

Nur mit Lean und Integrierter Projektentwicklung (IPA) erfolgreich Holz-Hybrid-Bauprojekte umsetzen!

Inhalt

Einleitung	2
Status Quo des Baustoffes Holz	2
Holz-Hybrid-Bauweise.....	3
Integrierte Projektentwicklung (IPA) im Holz-Hybrid-Bau	5
Handlungsempfehlungen.....	8
Zusammenfassung	9
Ihre Ansprechpartner*innen bei refine	9
Quellen	10
Anhang: Beispielhafte Projekte Holz-Hybrid-Bauweise aus unserem Portfolio	11

Einleitung

Rund um den Globus, sind Praktiker und Forscher auf der Suche nach einer nachhaltigen Bauweise. Dabei ergeben sich zwei wesentlichen Ströme. Der eine Strom beschäftigt sich mit der Erhöhung der Produktivität und der damit einhergehenden effizienteren Nutzung von Ressourcen. Ein weiterer Strom beschäftigt sich mit der Nachhaltigkeit der Baustoffe und -materialien selbst. Beide Ströme gehen Hand in Hand einher, jedoch liegt der Fokus meist auf einem Strom. Dieses Whitepaper soll die Verbindung beider Ströme darstellen und die Synergieeffekte aufzeigen, denn in Zeiten des Klimawandels und der Umweltzerstörung sollten wir mehr dafür tun, unsere Industrie, die Bauindustrie, zu verbessern.

Wird über Produktivität gesprochen, kommt häufig der Einwand, dass ein Bauprojekt doch keine Serienfertigung ist. Ist das denn wirklich so? Ja, wir bauen Unikate, aber auch Unikate können ähnlich sein und die Prozesse hinter den Unikaten sind meist die gleichen. Die Produktivität scheitert aber auch nicht an dem Unikatcharakter, sie scheitert daran, dass keine Kollaboration zwischen den Akteuren besteht und dadurch nicht transparent gearbeitet wird. Ohne Transparenz, ohne das Wissen, um die einzelnen Schritte und die Abhängigkeiten, können Planung und Ausführung jedoch nicht produktiv ablaufen. Es zeigt sich, dass die Produktivität von der Projektabwicklung abhängig ist. Durch die Integrierte Projektabwicklung (IPA) soll eine wesentlich verbesserte Produktivität erreicht werden. Neben der Projektumsetzung spielt die Nutzung nachhaltiger Rohstoffe wie Holz eine wesentliche Rolle. Aus den Städten lange verbannt, zeigt sich, dass Holz als Baustoff wieder vermehrt genutzt wird.

Status Quo des Baustoffes Holz

Holz ist ein elementarer Baustoff, der aufgrund seiner Eigenschaften vielfältig eingesetzt werden kann (Pech 2016, S. 2; Wild 2015, S. 213). Nicht um sonst hat die Nutzung von Holz eine lange Tradition in Europa und in Deutschland (Ludwig-Sidow und Kriese 2020, S.4). In Mittel- und Nordeuropa war Holz bis zum 19. Jahrhundert weit verbreitet. In waldreichen Regionen, wie beispielsweise Norwegen, Schweden, Finnland und Österreich ist Holz noch immer einer der wichtigsten Baumaterialien. So kommt es nicht von ungefähr, dass Europa zu den Spitzenreitern im Holzbau zählt (Benton, 2020). Im deutschen Markt beträgt nach einer aktuellen Studie der Anteil von Holz als überwiegendem Baustoff 17 Prozent bei Wohngebäuden und 10 Prozent bei Büro-/Verwaltungsgebäuden. (Halford et al. 2020). Trotz des vergleichsweisen aktuell geringeren Anteiles von Holz gegenüber der Beton-Stahl-Verbundbauweise, hält eine Vielzahl der Bauakteure Holz für ein sehr gut geeignetes Baumaterial (Halford et al. 2020). Vorbehalte gegenüber einigen Materialeigenschaften von Holz sowie höhere Anforderungen an die Planung haben bisher zu einem zurückhaltenden Einsatz von Holz in Deutschland geführt. Der Ruf nach mehr Nachhaltigkeit und Environmental Social Governance (ESG) führt allmählich zu einem Umdenken bei den Investoren.

Die anatomische Struktur und chemischen Zusammensetzung von Holz führen zu den folgenden Attributen (siehe u. a. Kersten 1926, S. 3; Steiger 2013, S. 16; Pech et al. 2016, S. 5 f.):

- Geringes Eigen- und damit Transportgewicht
- Gute Druck- und Zugfestigkeit
- Hohe Elastizität
- Individuell bearbeitbar und präzise Gestaltung

Zusammenfassend ist damit festzustellen, dass Holz ein wiederverwertbarer und langlebiger Baustoff ist, der aus ökologischer und ökonomischer Sicht von großer Bedeutung und mit Zukunftsperspektive ist.

