

AUF UMWEGEN ZUM SYSTEMBAU? DIE LAMELLEN- DÄCHER DER ZWISCHENKRIEGSZEIT VON EMIL M. HÜNNEBECK

Zusammenfassung

Die Firma Hünnebeck ist ein internationales Unternehmen in der Schalungs-, Gerüst- und Sicherheitstechnik. Ihr Urvater, Emil Mauritz Hünnebeck (1891–1968), gründete 1926 die Deutsche Stahl-Lamellen GmbH und baute bis 1938 etwa zwei Dutzend Lamellendächer in Deutschland, Dänemark und Ungarn. Einige der Bauwerke sind noch erhalten und in aktiver Nutzung. Die technische Entwicklung der Bauweise kann in fünf Stufen unterteilt werden. Besonders spannend sind dabei die konstruktiven Detaillösungen sowie der Materialwechsel von Holzbrettern hin zu kaltverformten Stahlblechen.

Auch wenn Hünnebecks Bauweise in ihrer Verbreitung und ihrem Bekanntheitsgrad nie wirklich mit den zeitgenössischen Lamellenbauweisen von Zollinger und Junkers konkurrieren konnte, so markiert sie doch den Beginn der firmeneigenen DNA – dem Denken in Elementen und Modulen – und stellt ein wichtiges baukulturelles Erbe dar.

Vorliegender Artikel gibt eine Übersicht der komplexen Entwicklung und Hintergründe der Bauweise. Er stützt sich neben historischen Quellen vor allem auf eigene Forschungsergebnisse: Bestands- und Schadensaufnahmen, geometrische Analysen und Modellierungen sowie statische Simulationen.

Abstract

Hünnebeck is an internationally operating company in the field of formwork, scaffolding and safety technology. In 1926, its forefather, Emil Mauritz Hünnebeck (1891–1968), founded the Deutsche Stahl-Lamellen GmbH. Until 1938 he built about two dozen lamella roofs in Germany, Denmark and Hungary, some of which are preserved and still in active use. The engineering design and development of his lamella roof construction can be divided into five stages. The detailed structural solutions and the change of material from wooden planks to cold-formed steel sheets are particularly interesting.

Although Hünnebeck's construction method would never really compete with the contemporary lamella roofs by Zollinger and Junkers in terms of distribution and popularity, it still marks the beginning of the company's own DNA – thinking in elements and modules – and represents an important building heritage.

The article provides an overview of the complex design and development and background of the construction method. In addition to historical sources, it is primarily based on the results of the authors' own research: on-site building and damage documentation, geometric analyses and modeling, as well as structural simulations.

Einführung

Tonnenförmige Stabnetzdächer aus immer gleichen, hochkant stehenden Elementen, den sogenannte Lamellen, wurden erstmals um 1921 von dem deutschen Architekten Friedrich Zollinger (1880–1945) entwickelt und mit raschem Erfolg als Zollbauweise vertrieben.¹ Zunächst nur für Kleinsthäuser konzipiert, kam die Bauweise schon nach kurzer Zeit über zahlreichen Nutz- und Großbauten mit beachtlichen Spannweiten zum Einsatz. Zollingerdächer waren und sind immer wieder Gegenstand der Forschung und auch über die Fachwelt hinaus bestens bekannt. Bereits wenige Jahre später wurde Zollingers Patent von verschiedenen Planern oder ausführenden Firmen aufgegriffen und für stählerne Bauweisen adaptiert, die weit weniger bekannt, jedoch nicht weniger spektakulär sind. Allen voran entwickelte Hugo Junkers (1859–1935) etwa um 1925 eine Systembauweise aus Stahllamellen, die mit großem Erfolg auf der ganzen Welt vertrieben wurde.² Etwa zur gleichen Zeit versuchte auch der Düsseldorfer Erfinder und Ingenieur Emil Mauritz Hünnebeck (1891–1968), verschiedene als Rautennetz-Bauweise bezeichnete Konstruktionen zu etablieren. Die anfangs noch hölzernen, später dann stählernen Konstruktionen konnten aber weder an den Erfolg der simplen Zollbauweise anknüpfen noch ernsthaft in Konkurrenz zum hochgradig standardisierten Junkers-Systembau treten. Dennoch stellen sie aufgrund ihrer besonders raschen und dichten Entwicklungsgeschichte einen besonderen Beitrag auf dem Feld der Lamellendächer dar.

¹ Zimmermann, Florian; Bairstow, Charlotte (Hg.): *Das Dach der Zukunft. Zollinger Lamellendächer der 20er Jahre. Konstruktion, Statik, Ästhetik, Verbreitung, Nachfolge, Beispiele in Bayern*. Fachhochschule München; Fachbereich Architektur. München 2003.

² Tornack, Sven: *Die Junkers-Bauten in Dessau. Ein Flugzeugkonstrukteur als Architekt*. In: Lorenz, Werner; Tragbar, Klaus; Rauhut, Christoph u. a. (Hg.): *Alltag und Veränderung. Praktiken des Bauens und Konstruierens*. Tagungsband der Zweiten Jahrestagung der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte vom 23. bis 25. April 2015 in Innsbruck (Schriftenreihe der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte, Bd. 1), Dresden 2017, S. 107–123.

Lamellendächer: Grundlagen und Geometrie

Anders als bei vielen vergleichbaren modernen Tragstrukturen zielen alle drei Bauweisen – Zollinger, Junkers, Hünnebeck – darauf ab, gleichartige, gerade und möglichst einfache Bauteile zu verwenden. Die einzelnen Lamellen werden aus Holzbohlen zugesägt oder aus gestanztem Stahlblech kaltverformt.

Das Einwölben eines aus geraden Elementen bestehenden tonnenförmigen Stabnetzes erfolgt durch ein räumliches Verteilen der einzelnen Stabreihen entlang von sich kreuzenden, polygonalisierten Schraubenlinien – ein charakteristisches Rautenmuster prägt somit die Dachuntersicht. Neben einer kontinuierlichen Verdrehung der Lamellenachsen kommt es bei einer exzentrischen Fügung der Stäbe in einem Punkt zwischen sich kreuzenden Elementen zudem zu einem Höhenversatz. Grad und Maß der Verdrehung und des Versatzes zwischen den Elementen hängen von der geometrischen Grundstruktur des Stabnetzes, der Länge der verwendeten Elemente und der Krümmung der Dachwölbung ab.

