

Hohlkasten – Leistungsfähig durch Kombinationen

Ralf Harder
LIGNOTREND Produktions GmbH
Weilheim, Deutschland



Hohlkasten – leistungsfähig durch Kombinationen

1. Basisfunktion Statik

Die Grundaufgabe eines Bauteils ist in der Regel die statische Tragwirkung. Bei allen wesentlichen Baustoffen begegnet man der «Auflösung» von Voll-, d.h. Rechteckquerschnitten zu Varianten, bei denen das Material im Querschnitt so angeordnet wird, dass es statisch effizient genutzt wird.

1.1. Stahl

Wesentliche Motivation, keine Vollquerschnitte zu verwenden ist schlicht das Gewicht – bei 7850 kg/m^3 stünde das Konstruktionsgewicht in einem sehr ungünstigen Verhältnis zur Nutzlast. Erst mit geeigneten Technologien (Nieten, Fachwerk, Warmwalzen) wurde Stahl zum nützlichen Werkstoff.

Profilstahl (Hohlprofile, Doppel-T-Träger) nutzten erstmals auf industrieller Ebene den Effekt, dass Querschnittsteile, die weiter von den Schwerachsen angeordnet sind, überproportional zur Tragwirkung und Biegesteifigkeit beitragen können. Bei gleicher Bauhöhe erzielt der Doppel-T-Träger IPE beispielsweise rund die doppelte Biegesteifigkeit wie ein Rechteckquerschnitt, bei dem die gleiche Menge an Material verwendet wurde. Anders formuliert erreicht man durch die Profilierung eine **Gewichtseinsparung**.

1.2. Beton / Mauerwerk

Ebenfalls meist aus Gewichtsgründen wird Beton durch Schalung zum Kastenquerschnitt geformt. Aufgelöste Querschnitte finden sich als Hohlkasten im Brückenbau, zum anderen als TT-Platten oder auch als Spannbeton-Hohlkörperdecken im Geschossbau.

Bei Mauersteinen tauchen «Kästen» in Form von Hochlochziegeln auf. Als Motivation kommt weniger das Gewicht als die **Reduzierung des Wärmedurchgangs** hinzu.

1.3. Holz

Holz kann aufgrund seiner Hohlfaserstruktur schon von Natur aus als Stapel von mikroskopisch kleinen «Kästen» angesehen werden, der sehr materialeffizient und bei geringem Gewicht seine Tragwirkung erreicht.

Die Motivation «Gewicht» spielt im Holzbau also schon eine weniger dominierende Rolle bei der Festlegung der Querschnittsform. Selbstverständlich führt das Gewicht bei Bindern für große Spannweiten wie Hallendächern zur Auflösung des Querschnitts, die bis hin zu gespreizten Stäben bzw. Fachwerkträgern geht, wenn der Herstellungsaufwand die Kosten für einen alternativen Massivquerschnitt aufwiegt. Wegen des großen Produktionsaufwands kommt hingegen das Fachwerkprinzip bei flächigen, platten- und scheibenförmigen Bauteilen kaum zum Einsatz.

Die traditionelle Holzrahmenbauweise ist weiterhin weit verbreitet. Heute sind mit mechanischen Verbindungsmitteln zusammengesetzte Balkendecken oder Holzrahmenbauwände weit verbreitet – entweder bauseitig montiert oder im Werk elementiert. Wenn man so will, handelt es sich auch um Kastenelemente, allerdings trägt die Beplankung nur zur Tragwirkung als Scheibe bei und nicht zum Biegeträger.

Seit einigen Jahren haben massive Platten in Form von Brettstapelelementen, Dübelholz Brettschichtholzplatten, massivem Brettsperholz etc. deutliche Marktanteile errungen. Sie versprechen **Einfachheit bei der Planung**, vielleicht den mineralischen Massivbauweisen vergleichbar.

Die Ausformung von Hohlkasten- oder Rippelementen war bereits in der alten DIN 1052 als zusammengesetzter Querschnitt beschrieben, wobei die Querschnittsteile entweder nachgiebig mit mechanischen Verbindungsmitteln oder – deutlich starrer – durch Verklebung verbunden werden. Mengenmäßig nennenswert ist bei aufgelösten Flächenelement-

Querschnitten heute nur die verklebte Produktion in industriellem Maßstab bzw. die Herstellung sehr individueller Bauteile in Holzbaubetrieben, die in Deutschland eine entsprechende Befähigung zum Verkleben nachweisen müssen.