Holz-Hybrid-Bauweise

Neben der Entwicklung in den letzten Jahren, war ein grundlegender Meilenstein das Patent „Decke aus hochkantig stehenden Holzbohlen oder Holzbrettern und Betondeckschicht“ von Paul Muller aus dem Jahr 1992 (Schäfers 2010, S. 26). Die Kombination von Holz und Beton führt zu einer „optimalen Ausnutzung der spezifischen Werkstoffeigenschaften (Holz: Zugkraft, Beton: Druckkräfte, Verbindungsmittel: Scherkräfte)“ (Bletz und Bathon 2009, S. 50). Aufgrund der guten statischen und bauphysikalischen Eigenschaften (siehe Tabelle 1) und der Wirtschaftlichkeit von Holz-Beton-Verbunddecken, wird insbesondere in diesem Bereich vermehrt an der Entwicklung von Verbindungsmitteln, den bauphysikalischen Eigenschaften, dem Langzeitverhalten und den Berechnungsgrundlagen geforscht (Bletz und Bathon 2009, S. 50).

Tabelle 1: Eigenschaften Holz-Beton-Verbunddecken nach Bletz und Bathon (2009, S. 50)

Statische Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> - geringer Eigenlast - hohen Tragfähigkeit - geringe Deckenverformungen infolge hohe Biegesteifigkeit Managementpersonal - hohe Systemsteifigkeit und -festigkeit - Vielseitigkeit (Einfeldsysteme, Mehrfeldsysteme, Kragarmsysteme) - Freie Raumgestaltung durch freie Deckenspannweiten - Sicherheit im Bruchzustand durch duktile Verbindungsmittel
Bauphysikalische Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> - Geringe Schwingungsanfälligkeit - Guter Brandschutz - Gute Rauchdichtigkeit - Guter Luftschallschutz - Guter Trittschallschutz

Aktuelle Beispiele (siehe hierzu auch Anhang) für die Holz-Hybrid-Bauweise sind das Holzhochhaus Wien (24 Geschosse, 84 Metern Höhe) oder das SXB Bürogebäude Berlin (7 Geschosse). Das Fundament, UG und die Kerne der Gebäude sind dabei weiterhin aus konventionellen Bauteilen aus Stahlbeton ausgebildet. Alle weiteren konstruktiven Bauteile werden aus einer Kombination von Fertigteilen aus Stahlbeton und Holz erstellt. In einigen Fällen wird auf Ortbeton zurückgegriffen. Dadurch lässt sich ein hoher Vorfertigungsgrad realisieren, sodass der Rohbau nach kurzer Montagezeit fertiggestellt wird. Dies bedeutet gleichzeitig, dass die Planung exakt und abgeschlossen sein und die Elementierung in geeigneten Montage- und Transportpaketen erfolgen muss. Bei der Kombination unterschiedlicher Materialien zur Ausbildung der Konstruktion muss darauf geachtet werden, dass die Materialien im Falle eines Brandes unterschiedliche konstruktiv standhalten. Daher müssen die Verbindungselemente entsprechend gewählt werden. Da diese Gebäude auch die Entwicklung der Holz-Hybrid-Bauweise, insbesondere bezogen auf die Verbindung zwischen Stahlbeton und Holzelementen darstellen, müssen hierbei gesonderte Versuche den Nachweis des Brandschutzes sichern. Hierbei wird die Überdimensionierung der Holzelemente eine

wesentliche Rolle. Es lassen sich gleiche Brandwiderstände erreichen und der Durchtritt von Rauch verhindern, sodass ebenfalls Brandschutzwände aus massivem Konstruktions- und Brettschichtholz gebaut werden können. Die beim Brand entstehende Kohleschicht schützt das Holz vor dem weiteren Abbrand, sodass das Feuer nicht weiter eindringen kann.

Ökologischer Vorteil

Die Bauindustrie ist eine ressourcenverschwendende Industrie mit geringer Produktivität (Vgl. McKinsey & Company, 2017) und hat daher einen extremen Nachholbedarf für mehr Nachhaltigkeit. Darüber hinaus wachsen die Bevölkerung und damit auch der Bedarf an Gebäuden, sodass angesichts des Klimawandels nachhaltige Lösungen gefordert sind (Drexler 2021, S. 22). Es ist bereits ein Anstieg im Holz-Hybrid-Bau zu verzeichnen (Hurmekoski, 2016, S.11), aber ausreichend ist dies noch nicht. Das kann lediglich ein Anfang sein.