Die wesentliche Herausforderung bei der Entwicklung und konstruktiven Ausbildung der Lamellen-Bauweisen liegt deshalb in den Anschlusspunkten: Hier müssen die geometrisch kompliziert zueinanderstehenden Lamellenenden räumlich und vor allem kraftschlüssig aufeinander geführt werden.³

Da die Lamellendächer der Zwischenkriegszeit in erster Linie als materialsparende und kostengünstige Bauweise gedacht waren, erfolgte die Entwicklung rein unter statisch-konstruktiven und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Gleichwohl wurde die besondere Form und Raumwirkung der Konstruktionen von Anfang an beworben und bei mehreren Kirchen auch als vornehmlich gestalterisches Mittel eingesetzt.⁴

Zollinger und Junkers

Das Zollinger-Lamellendach erhielt 1921 sein Patent⁵ und wurde etwa zeitgleich in Merseburg das erste Mal ausgeführt und vorgestellt.⁶ Es benötigt nur eine Lamellenform, die in einer rechten und einer linken Ausführung zugeschnitten ist. Eine Lamelle der einen Richtung ist etwa in ihrer Mitte von zwei Lamellen der Gegenrichtung mit leichtem Versatz gestoßen; die drei Elemente sind durch eine einfache oder doppelte Schraubverbindung miteinander

³ Tutsch, Joram F.: *Weitgespannte Lamellendächer der frühen Moderne. Konstruktionsgeschichte, Geometrie und Tragverhalten*. Dissertation, Technische Universität München, Fakultät für Architektur. München 2020, <https://mediatum.ub.tum.de/1538031> (24. August 2021), hierzu insbesondere: Kapitel 4 *Geometrie*.

⁴ Stellvertretend genannt sei hier die Bamberger St. Heinrichs Kirche, errichtet 1927–1929 durch den Architekten Michael Kurz.

⁵ Zollinger, Friedrich: *Raumabschließende, ebene oder gekrümmte Bauteile*. Angemeldet durch Fritz Zollinger Dipl.-Ing. am 14. Oktober 1921. Veröffentlichungsnr: DE 387469.

⁶ Berking, E. F.: *Das Lamellendach*. In: *Die Volkswohnung* 3 (1921), H. 23, S. 316–318.

verbunden. Der sich durch die Stabnetzlogik einstellende Höhenversatz im Knotenpunkt ist auf der Dachoberseite durch einen radialen Zuschnitt ausgeglichen, bleibt aber auf der Unterseite deutlich zu erkennen. Die geometrisch korrekte Fügung ist durch einen zweifach schrägen, sogenannten Schifterschnitt hergestellt. Die Konstruktion ist durch die aufgenagelte Dachlattung oder Brettverschalung wesentlich in der Dachebene ausgesteift.

1924 meldeten die in Dortmund ansässige ›Stahlbau C. H. Jucho Brückenbau‹, der Düsseldorfer Erfinder Emil Hünnebeck sowie der Unternehmer Hugo Junkers, Dessau, jeweils eigene Patente an, die sich auf das Zollingerpatent bezogen.

C. H. Jucho versuchte sich zunächst an Möglichkeiten, anstelle der Holzlamellen aufgelöste I-Träger aus Eisen zu verwenden und dabei gleichzeitig den Versatz in den Verbindungen zu eliminieren.⁷ Der Ansatz wurde etwas später zu einem Leichtbausystem aus aufgespreizten C-Profilen modifiziert und bei mindestens einem Gebäude erfolgreich eingesetzt, offenbar aber nicht weiterverfolgt.⁸

Die Firma Junkers setzte auf kaltgeformte Stahlblech-C-Profile, entwickelte aber zusätzlich eine neue Systematik für das Stabnetz. Die Bauweise war bei ihrer Patentierung 1924 beziehungsweise mit einem Zusatzpatent 1925 bereits weitgehend ausgereift.⁹ Das Grundelement besteht hier aus vier Stahllamellen, die jeweils an ihren abgewinkelten Enden in einem Knotenpunkt miteinander verschraubt sind. Damit wird sowohl ein Höhenversatz vermieden als auch die geometrische Anforderung geschickt gelöst. Die Längssteifigkeit der Gesamtkonstruktion wird durch eine Triangulierung der Rauten erreicht, indem schlanke U-Profile an Ober- und Unterseite die Knotenpunkte miteinander verbinden (Abb. 1). Damit ist, im Gegensatz zur Zollinger-Bauweise, keine statisch wirksame Dachschalung erforderlich.¹⁰

Emil M. Hünnebeck: Zur Person

Emil Mauritz Hünnebeck, geboren 1891, studierte ab 1910 Ingenieurwissenschaften an der Technischen Hochschule Aachen. Im Ersten Weltkrieg diente er bei den Pioniertruppen, zunächst bei der Festungsbauabteilung, später bei der Bauleitung der Fliegerschule Nordhausen. Nach dem Krieg ließ er sich in Essen als beratender Ingenieur nieder. Kurze Zeit später wurde er in den aus dem universitären Umfeld stammenden ›Ausschuss für wirtschaftliches Bauen‹

⁷ C. H. Jucho: *Bauteil aus gleichen, einander kreuzenden Einzelteilen*. Angemeldet durch Dortmunder Brückenbau C. H. Jucho in Dortmund am 4. Mai 1924. Veröffentlichungsnr.: DE 426241.

⁸ Schellewald, Eduard: *Neuartige Eiserner Dachkonstruktionen*. In: *Der Bauingenieur* 6 (1925), H. 28/29, S. 841–844.

⁹ Junkers, Hugo: *Stabnetzwerk*. Angemeldet durch e. h. Hugo Junkers Dr.-Ing. am 25. November 1924. Veröffentlichungsnr.: DE 459038. Ders.: *Stabnetzwerk. Zusatz zum Patent 459038*. Angemeldet am 10. November 1925. Veröffentlichungsnr.: DE 462881.

¹⁰ Tutsch, Joram F.; Hipper, Andreas; Schling, Eike u. a.: *Modulare Stahllamellenhallen von Hugo Junkers. Wissenschaftliche Grundlagen für eine denkmalgerechte Instandsetzung*. In: *Bautechnik* 94 (2017), H. 3, S. 161–169.

