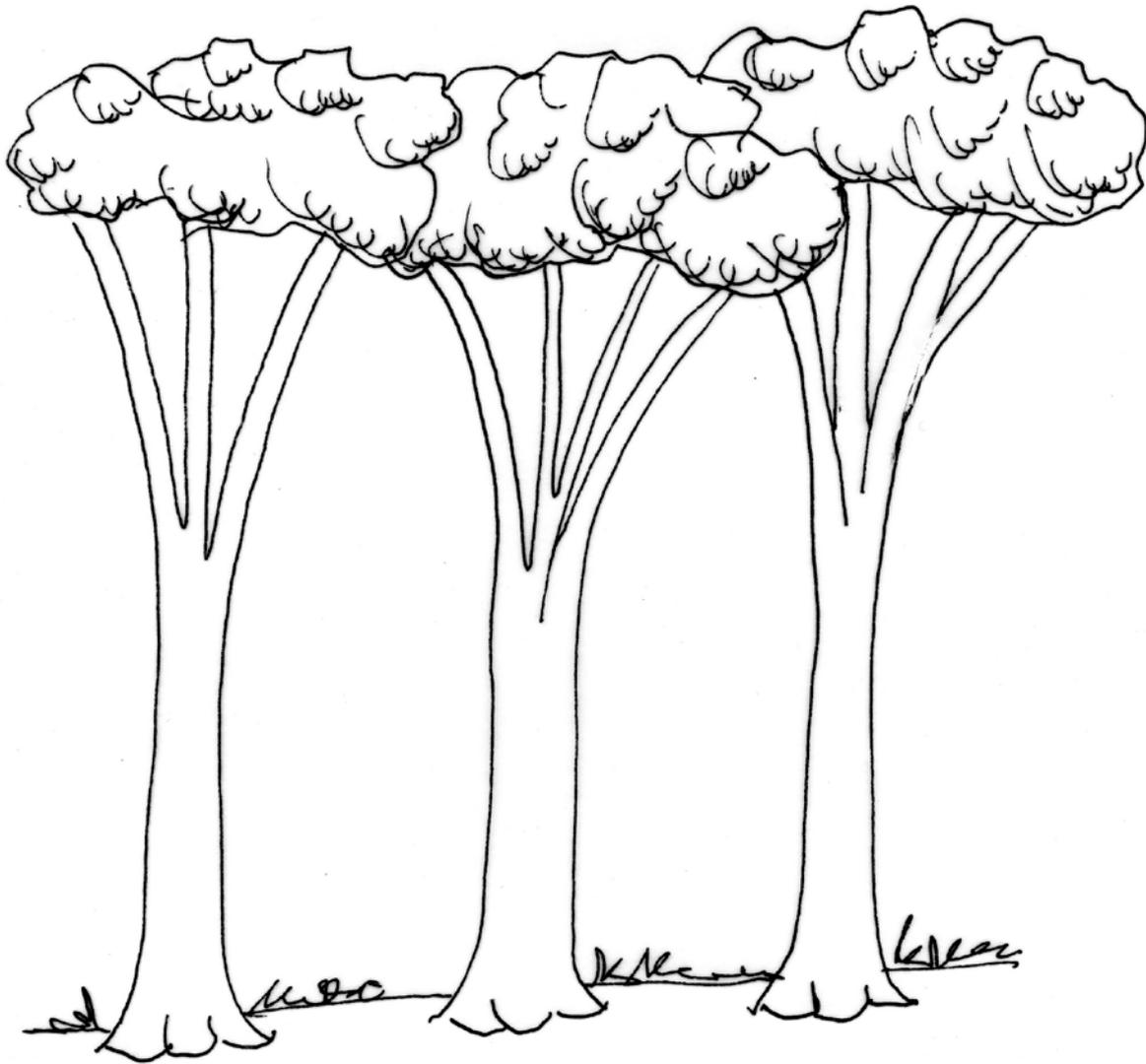


Abb. 5: Bestandsbäume fangen durch ihre seitliche Stützwirkung die Biegebelastung der Äste gegenseitig ab, so dass die Äste - eher druckbelastet - gut erkennbare Kraftkegel als räumliche Schubkiller bilden.