Holz ist nicht nur ein nachwachsender und damit organischer Rohstoff, welcher gut zu recyceln ist (Wild 2015, S. 211). Während in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts bei der Holzverarbeitung das Abfallvolumen einen Hauptanteil einnahm (1940: ca. 41 - 45 %), wird heutzutage in den Industrieländern weniger als 1 % des Holzes verbrannt oder entsorgt (Dangel 2016, S. 56). Die Reduzierung basiert im Wesentlichen durch das computerunterstützte Zuschneiden des Holzes, die Herstellung von Spanplatten sowie die Nutzung der Abfälle der Holzverarbeitungsindustrie in anderen Industriezweigen wie z. B. der Papierverarbeitung (Dangel 2016, S. 54). Zusätzlich wird im Vergleich zu anderen Baustoffen bei der Herstellung von Holzprodukten weniger Energie benötigt (Wild 2015, S. 211). Damit ist Holz einer der nachhaltigsten Baustoffe. Holz hilft knappe Ressourcen sparen, wie beispielsweise Sand (Rieth 2019). Holz wächst schnell nach und ist langlebig. Zusätzlich speichert Holz Kohlenstoff und entzieht damit der Atmosphäre CO₂.

Ökonomische Vorteile

Holzbauteile können vorgefertigt werden, das führt zu einer kürzeren Bauzeit und damit auch zu niedrigeren Kosten auf der Baustelle (Immobilien Manager Verlag IMV GmbH & Co. KG, 2021). Holz ist ein schlechter Wärmeleiter und dient somit als Wärmeschutz im Sommer wie im Winter. Das hat niedrigere Energiekosten zur Folge (Rieth 2019). Holz ist wiederverwertbar und langlebig. Außerdem gibt es oft Subventionen für nachhaltiges Bauen. Die Vorteile aus Sicht des Nutzers sind ein gesundes Raumklima, bessere Luftqualität sowie niedrigere Energiekosten (Immobilien Manager Verlag IMV GmbH & Co. KG, 2021). Aus Sicht der ausführenden Gewerke ist der Vorteil, dass Holzbauteile vorgefertigt werden können, was zu einer kürzeren Bauzeit führt. Zudem ist Holz belastbar und leicht.

Herausforderungen beim Bauen mit Holz

Die Herausforderungen, die mit dem Baustoff Holz einhergehen, lassen sich in die folgenden Bereiche einteilen: (1) Verfügbarkeit des Rohstoffes, (2) konstruktive Herausforderungen hinsichtlich Brand- und Feuchtschutz, (3) Zerfall durch Mikroorganismen, Insekten und Pilze und (4) Einbindung der Holzlieferanten und -produzenten.

Die Verfügbarkeit von Holz muss sichergestellt werden, um den Bedarf nachhaltig sicher zu stellen. Der Kiribaum, welcher als der am stärksten wachsenden Baum der Welt gilt, und in einem Jahr mehr als 5 m wachsen kann und auch als Klimabaum bezeichnet wird, da er 4 mal mehr CO₂ speichert als die meisten Bäume, kommt hier neu ins Spiel. Weitere Informationen zu diesem Superbaum sind unter: wegrow.de zu finden. Diese Bäume können in einem hohen

Maße zur Befriedigung der Nachfrage beitragen. Dabei müssen die gewonnenen Materialien auch den höheren Anforderungen an Brand- Akustik- und Feuchtschutz im Holzbau bzw. Holz-Hybrid-Bau gerecht werden. Damit gehen die fehlenden Regularien für den Brandschutz und die Akustik, insbesondere hinsichtlich Hochhäuser einher (Cronhjort 2017). Zudem ist Holz ein Lebensraum für Mikroorganismen, Insekten und Pilze, welche den Rohstoff in seine ursprünglichen Bestandteile zerlegen (Wild 2015, S. 213). Dies hat zur Folge, dass Holz als Baustoff besonders geschützt werden muss, um seine konstruktiven Eigenschaften über die Zeit beizubehalten. Es wird daher zwischen konstruktiven Holzschutz und chemischen Holzschutz unterschieden (Steiger 2013, S. 38 f.; Wild 2015, S. 213). Zur Einschätzung der Notwendigkeit des Einsatzes von chemischem Holzschutz werden die Gebrauchsklassen (GK) nach DIN 68800 herangezogen. Dabei wird entsprechend der Holzfeuchte die Gefährdung in sieben Klassen unterschieden (siehe Abbildung 1).