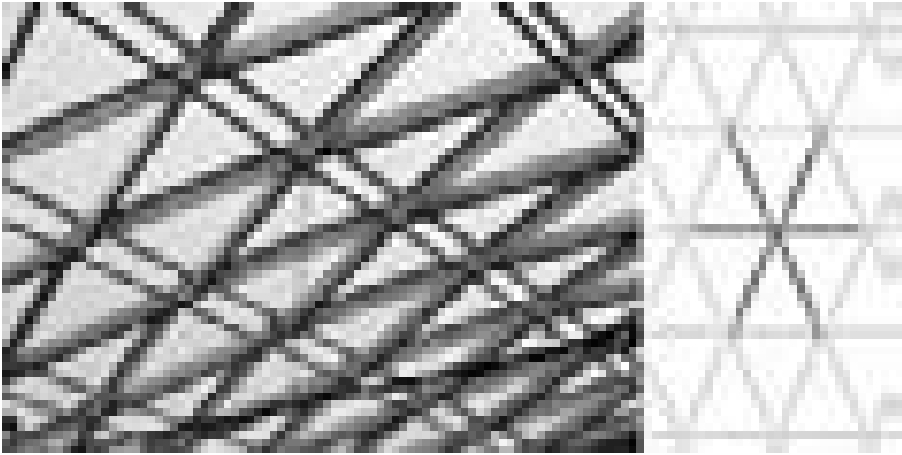


Abb. 1 Junkers-Stahllamellendach, Stabnetzlogik und Grundelement; musealer Wiederaufbau für das Technikmuseum Hugo Junkers in Dessau

berufen, für den er über längere Zeit Aufsätze veröffentlichte. Ab 1928 trat er in der Hefreihe *Stahl Überall* des als ›Stahlhof Syndikat Düsseldorf‹ bekannten Verbands der Stahlwerke als Autor und Gutachter auf, teils auch in eigener Sache. Nach einer ersten Firmengründung 1925 betätigte sich Hünnebeck von 1924/1925 bis circa 1932 mit der sogenannten ›Rautennetz-Bauweise‹ auf dem Gebiet der Lamellendächer. Anschließend versuchte er sich an der Entwicklung von leichten Hallenbauten, 1937 realisierte er für die NS-Propagandaausstellung *Schaffendes Volk* die Halle *Stahl und Eisen*. Im selben Jahr wandelte er seine nach Düsseldorf umgesiedelte Firma als ›Deutsche Stahllamelle Hünnebeck KG‹ in ein Familienunternehmen um. Während der Kriegsjahre beschäftigte sich die Firma unter anderem mit Leichtbauhallen und Flugzeughangars.¹¹ In den unmittelbaren Nachkriegsjahren patentierte Hünnebeck zahlreiche Erfindungen zum Stahlbeton-Bauwesen, auf welchen schließlich der wirtschaftliche Durchbruch in der Gerüst- und Schalungstechnik fußte. Mit dem Umzug nach Lintorf 1954 begann die Geschichte der bis heute erfolgreich agierenden Unternehmensgruppe.¹²

Als Erfinder meldete Emil Hünnebeck über 50 eigene Patente an. Für seine Verdienste im Bauwesen des Wiederaufbaus und Wirtschaftswunders wurde er 1965 von der TH Aachen mit der Ehrendoktorwürde bedacht. Er starb 1968 im Alter von 76 Jahren in Innsbruck.¹³

¹¹ Hünnebeck, Emil M.: *Raumabschließende Stahltragwerke für Flugzeughallen*. In: *Der Bauingenieur* 23 (1942), H. 43/44, S. 311–317.

¹² Bei der Hünnebeck Unternehmensgruppe haben sich nach schwerer Kriegszerstörung, Firmenumzügen und mehreren Umstrukturierungen keine Archivalien aus der Zeit vor 1954 erhalten.

¹³ Die an verschiedenen Stellen zu findenden Informationen zu Hünnebecks Person gehen im Grunde alle auf einen bereits 1961 anlässlich seines 70. Geburtstages veröffentlichten Artikel aus der Fachzeitschrift *Der Tiefbau* zurück. N.N.: *Dipl. Ing. Emil M. Hünnebeck 70 Jahre*. In: *Der Tiefbau* 3 (1961), H. 9, S. 570–571.

Überblick zur Rautennetz-Bauweise

Die Lamellendächer der Rautennetz-Bauweise, später auch als ›Freitragende Netzwerke Bauart Hünnebeck‹ vertrieben, waren einer kontinuierlichen Weiterentwicklung unterworfen. Es überschneiden und ergänzen sich Akteure, ausgeführte Bauten, zugehörige sowie nicht realisierte Patente und verschiedene Werbeschriften zu einer wechselhaften Entwicklungsgeschichte. Ausgehend von den Patenten lässt sie sich rückwirkend in fünf Stufen gliedern. 1924 versuchte Hünnebeck zunächst die bekannte Zollbauweise durch ein Neuordnen der Stabnetzlogik zu verbessern.¹⁴ Anstatt beidseitig in der Mitte sollten die Stäbe nun nur einseitig in den Viertelpunkten gestoßen werden (Abb. 2 Mitte). Das Patent blieb hinsichtlich der technischen Ausführung als (gekrümmtes) Lamellendach äußerst vage. Für die Entwicklung und zur späteren Vermarktung gründete Hünnebeck im Folgejahr seine erste Firma, die ›Rautennetz GmbH‹.

Die zweite Entwicklungsstufe begann um 1927.¹⁵ Zwischen den Elementen eingefügte Stäbe halber Länge ergänzen die Netzlogik nun zu durchlaufenden Stabreihen. Hünnebeck-Rautennetzwerke der zweiten Stufe weisen also eine besondere, nämlich scheinbar doppelte Systematik auf (Abb. 2 rechts). Vom Patent unerwähnt blieben die in der Zwischenzeit entwickelten technischen Aspekte wie Lamellenform und Verbindungsmethoden. Noch während im selben Jahr die ersten Lamellendächer aus Holz entstanden, muss Hünnebeck an einer Adaption der Bauweise für Stahl gearbeitet haben. Schon Anfang 1928 wurde ein erstes Lamellendach aus stählernen C-Profilen vorgestellt und intensiv beworben. Zu den stählernen Dächern der zweiten Stufe gibt es jedoch keine zugehörigen Patente.

Noch im Herbst 1928 meldete Hünnebeck ein drittes Patent an.¹⁶ Darin wurden detaillierte Möglichkeiten vorgeschlagen, vier C-Profil-Lamellen durch Verschrauben der Flansche und Stege zu immer kompakteren Knotenpunkten zusammenzuschieben. Mit diesen Knoten ging eine grundsätzliche, vom Patent nicht erwähnte Neuordnung und Vereinfachung der Netzlogik einher. Auch wenn keine ausgeführten Bauten bekannt sind, war damit der Weg vom Holz- hin zum Stahlbau geebnet.