2. Attraktivität von Hohlkästen

Aus der Perspektive des Markts betrachtet, stehen der Holzbau und seine Lösungen im brancheninternen Produktwettbewerb sowie im externen Wettbewerb mit anderen Baumaterialien. Dieser Beitrag will sich dem *Potenzial von Hohlkasten- und Rippenelementen aus Holz als flächige Bauteile* aus Richtung der Attraktivität für den Anwender annähern.

Die Attraktivität eines Produktes oder einer Lösung und damit seine Wettbewerbsfähigkeit kann auf drei Wegen gesteigert werden,

1. wenn die **Kosten** geringer sind als bei den Alternativen,
2. wenn **Funktionen** erfüllt werden, die sonst anderweitig gelöst werden müssten und
3. wenn **Zusatzfunktionen** gelöst werden, die den Nutzwert (unerwartet) steigern.

Was bedeutet das für das Kasten-/Rippenelement? Die Herstellkosten setzen sich aus Materialaufwand und Fertigungsaufwand zusammen. Der Einsatz von Material ist geringer, in gewissem Maße schluckt das (zwar industrielle, hier aber aufwändigere) Produktionsverfahren diesen Vorteil wieder. Die häufige Vermutung, ein aufgelöstes Produkt müsse doch automatisch günstiger sein, erweist sich also bei aktuellen Preisen für das Rohmaterial als nicht richtig – wenn man nur die reine Tragfunktion betrachtet. Der erste Attraktivitätsfaktor mag also kurzfristig nicht für Hohlkästen sprechen.

Mittelfristig könnte sich die Situation mit dem – im Sinne des Strebens nach nachhaltigen Einsatzes nachwachsender Ressourcen wünschenswertem weiterem Wachstum der Holzbauweisen – freilich ändern: Mit steigender Nachfrage/sinkender Verfügbarkeit steigen Materialpreise, ein Kostenvorteil gegenüber voll massiven Bauteilen erwächst.

3. Erfolgsschlüssel: Funktionskombination

Betrachtet man nicht nur die Basisfunktion «Statik», greifen der zweite und dritte Attraktivitätsfaktor hingegen bereits heute nennenswert: Sie sprechen für die Möglichkeiten, die der Holzbau mit Hohlkasten- und Rippenelementen erschließen kann. Im Folgenden wird anhand von fünf Kombinationen dargestellt, wie sich der Nutzen für ihren Anwender erhöht, wenn zur Tragwirkung weitere Nutzenfaktoren hinzukommen.

Zuvor sei erwähnt, dass Kasten-/Rippenelemente aber schon in der Basisfunktion «Statik» neue Felder erschlossen haben: Heute ermöglicht die Technologie die Herstellung von Brettsperrholz-Rippenelemente in derartiger Konfiguration, dass sie größere Spannweiten materialeffizient und ohne Zwischenstützen überspannen können und sich unabhängig von Hybridansätzen wie dem Holz-Beton-Verbund für Anwendungsbereiche wie etwa den Schulbau eignen.

3.1. Statik + Massivität = Robustheit + Raumklima

Der Faktor Massivität scheint vordergründig nicht für die Auflösung des Bauteilquerschnitts zu sprechen. Voll massive Holzbauelemente stehen zur Verfügung und entsprechen in bestem Sinne den Wunsch des Planers nach einfacher Konstruktion sowie der Sympathie vieler Bauherren nach robusten – eben massiven Konstruktionen. Durch das Brettsperrholzprinzip sind auch hier die natürlichen Schwind- und Quellprozesse und die einhergehenden Verformungen kontrollierbar.

Stellt man die Frage, welcher Grad an Massivität für ein Bauteil sinnvoll ist, liegt es – analog zu den Überlegungen bei der statischen Tragwirkung – nahe, den Querschnitt daraufhin zu untersuchen, ob Bereiche überhaupt noch einen Beitrag leisten.

Man wird feststellen, dass der «weiche» Faktor der **Raumklimaregulierungsfähigkeit** von Holz zwar eines ausreichend großen Volumens an Holzmasse bedarf, jedoch hier nicht unbedingt vom Gesamtvolumen, sondern nur vom *zugänglichen* Volumen ausgegangen

werden darf. Denn für eine luftfeuchteausgleichende Wirksamkeit tragen tiefliegende Holzschichten nicht bei. Den Hohlkasten kann man auf große Ausnutzung auslegen, indem die Holzmasse so angeordnet ist, dass kaum Anteile tiefer liegen als 3-4 Zentimeter hinter einer (inneren) Oberfläche – das ist das Maß, bei dem noch nennenswerter Feuchtaustausch erwartbar ist.