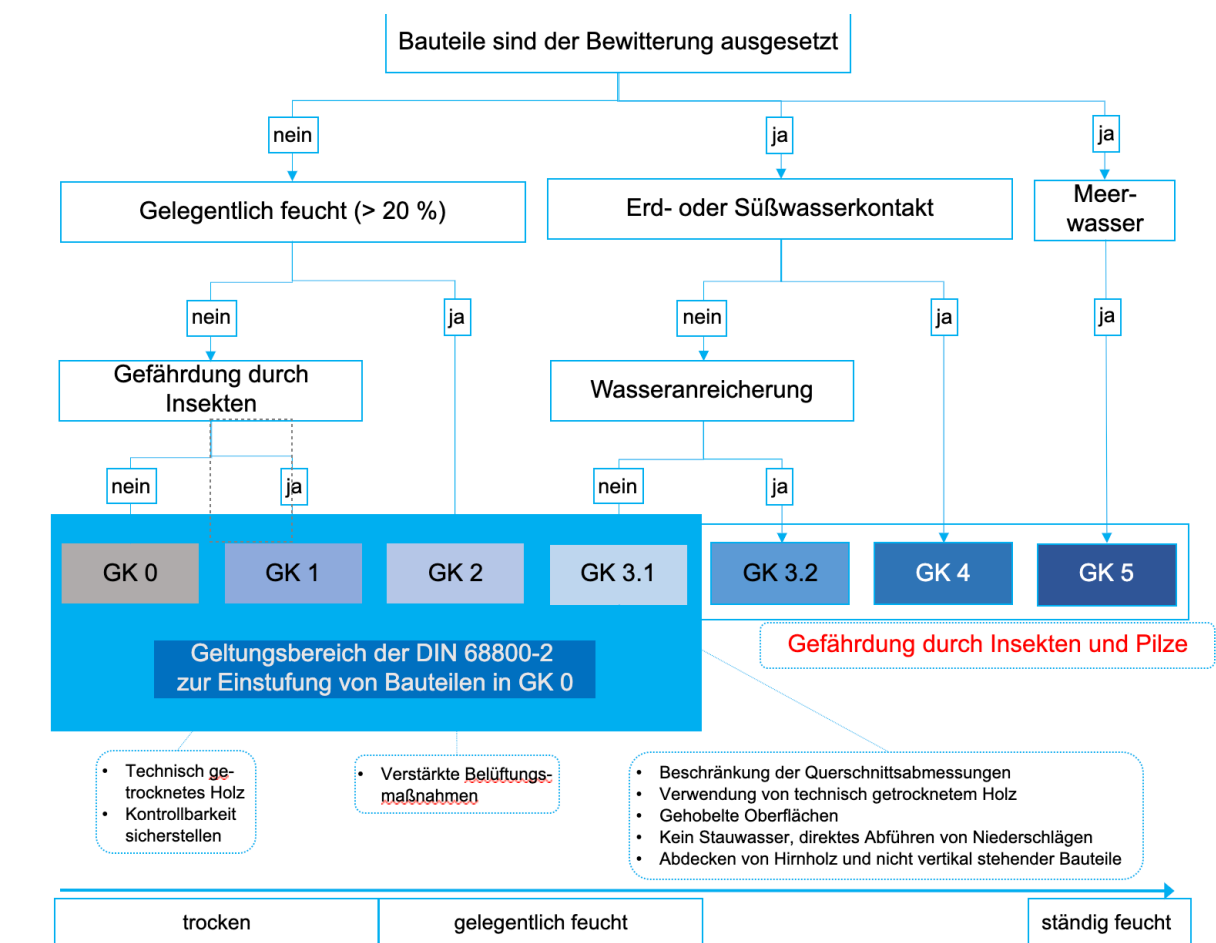


Abbildung 1: Gebrauchsklasse der Holzbauteile nach DIN 68800 (Vgl. Bühler und Niedermeyer 2015, S. 11)

Integrierte Projektabwicklung (IPA) im Holz-Hybrid-Bau

Die Trennung zwischen Planung und Ausführung, die heute in Bauprojekten noch der Standard ist, verurteilt ein hybrides Bauprojekt zum Scheitern. Die Tatsache, dass fertige Holzbauteile an die Baustelle geliefert werden, die vor Ort nur unter großem Zeit- und Kostenaufwand geändert werden können, erfordert eine andere Art der Projektabwicklung und ein anderes Prozessverständnis. Es reicht hier nicht mehr aus, Planung und Ausführung zu betrachten. Ein