Anfang 1929 ging Hünnebecks Rautennetz GmbH in der C. H. Jucho-Tochter ›Deutsche Stahl-Lamellen GmbH‹ auf, welche bereits ein Patent für die Verbindung von C-Profil-Lamellen mittels deren Flansche besaß.¹⁷ Kurze Zeit später wurde auf dem Werksgelände

¹⁴ Hünnebeck, Emil: *Freitragender, ebener oder gewölbter, raumabschließender Bauteil*. Angemeldet durch Dipl.-Ing. E. M. Hünnebeck in Hösel, Rhld. am 20. August 1924. Veröffentlichungsnr: DE 440761.

¹⁵ Hünnebeck, Emil: *Freitragender, ebener oder gewölbter raumabschließender Bauteil*. Angemeldet durch Emil Hünnebeck in Hösel (Rheinland) am 31. Januar 1928. Veröffentlichungsnr: AT 113209. Prioritätsdaten: Deutsches Reich, 8. Februar 1927.

¹⁶ Hünnebeck, Emil: *Gewölbtes, raumabschließendes Stabnetzwerk aus gleichen Einzelstäben*. Angemeldet durch Dipl.-Ing. Emil M. Hünnebeck in Hösel, Rhld. am 3. November 1928. Veröffentlichungsnr: DE 556280.

¹⁷ Die genauen Hintergründe der bereits 1926 gegründeten Dortmunder Firma bleiben unklar. Das von ihr gehaltene Patent bezieht sich direkt auf C. H. Juchos Patent zur Zollbauweise. Spätestens seit der Fusion mit Hünnebeck tragen die beiden Firmen auch ein nahezu gleiches Logo.

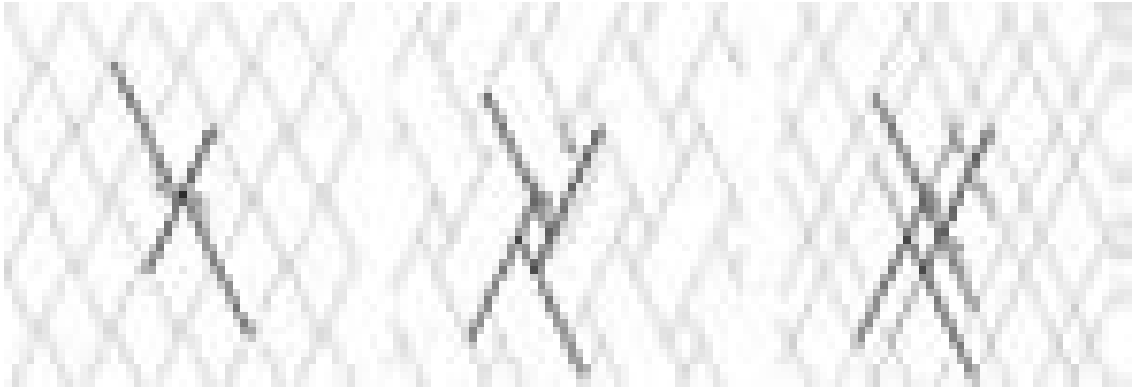


Abb. 2 Grundelement und Lastabtrag der Normalkräfte für eine einzelne Lamelle nach den Patenten Zollinger (1924), Hünnebeck 1 (1924) und Hünnebeck 2 (1927)

der C. H. Jucho in Dortmund Wambel ein erstes Lamellendach errichtet. Hier waren alle vier Lamellen in einem Knotenpunkt miteinander verschraubt, wurden jedoch zusätzlich mit rautenförmigen Deckblechen verstärkt, welche das Erscheinungsbild prägten. Ein zugehöriges viertes Patent wurde aber erst im November 1930 angemeldet, und das – nach derzeitiger Kenntnis – auch nur in Großbritannien.¹⁸

Im März 1932, auf dem Höhepunkt des Erfolges, wurde ein fünftes und letztes Patent zur Rautennetz-Bauweise angemeldet. Es beschreibt Möglichkeiten, die Stabnetzlogik mit Stützviereck endgültig durch ungerichtete Knotenpunkte zu ersetzen.¹⁹ Die komplexen und technisch kaum ausgereiften Patentideen wurden offenbar nicht weiterentwickelt, auch sind keine Bauwerke bekannt.

1924: Patentidee und erste Entwicklung

Hünnebecks erstes Patent beschreibt ein Stabnetz, dessen Grundelement aus vier Stäben besteht. Diese sind radial um einen Knotenpunkt angeordnet, sodass jeder Stab an seinem Ende und etwa in den Viertelpunkten gestoßen ist. Die sich dadurch einstellende rautenförmige Öffnung wird als ›Stützviereck‹ bezeichnet. Senkrecht zur Spannrichtung überlappen sich in der Mittelachse des Stützvierecks jeweils zwei Stäbe der einen Richtung, während die Stäbe

¹⁸ Hünnebeck, Emil: *Improvements relating to Lattice Work Structures*. Angemeldet durch Emil Hünnebeck und Deutsche Stahl-Lamellengesellschaft m.b.H. am 27. November 1930. Veröffentlichungsnr: GB 362655.

¹⁹ Hünnebeck, Emil: *Gewölbte raumabschließende Netzwerke aus von Knotenpunkt zu Knotenpunkt reichenden Stäben*. Angemeldet durch Deutsche Stahl-Lamellengesellschaft m.b.H. in Dortmund am 6. März 1931. Veröffentlichungsnr: DE 605539. Prioritätsdaten: Großbritannien, 27. November 1930.

der Querrichtung nur dagegen gestoßen sind (Abb. 2 Mitte). Mit diesem Fügungsprinzip lassen sich zwei Stabnetzlogiken bilden. Je nachdem, ob die Lamellen der Querrichtung beidseitig oder auf der gleichen Seite anliegen, stellt sich entweder ein System mit gleichartigen oder abwechselnd orientierten Knotenpunkten ein. Durch dieses Grundelement wirken nach Meinung Hünnebecks »[d]ie Stäbe [Lamellen] [...] also wie Träger auf vier Stützen, die an ihren Enden und an zwei mittleren Auflagern eingespannt sind. Hierdurch wird jeder Stab statisch günstig beansprucht, und [...] eine hohe Festigkeit erzielt.«²⁰ Er versuchte also zunächst die Zollbauweise durch eine neue Stabnetzlogik zu verbessern, indem er den – seiner Meinung nach ungünstigen – mittleren Stabanschluss in Richtung der Lamellenenden verlagerte. Bei dieser isolierten Betrachtung übersah Hünnebeck jedoch das grundsätzliche Tragverhalten von Bogentragwerken, nämlich dem gleichzeitigen Auftreten von Biegemomenten und Normalkräften.²¹ Im gezeigten Stabnetz wird deutlich, dass die Druckkräfte der ankommenden Lamellen stets ›ins Leere‹ laufen bzw. erhebliche Querbiegung in der angeschlossenen Lamelle hervorrufen müssen. Dieser unvollständige Lastabtrag lässt eine praktische Ausführung der ersten Entwicklungsstufe unwahrscheinlich erscheinen – zugehörige Bauwerke konnten bisher nicht eindeutig identifiziert werden.