Man wird zudem feststellen, dass auch der Hohlkasten dem **«psychologischen» Akzeptanzkriterium «Massivität»** entspricht: Statisch äquivalent ist dem Vollholzquerschnitt von 22 cm Höhe und rund 110 kg/m² beispielsweise in etwa ein LIGNO Brettsperrholz-Rippenelement von 27,5 cm Höhe mit Flächengewicht von rund 69 kg/m². Selbst wenn der Feuerwiderstand auf 60 min erhöht sein soll, reichen Elemente mit rund 75 kg/m² bei geeigneter Füllung für Hohlraumlosigkeit aus.

Vision für den Holzbau bei sinkender Holzverfügbarkeit: Bei gleichem Materialeinsatz könnte man mit Kastenbauteilen aus der gleichen Menge forstseitig mobilisierten Holzes 60% mehr Elementfläche schaffen, ohne das Akzeptanzkriterium «massive Qualität» aufzugeben.

3.2. Statik + Dämmung = Energieeffizienz + Kompaktheit

Die Bauhöhe von Kastenbauteilen scheint auf den ersten Blick gegen die Sinnhaftigkeit von Kastenbauteilen zu sprechen. Oft, besonders im urbanen Bereich kommt es bei der Gebäudegesamthöhe auf Zentimeter an.

Moderne Berechnungsverfahren erlauben insbesondere für das Flachdach die bauphysikalische Analyse der sicheren Anordnung eines Teils der Dämmung im Kasten, also auf der Warmseite des Bauteils. So kann die Wärmeleitfähigkeit des Elements z.B. bis unter 0,09 W/mK abgesenkt und die Höhe der Aufdachdämmung reduziert werden.

Umgekehrt sind bei gleicher Bauhöhe bessere U-Werte erzielbar. Der Gesamtnutzen niedrigerer U-Werte ist freilich erst bei ganzheitlicher Betrachtung des Gesamtbauwerks inkl. der Betriebskosten quantifizierbar (vgl. Passivhauskonzept) und entzieht sich teilweise unmittelbaren bauteilbezogenen Kostenerwägungen.

3.3. Statik + Installation + Oberfläche = Geschwindigkeit

Holzbauteile mit fertiger Holzoberfläche sind nicht nur dem Kastenbauteil vorbehalten. Hochwertige, stabile Oberflächen versprechen Brettsperrholzbauteile dank der direkt hinter der Sichtlage integrierten Querlagen, damit sind stark **reduzierte Ausbauezeiten** möglich. Die industrielle Fertigung hilft die bei boomender Holzbautätigkeit herrschende Knappheit der Ressource Arbeitszeit zu entschärfen und erlaubt, die Holzbauweise auch im Erscheinungsbild der Innenarchitektur zu zeigen – in ersten Bundesländern bekanntlich inzwischen auch in den höheren Gebäudeklassen.

Hohlräume allerdings erlauben zudem, den Ausbau auch im Bereich der elektrischen Installationen von der Baustelle weg zu verlagern. Bei Decken aus Rippenbauteilen sind in den Zwischenbereichen bauhöhen sparend auch größere Leitungsquerschnitte möglich.

3.4. Statik + Schallschutz = Ruhekomfort

Ein Imageproblem haben Holzbauweisen bisweilen zu Unrecht im Bereich des Schallschutzes. Fast alle Konstruktionsprinzipien haben im Wand- und Deckenbereich mehr oder weniger aufwändige Aufbauten definiert, um dem zu begegnen: In der Regel durch verschiedene Schichtungen auf dem Element und die Erhöhung der Masse durch mineralische Baustoffe.

Der Hohlraum von Rippenbauteilen für Decken bietet eine raumsparende und bei der Verarbeitung einfache Möglichkeit, schalldämmende Maßnahmen zu treffen. Zwei mögliche Wege sind der Einbau von Masseschüttungen oder Tilgerelementen, durch beide erübrigen sich zugleich Nivellierarbeiten für Schüttungen auf dem Element.