ebenso großer Bestandteil bildet die Produktion, die zwischen der Planung und der Ausführung geschaltet ist. So muss von der Baustelle über die Produktion in die Planung gepullt (Bedarfsgerecht gearbeitet) werden, um den Fluss herzustellen. Darüber hinaus muss sich die Planung mit der Baustellenlogistik auseinandersetzen, damit Produktion und Anlieferungen entsprechend der Baustelle ausgerichtet werden können. Für die Verzahnung dieser sonst getrennten Phasen bedarf es einer Projektabwicklung, welche nicht nur das Erstellen, sondern auch das Fließen der Informationen ermöglicht. Dabei werden die Bauteile meist nicht nur in einem Werk gefertigt, vielmehr sind unterschiedliche Hersteller an den Prozess beteiligt. Es muss sichergestellt werden, dass die Holzbauexperten und die Logistiker in die Planung eingebunden sind. Die Schlussfolgerung ist, dass wir eine ganzheitliche Produktion von der Planung bis zur Inbetriebnahme aufbauen müssen. Diese Herausforderung gelingt nur mit Lean!

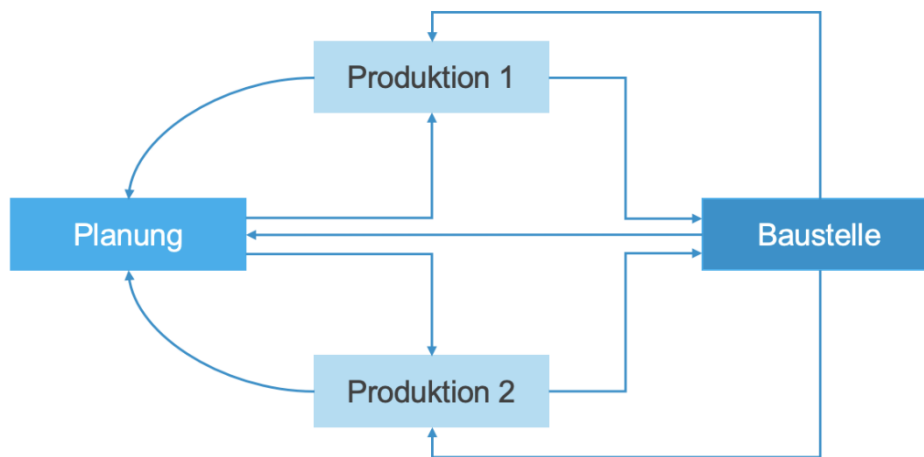


Abbildung 2: IPA ermöglicht ganzheitliche Produktion von der Planung bis zur Inbetriebnahme

IPA oder englisch Integrated Project Delivery (IPD) ist eine Methode der Projektabwicklung, die schon vor über 20 Jahren in den USA entwickelt wurde. Während in den USA das Thema IPD zunächst stark auf private Bauvorhaben ausgerichtet war, entstand in Australien zeitgleich Projektallianzen (Project Alliance) in großen und öffentlichen Infrastrukturprojekten. Beide Abwicklungssysteme verschmelzen seit ca. 10 Jahren miteinander. Ein Land, was sich beide Systeme zu nutzen gemacht hat und bei der Verschmelzung eine Vorreiterrolle einnimmt, ist Finnland. Mittlerweile wurden schon fast 100 Bauprojekte mit Project Alliance (IPA) realisiert (Vgl. Saarinen et al. 2021). Die refine Projects AG hat in Kollaboration mit unserem Netzwerkpartner für Finnland und die DACH-Region, Vision Oy, IPA-Projekte in Finnland sehr erfolgreich begleitet und führt einen regelmäßigen Erfahrungsaustausch durch.

Kennzeichnend für ein IPA-Projekt sind gemeinsame Ziele, einvernehmliche Entscheidungen, der Anwendung der Lean Prinzipien und der Einsatz von Building Information Modeling (BIM). Integrierte Projekte zeichnen sich durch eine sehr effektive Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Personen aus, angefangen von der frühen Planung bis zur Übergabe des Projekts. Sie integriert Menschen, System, Geschäftsstrukturen und Praktiken in einen Prozess, der die Erfahrung, Talente und Erkenntnisse aller Beteiligten nutzt, um Projektergebnisse zu

optimieren, die Wertschöpfung zu steigern, Verschwendung zu reduzieren und die Effizienz in allen Projektphasen zu erhöhen. Folgende Merkmale zeichnen IPA aus:

- Frühestmögliche Einbindung der beteiligten Personen aus Planung und Ausführung
- Ermittlung des Honorars der Projektbeteiligten aus den tatsächlich entstandenen Kosten zzgl. Margen
- Mehrparteienverträge (Allianzverträge)
- Target Value Delivery als Management Praktiken
- Anwendung von kooperationsfördernden Maßnahmen

Die Basis von IPA ist die Lean Philosophie oder auch Lean Construction. Das bedeutet die Fokussierung auf das Bereitstellen des Kundenwerts / Kundenmehrerts während wir unnötigen Aufgaben und Aufwendungen vermeiden (Verschwendung). Um dies konsequent umzusetzen, werden etablierte Methoden zur Produktionsplanung und Steuerung wie zum Beispiel das Last Planner System und Taktplanung eingesetzt. Dabei werden das kontinuierliche Lernen und die Verbessern des gesamten Projektes vorangetrieben.