1927: Holzlamellendächer der zweiten Stufe

Mit der Vervollständigung der Stabreihen durch halbe Lamellen begann die zweite Entwicklungsstufe. Mitte 1927 realisierte die Rautennetz GmbH in Zusammenarbeit mit der Krefelder Holzbaufirma ›Ruferos‹ mindestens vier Lamellendächer unterschiedlicher Größe und Form. Diese wurden als neue Bauweise 1928 in der Juni-Ausgabe der Zeitschrift *Die Bautechnik* besprochen und illustriert, darunter eine bemerkenswerte Mehrzweckhalle mit 19 Metern Spannweite und 56 Metern Länge für den Schützenverein Meggen (Lennestadt).²² Als weitere Bauten konnten die Heilig Kreuz Kirche in Waren (Müritz) (1928/1929) und die Liebfrauen-Kapelle Fraureuth bei Zwickau (1931) identifiziert werden.²³

Diese ersten Hünnebeck-Lamellendächer übernahmen sowohl die Grundform der Lamellen als auch die einfachen Schraubverbindungen der Zollbauweise. Die Lamellen sind also mit einem deutlichen Höhenversatz aneinandergesetzt, welcher auf der Dachoberseite durch einen radialen Schnitt ausgeglichen ist (Abb. 3). Jeweils zwei Lamellen sind durch ein Bolzenpaar zu-

²⁰ Hünnebeck 1924 (Anm. 14)

²¹ Eine umfangreiche Analyse, welche Kräfte je nach Last und Bogenform überwiegen, ist in Tutsch 2020 (Anm. 3) gegeben.

²² Gesteschi, Theodor: *Fortschritte in der Ausführung neuzeitlicher Holzkonstruktionen*. In: *Die Bautechnik* 6 (1928), H. 25, S. 327–344.

²³ Beide Bauten haben sich erhalten und sind als vermeintliche Zollingerdächer denkmalgeschützt. Die sehr kleinen Ausmaße und späte Errichtung der Liebfrauen-Kapelle lassen vermuten, dass die an sich veraltete Hünnebeck-Holzbauweise aus gestalterischer Absicht gewählt wurde.



Abb. 3 Hünnebeck-Holzlamellendach der zweiten Stufe: Kornhalle der Firma Weiler-Heineberg-Flechtheim, Brakel 1927

sammgehalten. Die digitale Rekonstruktion dieser Dächer zeigt, dass sich sowohl die Planung als auch die Herstellung der Holzlamellen bei Weitem nicht so einfach gestaltet haben kann, wie es die in dieser Hinsicht vage gebliebenen Patente und die Berichterstattung suggerieren. Das in den ausgeführten Bauten ein Viertel der Lamellenlänge betragende Stützviereck und die verhältnismäßig engen Krümmungsradien bringen, verglichen mit dem Zollbau, einen größeren Versatz und eine stärkere Verdrehung zwischen den Lamellen mit sich, was die Bestimmung der jeweiligen Bohrachsen und Schifterschnitte deutlich erschwert (Abb. 4 oben).²⁴

Hünnebecks hölzerne Lamellendächer mögen zwar etwas steifer gewesen sein, das doppelte Stabnetz mit seiner inhärent größeren Komplexität und der höheren Anzahl von Bauteilen brachte ihnen aber keinen rationalen Vorteil gegenüber den zu dieser Zeit bereits bewährten Zollingerdächern.

1928: Stahllamellendächer der zweiten Stufe

Die stählerne Adaption der Rautennetz-Bauweise wurde bereits im Mai 1928 im Rahmen eines vom Düsseldorfer Stahlhof gesponserten Musterbauernhofs auf der Messe der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft in Leipzig einem breiteren Publikum vorgestellt. An und

²⁴ Zur Bestimmung und Fertigung der Lamellen haben sich keine Unterlagen erhalten, sie wurde anhand von Fotografien und in der digitalen Rekonstruktion der Bauweise nachvollzogen. Wolf, Kilian: *Die Rautennetzwerke von Emil Hünnebeck. Dachkonstruktionen der Zwischenkriegszeit*. Unveröffentlichte Master-Thesis, Technische Universität München, Lehrstuhl für Tragwerksplanung. München 2019.

in diesem Bau wurde eine Vielzahl moderner Stahlprodukte, von Trägern, Fassadenelementen und Dachpfannen bis hin zu Landmaschinen, Möbeln und Haushaltsgeräten beworben. Hünnebeck errichtete das Dach der Scheune, eine 13,5 Meter hohe Spitztonne mit einer Spannweite von 16 Metern, aus relativ schlanken, kaltgeformten C-Profil-Lamellen.²⁵ Zusammen mit zwei tonnengewölbten Bauten wurde der Stahlgutshof wiederholt in den Werbeprospekten *Stahl Überall* der gleichnamigen Arbeitsgemeinschaft vorgestellt und beworben.²⁶ Fertigungspartner war die Vereinigte Stahlwerke AG - Gruppe Siegerland, die unter anderem auch passende Stahldachpfannen vertrieb. Die Prospekte sowie eine Anfang 1929 erschienene Rezension in *Der Bauingenieur* hoben die Materialeinsparung und Wirtschaftlichkeit der Hünnebeck'schen Konstruktion gegenüber traditionellen Bauweisen hervor, gingen aber nicht auf die anderen Lamellendach-Systeme ein.²⁷

Soweit bekannt, haben sich keine stählernen Lamellendächer der zweiten Stufe erhalten, der Übergang von Holz- zu leichten Stahllamellen kann aber bestenfalls als unglücklich bezeichnet werden. So beschrieb und dokumentierte ein am 6. Juli 1928 durch die Bauleitung der Junkers-Werke verfasstes internes Gutachten am oben genannten Ausstellungsbau sowohl eklatante Baufehler als auch statische und konstruktive Schwächen. Es kommt zu dem vernichtenden Urteil, dass »[...] die Hünnebeck - Konstruktion auf keinen Fall eine



Abb. 4 Vergleichende Aufsicht (links) und Untersicht (rechts) auf das sogenannte Stützviereck eines Knotenpunkts der zweiten Stufe; oben die Ausführung in Holz, unten in Stahl

²⁵ Sonnen: *Der Stahlgutshof - Ein Gutshof nach der Stahlbauweise*. In: *Stahl Überall* (1928), H. 5.