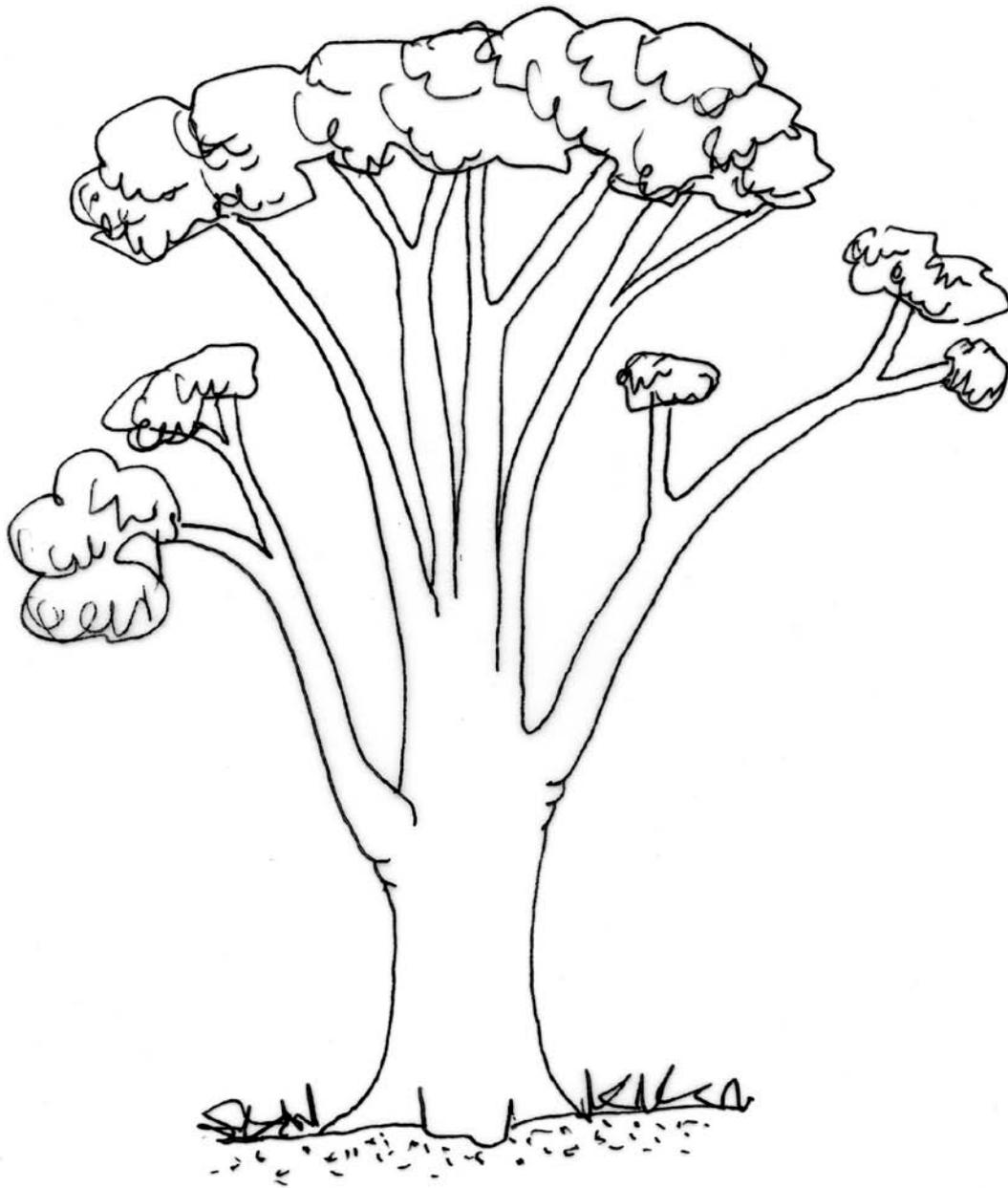


Abb. 6: Beim Solitär trifft dies in der Regel für die miteinander verhakte obere Krone zu, während die unteren Äste biegebelastet und auf sich allein gestellt sind.

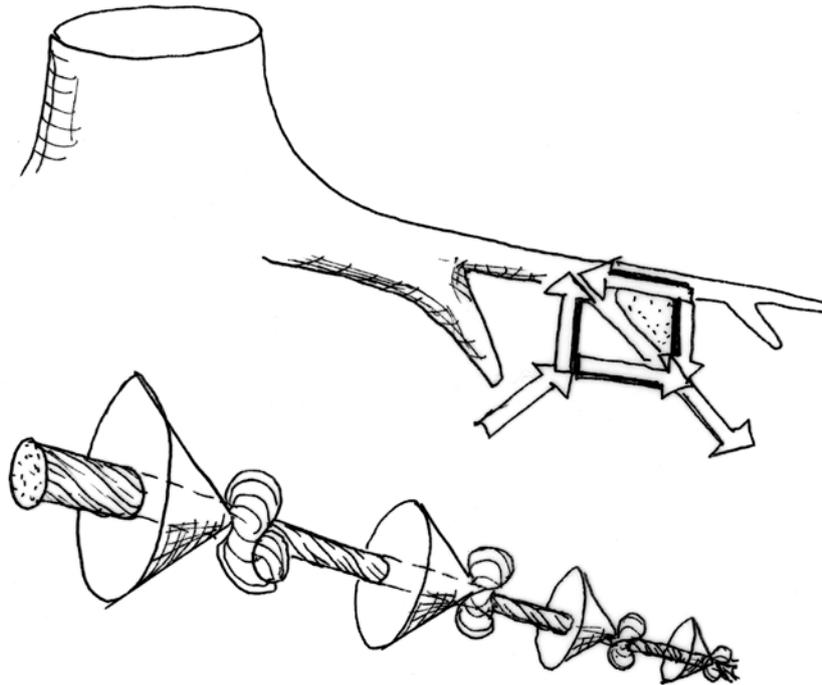


Abb. 7: Die Schubkiller als 45°-Verzweigungen der Seitenwurzeln wirken wie ein Wurzelknoten, der in Richtung Stamm gezogen wird und dabei stammseitig einen Druckkegel aus verdichteter und damit festerer Erde erzeugt, was wiederum einer Vergrößerung des Wurzelknotens entspricht.