IPA bietet grundlegende Vorteile gegenüber den herkömmlichen Methoden. Wie in Abbildung 3 dargestellt, kommen die Beteiligten in der Regel sequenziell in das Projekt. Deshalb wird erst zu einem sehr späteren Zeitpunkt geklärt, *was* gebaut wird und *wie*. Bei großen Planungsteams verstärkt sich dieser Effekt noch, weil die Abstimmungswege viel Zeit beanspruchen. Durch die späte Einbindung der Spezialisten in den Planungsprozess kommt es häufig zu Verständnisproblemen im Hinblick auf den Kundenmehrert. Infolgedessen kann das Projektteam nicht den notwendigen Produktionsprozess erstellen. Im Gegensatz dazu wird bei der kollaborativen Planung im integrierten Team ein besseres Verständnis innerhalb des Teams aufgebaut (Abbildung 4) Die ausführenden Projektparteien treten bereits kurz nach dem Start dem Projekt bei und lernen die Bedürfnisse der Kunden gemeinsam mit den Planern zu verstehen und dadurch einen kosteneffektiven Produktionsprozess zu entwickeln.

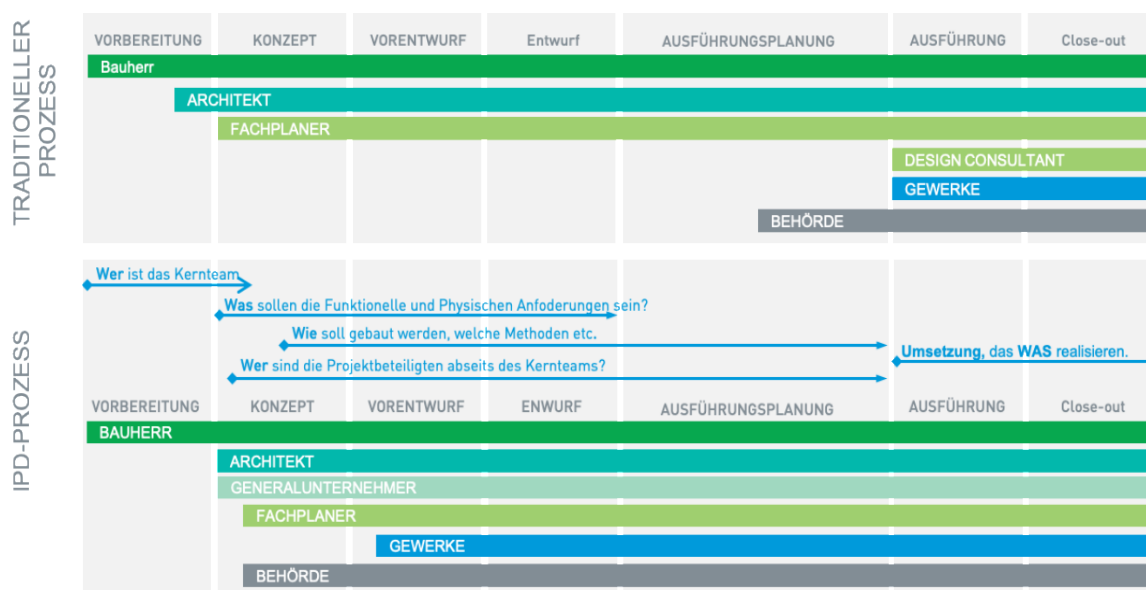


Abbildung 3: Vergleich zwischen der Traditionellen Projektabwicklung und IPD (Grafik: refine Projects AG)

Handlungsempfehlungen

Projektteams, die hybride Bauwerke planen, sollten folgendermaßen vorgehen:

- Bevor Architekten für den Entwurf engagiert werden, muss zunächst die Lean- und IPA-Strategie entwickelt werden. Folgende Fragen sind zu klären: Wie sieht das übergeordnete System aus, in welchem sich alle wichtigen Parteien integrieren? Wie wird die für dieses System essenzielle Kultur aufgebaut? Das können nur neutrale Lean und IPA Coaches leisten, die sich nicht in das Projektmanagement oder Sonstiges einmischen.
- Mit der Projektidee muss die Erkenntnis einhergehen, dass IPA und ein integriertes Modell relevant sind.
- All diese Aufgaben gehen nur, wenn die Coaches selbst in einem Unternehmen und einer Kultur von reiner Kollaboration und Lean sich und diese für IPA lebenswichtige Kultur kultivieren. Es gilt also, Lean und IPA Coaches zu finden, die in Unternehmen arbeiten, bei denen die neue Welt des Planens und Bauens gelebter Standard ist, welcher ständig fortentwickelt wird.
- Ein besonderes Augenmerk gilt es zudem, die richtigen Partner für die Planung und Produktion zu finden. Hier ist die Sichtweise von Lean und IPA Coaches, die Menschen zu identifizieren, welche am besten in der Lage sind, kollaborativ zu arbeiten unverzichtbar. Dabei ist es wichtig den Auswahlprozess transparent und nachvollziehbar zu gestalten, damit auch die Teilnehmer, die nicht den Zuschlag erhalten, lernen können.
- Aus den Projekten in Europa und im Besonderen in Finnland haben wir die Erfahrung gesammelt, dass der neutrale Coach das Erfolgsgeheimnis für die 100 umgesetzten Allianz-Projekte ist. Dieser kann beim Coaching identifizieren, wenn sich ein Mitglied der Allianz in eine Silooptimierung begibt und dem Team helfen, diese aufzulösen.
- Dann geht es um den konkreten Start der Entwicklungsphase des Projektes. Zuerst wird dafür ein Big-Room für die Kollokation des Projektteams gesucht und gestaltet. Dieser Wirkungsraum muss die Kollaboration fördern und hat damit einen großen Einfluss auf die Projektergebnisse. Hierbei ist es von Bedeutung, dass die Akteure, nicht nach Firmenzugehörigkeit, sondern nach Aufgabenstellung platziert werden, um den Innovationsgrad zu erhöhen. Aus unserer Erfahrung kann diese frühe Planungsphase nur erfolgreich sein, wenn das Team kollaborativ mit Lean Produktionsansätzen zusammenarbeitet.
- Am Ende der Validierung wird der Mehrparteienvertrag für das Projekt angepasst, und nur bei realistischen Zielkosten kommt es zum Vertragsschluss und es geht in die Umsetzungsphase.

Zusammenfassung

Damit ist festzustellen, dass Holz ein sehr guter Baustoff ist, der vielfältig eingesetzt werden kann und der bisher in seinem Potenzial noch nicht voll umfänglich ausgeschöpft ist. IPA und Lean sind unerlässlich, um die Akteure miteinander zu verzahnen und Bauprojekte im hybriden Holzbau erfolgreich umzusetzen.

Ihre Ansprechpartner*innen bei refine

Die refine Projects AG hat erfolgreich große Holz-Hybrid-Bauprojekte begleitet. Neben der ganzen Erfahrung unseres Teams fließen auch die Berufserfahrung als Zimmermann von Gründer und Vorstand Prof. Dr. Claus Nesensohn sowie das durch jahrelange Forschung aufgebaute und in der Praxis angewandte IPD-Wissen von Annett Schöttle ein.

Annett Schöttle
Partnerin
refine Projects AG
Elsenheimerstraße 41
80687 München

Professor Dr. Claus Nesensohn
Gründer & Vorstand
refine Projects AG
Schelmenwasenstraße 34
70567 Stuttgart
info@refineprojects.com
Telefon: +49 179 9789624