²⁶ Hünnebeck, Emil: *Wirtschaftliche Scheunenbauten unter Verwendung von Stahl-Bauelementen*. In: *Stahl Überall* (1929), H. 7. Ferner: N.N.: *Stahl in der Landwirtschaft*. In: *Stahl Überall* (1929), H. 2; N.N.: *Stahlbauten im Dienste des Automobilverkehrs*. In: *Stahl Überall* (1930), H. 1.

²⁷ Lange, E.: *Die Rautenmetz-Bauweise D.R.P.* In: *Der Bauingenieur* 10 (1929), H. 5, S. 83–85.

ernste Konkurrenz jemals für [Junkers] werden kann«. Weiter heißt es: »Zum Schluss dieser Ausführungen weisen wir noch einmal ganz dringend auf die Gefahr hin, die nicht nur dem Hünnebeck - System, sondern allen Rautennetzwerken und besonders den Ausführungen in Blech aus dem Vertrieb einer so unvollkommenen Konstruktion erwachsen müssen.«²⁸ Die digitale Rekonstruktion kann die von Junkers beschriebenen Probleme bauwerksunabhängig nachweisen.²⁹

Im Stahlbau ist eine einfache Schraubverbindung durch die Stege der C-Profil-Lamellen nicht möglich. Sie sind stattdessen mittels überstehender Flansche verbunden. Um zwei Lamellen über eine querlaufende hinweg miteinander zu verbinden und gleichzeitig die Verdrehung zwischen ihnen aufzunehmen, müssen diese Flansche exakt abgebogen und durch genau vorzufertigende Schlitze im Quersteg gefädelt werden (Abb. 4 unten). Der Wechsel von vollen Holzbohlen zu offenen Stahlprofilen brachte also eine enorme Komplexität bei Planung, Fertigung und Montage mit sich. Da stets nur die aufeinanderfolgenden Lamellen einer Stabreihe miteinander verbunden sind, ist dieses Lamellendach kein Stabnetz, sondern eine recht weiche Konstruktion aus miteinander verwobenen Bögen. Eine relative Steifigkeit der Verbindungen wird nur durch Verkeilen und Anlehnen der Lamellenbögen gegeneinander erreicht – isoliert würden die gebogenen Flansche nachgeben. Für die Stabilität ist die Konstruktion daher in erheblichem Maße auf die Dachlattung und -eindeckung angewiesen.

Obwohl diese stählernen Lamellendächer von Hünnebeck stark beworben wurden, sind weder weitere Bauten noch zugehörige Patente bekannt.

Ende 1928: Neuentwicklung des Stabnetzes und der Lamellenfüzung

Die Komplikationen und Unzulänglichkeiten der ersten Umsetzung in Stahl entsprangen, wie dargestellt, aus dem Versatz der Lamellen zueinander und der daraus resultierenden doppelten Stabnetzlogik. Im dritten Patent wurde dieser Versatz auf die Blechstärke der Lamellen reduziert. Dadurch konnte das räumliche Auslenken zwischen den Hauptlamellen entschieden minimiert werden. Mit den nun echten, quasi zentrischen Knotenpunkten waren die Stabreihen nicht länger unterbrochen, die halben Lamellen entfielen und aus der doppelten wurde wieder eine einfache Stabnetzlogik (Abb. 5). Die dritte Entwicklungsstufe führte gleichzeitig geringere Krümmungen und kürzere Stablängen ein, wodurch auch die diskrete axiale Verdrehung der Lamellen deutlich reduziert wurde. Dabei blieb die Idee der Fügung als Stützviereck, und damit der hauptsächliche Patentanspruch, bestehen. Wie erwähnt, wurde diese grundlegende Neuordnung der Stabnetzlogik im drit-

²⁸ [Konstruktion Hünnebeck. Gutachten] von Ottokar Paulssen, Dessau, 6. Juli 1928 (Deutsches Museum München, Firmenarchiv Junkers, Juhaus vorl. Nr. 1307).

²⁹ Wolf 2019 (Anm. 24).



Abb. 5 Zusammenschieben des Stützvierecks zu einem Knotenpunkt; die ursprüngliche Stabnetzlogik bleibt in den ungleichen Achsen des Knotenpunkts sichtbar

ten Patent jedoch nicht erläutert und konnte erst im Zuge der Forschung nachvollzogen werden.³⁰

Die Verbindung der C-Profile funktioniert erneut über geschlitzte Lamellenenden, die sowohl das Ineinanderschieben als auch das Abknicken der Flansche zur Ausbildung von Krümmungen ermöglichen. Wie bei den stählernen Dächern der zweiten Stufe bleiben die Knoten aber in der Dachebene labil.

Ab 1929: Stahllamellendächer mit verstärkten Knotenpunkten

Die Stahllamellendächer der vierten Stufe gingen 1929 direkt aus der – vermutlich unausgeführten – dritten Stufe hervor. Die Bauweise setzte die dort entwickelte Fügung fort und führte die bereits im dritten Patent angedeutete ›Einheits-Stahllamelle‹ sowie zusätzliche Deckbleche über den Knotenpunkten ein. Die Lamellen sind aus Stahlblech gestanz und in einer linken und rechten Variante zu C-Profilen kaltgeformt. Das eine Ende weist einen schrägen Zuschnitt auf, die andere Seite ist gerade. Schlitzungen an beiden Enden ermöglichen ein Durchführen und leichtes Umbiegen der Flansche (Abb. 6 oben).

Im Knotenpunkt überlappen sich die zwei Lamellen der einen Richtung – die Profile sind also in unterschiedliche Richtungen geöffnet – und sind durch die flächig gestoßenen Stege zweifach miteinander verschraubt. Durch ein Anstellen der Schraubenlöcher können im

³⁰ Wolf 2019 (Anm. 24); Tutsch 2020 (Anm. 3).