Abb. 8: Die Arbeitsteilung ist ideal: Stammseitig ist ein Druckkegel aus verdichteter und damit festerer Erde, während der stammferne Zugkegel aus zugfestem Wurzelholz gebildet wird. Bei Wurzelfäulen, die die Sinkerwurzeln zersetzen, verliert der Baum daher beides, Druck und Zugkegel. Resultat ist eine Wurzel ohne Knoten.

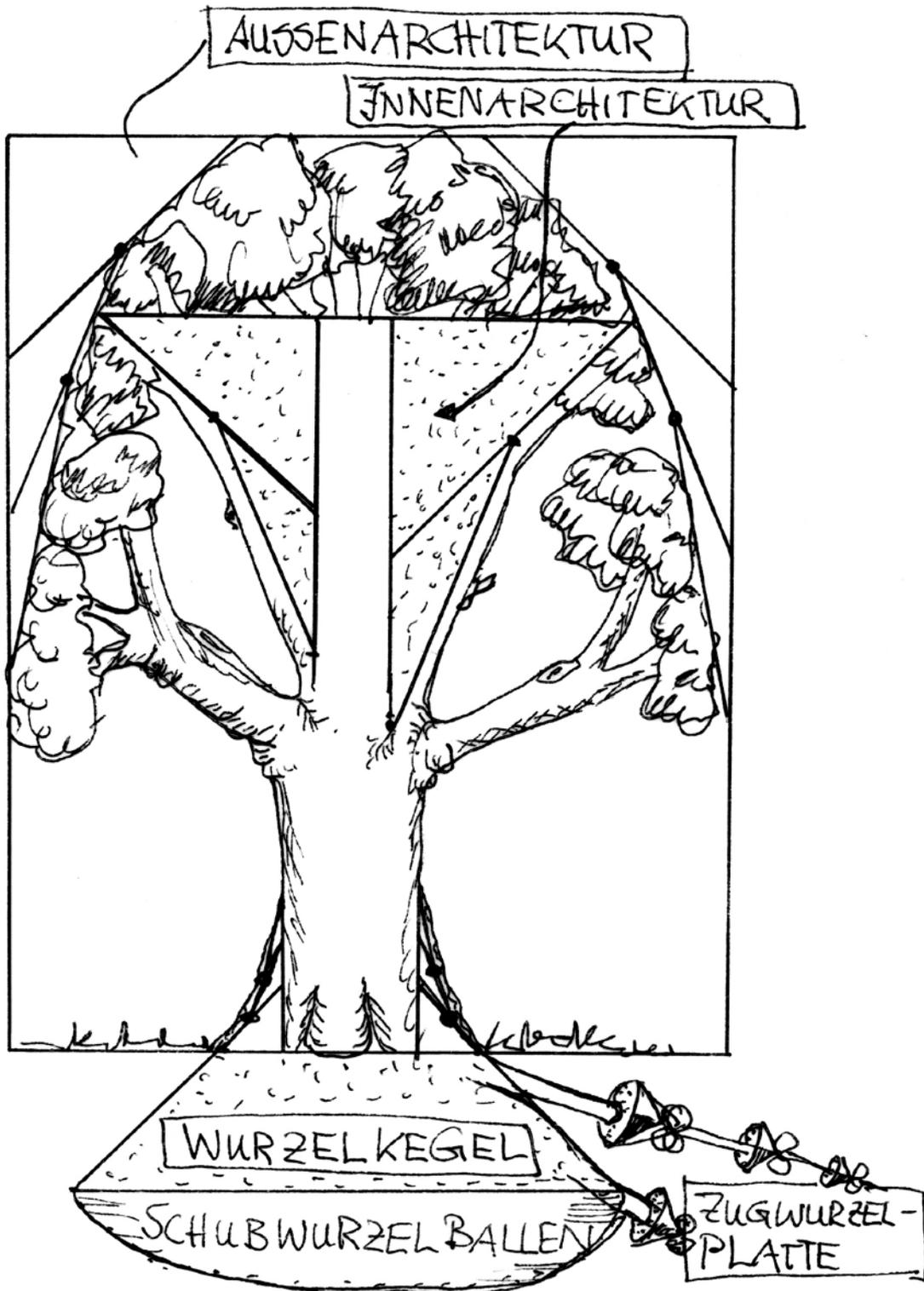


Abb. 9: In unterschiedlich vollkommener, nicht selten von Phototropismus und Hydrotropismus gestörter Weise ist der Baum mechanisch von Zugdreiecken und Kraftkegeln geprägt.