Quellen

- Benton D (2020).** Europe leads the way in the rise of mass timber construction. *Bizclik Media Limited*. Abgerufen unter: <https://constructionglobal.com/construction-projects/europe-leads-the-way-in-the-rise-of-mass-timber-construction> [25.11.2021]
- Bletz, O. und Bathon, L. (2009).** Holz-Beton-Verbunddecken im Neubau – Stand der Technik. *die neue quadriga*, 2, 48–53.
- Bühler, J. und Niedermeyer, J. (2015).** Holzschutz - Bauliche Maßnahmen GK 0. *Holzbau Handbuch Reihe 5*, 2(1).
- Cronhjort, Y. (2017).** Standard Timber Structures for Lean Architectural Design. *Architectural Research in Finland*, 1(1), 149–161. Retrieved from <https://journal.fi/architecturalresearchfinland/article/view/68803>
- Dangel, U. (2016).** *Wendepunkt im Holzbau*. De Gruyter (jan)
- Drexler H (2021).** *Open Architecture: Nachhaltiger Holzbau mit System*. Jovis Verlag GmbH, Berlin. ISBN 978-3-86859-681-6
- Halford, C.A., Wenker, J.L. und Mantau, U. (2020).** Hybrid hat Zukunft: Studie zum Potenzial der Hybridbauweise mit Holz im Büro- und Verwaltungsbau. *BauPortal*, 4, Abgerufen unter: <https://bauportal.bgbau.de/bauportal-42020/thema/meldungen/aus-der-wissenschaft/hybrid-hat-zukunft/> [04.01.2022].
- Hurmekoski E (2016).** Long-term outlook for wood construction in Europe. *PhD thesis*, School of Forest Sciences Faculty of Science and Forestry, University of Eastern Finland. <http://dx.doi.org/10.14214/df.211>
- Immobilien Manager Verlag IMV GmbH & Co. KG (2021).** Holz-Hybrid: Die Zukunft zur Gegenwart machen. Abgerufen unter: <https://www.immobilienmanager.de/holz-hybrid-die-zukunft-zur-gegenwart-machen-01102021> [25.11.2021]
- Keil, A. und Seidel, A. (2019).** Das besondere einer Brücke ist ihr Ort. *Drüber und drunter: Brücken aus Holz*, Qualitätsgemeinschaft Holzbrückenbau e.V., 72–89. Februar
- Kersten, C. (1926).** *Freitragende Holzbauten*. Springer
- Ludwig-Sidow, P. und Kriese, U. (2020).** Holz statt Beton: Klimaschutz durch Holz – als Baustoff, nicht als Brennstoff. *Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V.*, Berlin. Abgerufen unter: https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/nachbarnatur/impuls/210302_final_impuls_holzstattbeton.pdf [08.12.2021]
- McKinsey & Company (2017).** Reinventing construction: A route to higher productivity, *Mckinsey Global Institute*. Abgerufen unter: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution> [25.11.2021]
- Pech, A., Aichholzer, M., Doubek, M., Höferl, B., Hollinsky, K., Passer, A., Teibinger, M., und Woschitz, R. (2016).** *Holz im Hochbau: Theorie und Praxis*. Birkhäuser, Basel
- Rieth J (2019)** Nachhaltiges Bauen: Das Holz-Hybrid-Hochhaus. *Management Circle*. Abgerufen unter: <https://www.management-circle.de/blog/holz-hybrid-hochhaus/> [25.11.2021]
- Saarinen, J., Roimela, S., Sajavaara, A. und Jolkkonen, A. (2020).** Alliance Report 1-2021. Alliance and IPD report – almost 100 IPD projects in Finland. *Vision Group Oy*, Hyvinkää.
- Schäfers, M. (2010).** *Entwicklung von hybriden Bauteilen aus Holz und hochfesten bzw. ultrahochfesten Betonen: Experimentelle und theoretische Untersuchungen*. Schriftenreihe Bauwerkserhaltung und Holzbau, Universität Kassel, Universität Kassel. Heft 4
- Steiger, L. (2013).** *Basic Holzbau*. Birkhäuser.
- Wild, U. (2015).** *Holzkonstruktionen. Bausanierung: Erkennen und Beheben von Bauschäden*, M. Stahr, ed., Springer Vieweg, Wiesbaden, 6., aktualisierte aufl edition

Anhang: Beispielhafte Projekte Holz-Hybrid-Bauweise aus unserem Portfolio

HoHo Wien

Der Name HoHo steht für Holz-Hochhaus. Das Gebäude in Wien hat ein zentrales Mittelstück, bestehend aus einem Stahlbeton-Kern, und vorgefertigten Etagen (Böden), aus 18 cm CLT mit mehr als 12 cm Beton. Die Böden werden vorproduziert und auf der Baustelle montiert.

84 Meter hoch mit 24 Stockwerken. Bestehend aus 75% Holz. Wände, Decken und Stützen sind unverkleidet aus Fichtenholz.

Edge Südkreuz Berlin

Büroensemble in Holz-Hybrid-Bauweise am Berliner Bahnhof Südkreuz. Es besteht aus einer Blockbebauung mit Atrium (Carré) und einem Solitär.

Bis zu 8 Stockwerke. Einsatz von Beton auf ein Minimum und Baumaterialien umfassend recyclebar.

Siemens Campus Erlangen

Im Modul 2 des Siemens Campus Erlangen wurden alle Büro- sowie das Empfangsgebäude in der Holz-Hybrid-Bauweise erstellt.

- 540.000 m² Grundstücksfläch
- Tragende Elemente aus Stahlbeton, Großteil jedoch aus Holz
- Nutzung von BIM