Knoten exakte Winkel (Normalenkrümmung der Schraubenlinie) und damit unterschiedliche Radien beziehungsweise Spannweiten für die Lamellendächer eingestellt werden. Die Flansche der Lamellen der zweiten Richtung greifen im Knotenpunkt in die C-Profile der querlaufenden Lamellen ein, die Stege sind kürzer und stoßen stumpf an die durchlaufenden Lamellen. Die freistehenden Flansche aller vier Lamellen überlappen sich und sind entsprechend der Winkeländerung im Knoten leicht umgebogen. Auch in der vierten Stufe sind die Profile an dieser kritischen Stelle also zunächst geschwächt. Diesem Problem begegnete Hünnebeck aber durch ebenfalls entsprechend der Winkeländerung gebogene, verschraubte Deckbleche an Ober- und Unterseite. Durch ihren rautenförmigen Zuschnitt ist in beiden Achsen des Knotens ein intaktes Segment des C-Profils überdeckt und die Querkraftübertragung verstärkt (Abb. 6). Vor allem ist dadurch die transversale Steifigkeit des Knotens und damit die Aussteifung in der Dachebene wesentlich verbessert. Die nur noch geringe Verwindung zwischen den einzelnen Knotenpunkten stellt sich während des Aufrichtens als leichte Torsion innerhalb des freien Lamellenabschnitts ein. Da die Knotenpunkte der vierten Entwicklungsstufe sowohl vertikal als auch längs der Dachrichtung ausreichend steif sind, benötigt die Konstruktion im Gegensatz zum Junkers-Lamellendach keine Pfetten.³¹

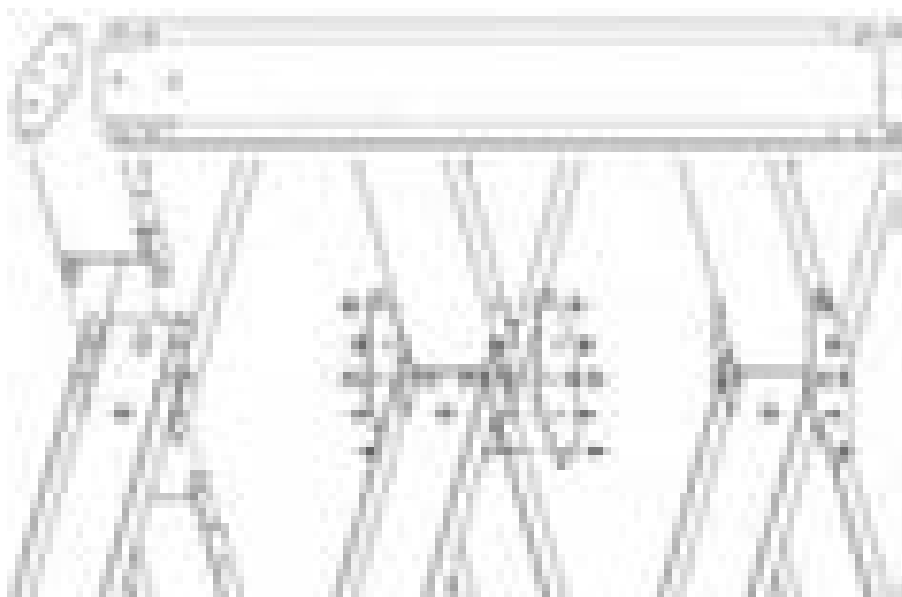


Abb. 6 Einheits-Lamelle und Knotenföpfung der dritten Stufe, dargestellt an einem ebenen Knotenpunkt; das Deckblech verstärkt in beiden Achsen ein intaktes Segment des C-Profils

³¹ Damit ist aber noch kein statischer Nachweis erbracht, sondern nur ein prinzipiell vorhandenes Tragverhalten beschrieben.

Die neue Bauweise wurde 1930 in der Januar-Ausgabe der C. H. Jucho-Werkszeitschrift *Die Brücke* durch Hünnebeck selbst vorgestellt.³² Bei seiner Auflistung der möglichen, scheinbar standardisierten Lamellendächer handelte es sich aber lediglich um grobe Kombinationen aus Spannweiten und Stichhöhen. In den folgenden zwei Jahren wurden im Westen Deutschlands mindestens sieben Hünnebeck-Lamellendächer mit Spannweiten von 14–34 Metern errichtet, von denen nach aktuellem Kenntnisstand wohl nur zwei erhalten geblieben sind, nämlich das Gemeindehaus der Kirche St. Viktor in Hamm-Herringen und eine Lagerhalle des Südzucker-Werks in Offstein (Abb. 7). Außerhalb von Deutschland konnten bisher nur fünf Dächer identifiziert werden. In der Nähe von Budapest entstand durch Lizenznehmer eine militärische Reithalle von beachtlichen 140 Metern Länge und 30 Metern Spannweite; dänische Lizenznehmer errichteten drei Dächer im Raum Kopenhagen³³ und ein weiteres für die Gymnastikschule in Ollerup.³⁴ Mit einer Spannweite von über 38 Metern und 72 Metern Länge ist diese Sporthalle das größte und wahrscheinlich letzte Hünnebeck-Lamellendach. Es ist nahezu unverändert erhalten und wurde bei einem 2019 abgeschlossenen Komplettumbau der Sporthalle nur kosmetisch restauriert.

Die Rautennetz-Bauweise der vierten Entwicklungsstufe wurde ein letztes Mal 1935 auf dem neu errichteten Luftwaffenstützpunkt Stendal als Sekundärkonstruktion eingesetzt. In fünf Hangars trug sie in einer deutlich verstärkten Ausführung über großen stählernen Bogenträgern eine beschussichere Betoneindeckung. Zwei dieser Hangars sind in bedrohtem



Abb. 7 Hünnebeck-Lamellendach der dritten Stufe; Aufbau einer Zuckerlagerhalle in Offstein, 1932

³² Hünnebeck, Emil: *Die Rautennetz-Bauweise und ihre Anwendungsgebiete*. In: Werksnachrichten der Firma C. H. Jucho (1930), H. 10, S. 17–22.

³³ Hünnebeck, Emil: *Über Bauelemente aus Stahl*. In: Deutsche Bauzeitung 1933, H. 38, S. 735–754.

³⁴ Ostenfeld, Christen: *Sporthalle in Ollerup (Dänemark)*. In: Deutsche Bauzeitung 1933, H. 30, S. 584–585.

Zustand erhalten, es handelt sich dabei nicht mehr um Lamellendächer im eigentlichen Sinne.³⁵

Die erhaltenen Bauten und historische Fotografien zeigen zahlreiche Unterschiede in der Detaillierung der Bauweise. Die verschiedenen Krümmungen der Dächer erforderten jeweils Abänderungen in der Position der Schraubenlöcher und der Länge der Flansche. Für größere Spannweiten wurde nicht nur die Blechstärke, sondern auch die Höhe der Lamellen, die Größe der Knotenbleche und die Anzahl der Schrauben erhöht. Obgleich Hünnebeck wiederholt mit einer Einheits-Stahllamelle warb, waren für die meisten Dächer wohl individuelle Fertigungswerkzeuge notwendig. Neben den je nach Bauaufgabe unterschiedlichen Wandanschlüssen und Auflagern kamen auch für die Dacheindeckung verschiedene Materialien und Kombinationen zur Ausführung. Sekundäre Elemente wie Zugstangen oder Befestigungen für Infrastruktur unterschieden sich von Gebäude zu Gebäude. Hünnebeck konnte oder wollte also nie Junkers Grad der Serialität und damit Wirtschaftlichkeit erreichen.