Im Vergleich zu starren Gewichtskomponenten wie Gehwegplatten und dem Beton bei Holz-Beton-Verbundbauteilen lassen lose Schüttungen auf einfache Weise ein optimales Ergebnis für den tieffrequenten Schallschutz erwarten – mit dem positiven Nebeneffekt, dass ohne Zement keine zusätzliche graue Energie ins Bauteil fließt.

Der erreichbare außerordentliche **Schallschutzkomfort** im Bereich der Gehgeräusche stellt aktuell einen Zusatznutzen dar, denn es gibt hier normativ keine Anforderungen. Einerseits hat das Image des Holzbaus hier Nachholbedarf. Andererseits sind damit entsprechende Lösungen von vornherein auch für den Mehrgeschossbau geeignet.

Vision für den Holzbau unter Rückbezug auf die Kombination «Statik + Oberfläche»: Die genannte Schallschutzqualität ist nachweislich auch ohne unterseitige Deckenbekleidung erreichbar. Das Holz darf sichtbar bleiben!

3.5. Statik + Raumakustik = Nutzungsqualität

Das letzte Kombinationsbeispiel spielt sich im oberflächennahen Bereich der Hohlräume von Rippen- und Kastenenelementen ab. Das Einlegen von raumakustisch absorbierenden Materialien – hier eignet sich natürliche Holzweichfaser und die Eröffnung der Elementansicht durch Schlitze oder Löcher – gibt dem Bauelement zusätzlich zur fertigen Sichtoberfläche eine weitere Zusatzqualität, die herkömmlich nur durch Überkopf-Montageaufwände geschaffen werden kann. Hohlräume hinter dem Absorber verbessern die Wirkung sogar noch. Es gelten die im Abschnitt zur Funktion «Oberfläche» gemachten Nutzen bzgl. der Ausbaaufwände.

Bei Rippenenlementen und Kästen mit Brettsperrholz-Untergurt wird der Absorber auch anstelle von Querlagen angeordnet, wo das regelmäßige Auslassen der Holzlamellen die nötigen Hohlräume schafft.

Räume unter solchen Akustikoberflächen profitieren in Ihrer **Nutzungsqualität** von Geräuschpegelminderung, Erhöhung der Sprachverständlichkeit und Nachhallreduktion. Mitnichten betrifft eine grundsätzlich auch unter Wirtschaftlichkeitsaspekten positiv quantifizierbare Erhöhung der **Nutzungsflexibilität** nur Objektbauten, selbst der private Wohnraum mit heute oft wenig absorbierenden Ausbaumaterialien gewinnt an Atmosphäre.

3.6. Ausblick

Die hier genannten Kombinationsbeispiele sind durch geschickte Elementkonfiguration auch addierbar. Der vermeintlich «komplizierte» Weg, plattenförmige Elemente aus aufgelösten Kasten- und Rippenquerschnitten herzustellen, erweist sich damit aus mehreren Perspektiven als spannende Option:

1. **Lösungskompetenz:**

Der Holzbau kann weitere Marktanteile erschließen, wenn er sich mit *multifunktionalen* Lösungen positioniert, die mehrere Anforderungen und Aufgaben zugleich und in außerordentlicher Qualität realisieren können.

2. **Zukunftsfähigkeit:**

Mit aufgelösten Elementquerschnitten rüstet sich der Holzbau auch für die bei steigender Holzbauquote zu erwartenden Notwendigkeiten hinsichtlich Materialeffizienz.

3. **Planbarkeit:**

Digitalisierte Planungsprozesse bis hin zu BIM können den Umgang mit geometrischen Komplexitäten von Kastenenelementen bereits heute vereinfachen.

Es soll abschließend nicht unerwähnt bleiben, dass man sich den genannten Bauteilanforderungen selbstverständlich auch auf anderem Weg nähern kann – etwa mit ultraleichten Konstruktionen oder durch Effizienzsteigerung bei der Addition von Lagen. Man wird für jeden Weg marktrelevante Nutzen- und Akzeptanzfaktoren betrachten, um die passendste Variante zu wählen.

Zusammengefasste Botschaft dieses Beitrags: Das Kastenenelement und seine Verwandten haben in den vergangenen Jahren eine Entwicklung durchlaufen, bei der sie sich von den rein konstruktiven Bauwerkskomponenten zu multifunktionalen Lösungen gewandelt haben.

Der nächste Schritt ist, dass dieses Potenzial in der Breite der modernen Architektur ankommen muss.