Ausblick: Erhalt und Denkmalschutz

Als sich Emil Hünnebeck 1924 daranmachte, leistungsfähigere Holzlamellendächer zu entwickeln, waren seine Vorschläge im Grunde schon durch die Einführung der weitgehend ausgereiften Junkers-Stahllamellendächer überflüssig geworden. Die Rautennetz-Bauweise wurde jedoch mit bemerkenswerter Geschwindigkeit kontinuierlich entwickelt, erprobt und grundlegend verändert, bis 1929 ein zufriedenstellendes System aus Stahllamellen und verstärkten Knotenpunkten gefunden war. Sowohl die erste Patentidee des Stützvierecks als auch die Probleme, die mit dem Wechsel von Holzlamellen zu filigranen Stahllamellen einhergingen, bleiben dabei in der unkonventionellen Fügung der verstärkten Knotenpunkte nachvollziehbar.

Es bleibt letztlich unklar, warum die Rautennetz-Bauweise nie in eine wirtschaftliche Konkurrenz zu den Zollinger- und Junkersdächern treten konnte.³⁶ Hünnebeck selbst trat bis zur Privatisierung der Deutschen Stahl-Lamellen GmbH im Jahr 1937 stets nur als Teilhaber der vertreibenden und planenden Firma auf, während Konfektionierung und Produktion von den wechselnden Partnern übernommen wurden. Im Vergleich zum Zollbau-Syndikat oder den Junkers-Werken konnten somit nur verspätet, nämlich nach der Fusion mit C. H. Jucho 1929, feste Vertriebsstrukturen aufgebaut werden. Stattdessen setzte man für die Verbreitung der Bauweise wohl lange Zeit auf die ausgeprägte persönliche und wirtschaftliche Vernetzung im Umfeld des Düsseldorfer Stahl-Syndikats. Entsprechend lassen sich die außerhalb Nordrhein-Westfalens liegenden Bauten auf mit der Bauweise vertraute Ingenieure zurück-

³⁵ Schwager, B.: *Der Fliegerhorst in Stendal*. In: Denkmalpflege in Sachsen-Anhalt 10 (2002), H. 1, S. 66–69.

³⁶ Vor allem aufgrund der dürftigen Quellenlage, siehe Anm. 12.

führen.³⁷ Eine weiterführende Untersuchung, inwieweit die hölzernen und stählernen Hünnebeck-Dächer letztlich aufseiten der Kunden preislich und praktisch konkurrierten, steht aus.

Von 1927 bis 1932 entstanden mindestens 20 Hünnebeck-Lamellendächer unterschiedlicher Entwicklungsstufen, Materialien, Formen und Größen (Abb. 8). Emil Hünnebeck und die Deutsche Stahl-Lamellen GmbH waren damit bemerkenswerte Akteure auf dem kurzlebigen Feld des Lamellendachbaus. Die sieben bis heute bestehenden Bauten – aktueller Forschungsstand – sind zwar vom Denkmalschutz als außergewöhnlich erkannt, jedoch fast ausnahmslos nicht als Hünnebeck-Konstruktionen identifiziert. Diese bislang falsche Zuordnung als Junkers-Lamellendach oder Zollingerdach ist aus bautechnikgeschichtlicher wie denkmalpflegerischer Sicht bedauerlich. Auch droht sie, heutzutage erforderliche Nachweise zu Standfestigkeit und Lastverhalten der Konstruktionen zu erschweren.³⁸ Der langfristige Erhalt der Lamellendächer und die gegebenenfalls damit verbundene denkmalgerechte Instandsetzung beginnen mit der korrekten Identifikation.

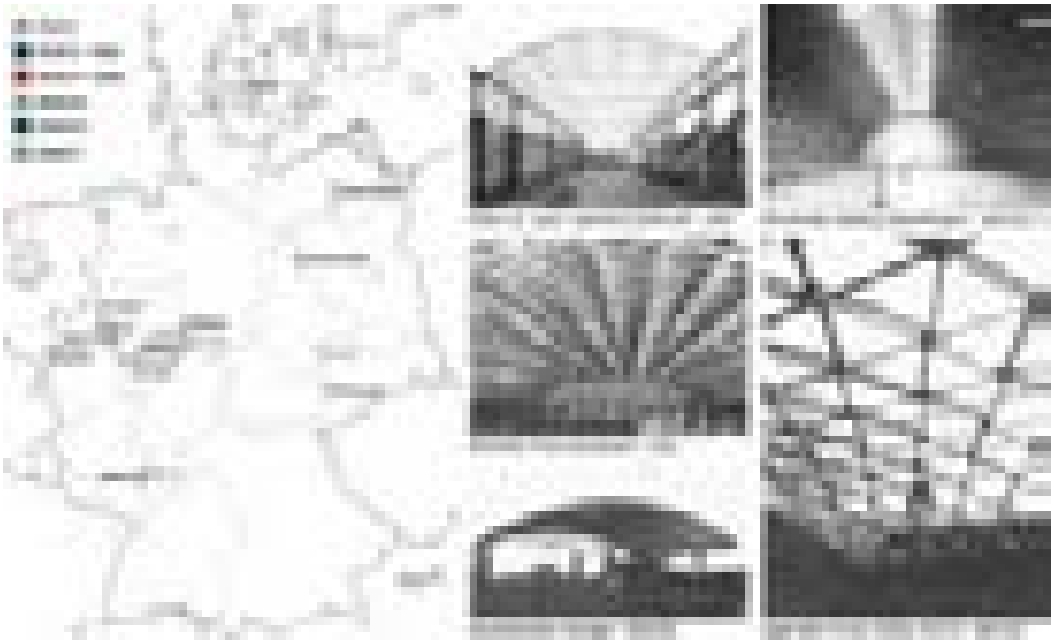


Abb. 8 Übersicht der bislang identifizierten Hünnebeck-Lamellendächer; erhaltene Bauwerke sind hervorgehoben

³⁷ Verantwortlich für die dänischen Hallen war der bekannte Ingenieur Christen Ostenfeld, siehe Anm. 33 und 34.

³⁸ Tutsch 2020 (Anm. 3), hierzu besonders: Kapitel 3, 4 und 7.