

# Das Konzept „Ersatz“?

## Probleme bei der Reparatur industriell gefertigter Bauteile<sup>1</sup>

VON SILKE LANGENBERG

### Überblick

Im Gegensatz zu anderen Industriezweigen ist die Lebenserwartung von im Bauwesen hergestellten Gütern grundsätzlich relativ hoch. Für die langfristige Nutzung der Objekte ist ihre Reparaturfähigkeit allerdings entscheidend, da im Laufe von Jahrzehnten zwangsläufig an einem Bauwerk entstehende Schäden zu beheben sein müssen. Durch die zunehmende Verwendung industriell hergestellter Materialien und Konstruktionen ist die Möglichkeit einer Bauteilreparatur jedoch spätestens seit Mitte des 20. Jahrhunderts deutlich eingeschränkt worden: Neue Baustoffe und Fügeprinzipien, Fragen der Dichtigkeit und Sicherheit, des Wärmeverlustes, aber auch nach Herstellungs- und Unterhaltskosten haben zu immer komplexeren Konstruktionen geführt. Der Lebensdauer eines Bauteils und seiner Alterung scheint ein immer geringerer Stellenwert beigemessen zu werden, die Reparaturfähigkeit kein das Bauwerk und seine Konstruktion wesentlich beeinflussendes Kriterium mehr zu sein.

### Abstract

In contrast to other industries, the life span of elements produced for the building industry is comparatively high. However, it is their reparability that is crucial for a long-term use, because unavoidable damages, obtained over decades, have to be remediable. Because of the increasing usage of industrially produced materials and constructions the possibilities for repairing building components have diminished since the mid of the 20th century: New materials and principles of assembling, questions of impermeability and safety, of thermal losses, but also costs of production and maintenance have caused increasingly complex constructions. Little attention seem to be given to the

- 1 1998 veranstaltete das Deutsche Nationalkomitee von ICOMOS (International Council on Monuments and Sites) in Zusammenarbeit mit der Europäischen Messe für Denkmalpflege und Stadterneuerung „denkmal 98“ in Leipzig eine Tagung unter dem Titel „Das Konzept Reparatur“. Der Titel des Aufsatzes ist eine Anlehnung an die gleichnamige Publikation der Tagungsergebnisse: Hartwig Schmidt (Hg.), Das Konzept „Reparatur“. Ideal und Wirklichkeit, München 2000.

Die Autorin dankt herzlich Herrn Werner Köhler, Prof. Dr. Andreas Schwarting, Dr. Julia Berger, Prof. Dr. Bernhard Furrer und Prof. Dr. Thomas Bock; für die Verwendung der Abbildungen Tania Reinicke und Ekkehart Bussenius, der Stiftung Bauhaus Dessau und der Ernst Schweizer AG in Zürich. Besonderer Dank gilt Dr. Torsten Meyer.

durability of a building element and its aging; the reparability seems to be no longer a fundamental criterion for a building and its construction.

\*\*\*

Schäden an industriell gefertigten Bauteilen stellen – auch aus denkmalpflegerischer Sicht – häufig ein Problem dar: Im Werk vorgefertigte, aufwendige Konstruktionen, Bau- und Verbundstoffe, die auf der Baustelle nur noch montiert werden, können handwerklich kaum repariert werden und verlangen meist nach einem vollständigen Austausch. Hersteller des originalen Bauteils, baugleiche Ersatzteile wie auch das Wissen um die ursprüngliche Konstruktion und eventuelle Möglichkeiten ihrer Reparatur sind häufig nicht mehr verfügbar. Elemente einer größeren Serie erfordern aufgrund finanzieller Überlegungen oder nahezu zeitgleichem Versagen auch serielle Reparaturmaßnahmen. Industriell, vor allem aber seriell hergestellten Bauteilen wird heute oftmals ein geringerer Wert beigemessen als handwerklich erzeugten.

Die Industrialisierung des Bauwesens soll zunächst kurz nachvollzogen und die im Laufe des 20. Jahrhunderts deutlich zunehmende Vielfalt und Verfügbarkeit von industriell hergestellten Baustoffen sowie deren Einsatz, Konstruktionsweisen und Konsequenzen für den Entstehungsprozess eines Bauwerkes aufgezeigt werden. Der Schwerpunkt liegt auf den Aspekten des Reparierens von Bauten und Bauteilen aus den unterschiedlichen Phasen industriellen Bauens und der Frage nach den Auswirkungen veränderter Techniken und Materialien auf die Praxis des Reparierens. Denkmalpflegerische Aspekte sollen dabei zumindest ansatzweise diskutiert werden.

### **Industrialisierung des Bauens – neue Materialien und Techniken**

Infolge der Industrialisierung und Zuwanderung von Arbeitskräften aus dem ländlichen Raum begannen die Städte ab Mitte des 19. Jahrhunderts deutlich zu wachsen.<sup>2</sup> Es entstanden Wohnhäuser, Verkehrswege und Infrastrukturbauten, öffentliche Einrichtungen, Gewerbe- und Industriebauten. Der bauliche Bestand musste den veränderten Bedingungen, zunehmenden Forderungen nach Hygiene und vor allem größeren Kapazitäten angepasst werden. Die „Mechanisierung und Maschinisierung“<sup>3</sup> wirkte sich aber auch direkt auf das Baugewerbe aus: Industriell gefertigte Bauteile<sup>4</sup> fanden zunehmend Verwen-

2 Siehe Jan Lucassen u. Leo Lucassen, Art. „Land-Stadt Wanderung“, in: Friedrich Jaeger (Hg.), Enzyklopädie der Neuzeit, Bd. 7, Stuttgart u. Weimar 2008, Sp. 451–455.

3 So auch der Titel von Akos Paulinyi u. Ulrich Troitzsch, Mechanisierung und Maschinisierung: 1600 bis 1840. Propyläen Technikgeschichte, Bd. 3, Frankfurt a.M. u. Berlin 1991 (Neuausgabe Berlin 2003).

4 Für das weitere Verständnis scheint die Definition von „industrieller Fertigung“ beziehungsweise „industriell gefertigten Bauteilen“ notwendig: Im Gegensatz zur handwerklichen Produktion bezeichnet die industrielle Fertigung – ebenso die industrielle Fertigung von Bauteilen – die Herstellung und weitere Bearbeitung von Materialien, Waren und Gütern in einem Werk oder einer Fabrik unter Zuhilfenahme maschineller und meist automatisierter

dung und erlaubten oder verlangten veränderte Konstruktionsweisen. Darüber hinaus standen größere und stärkere Baumaschinen und Hebewerkzeuge zur Verfügung.<sup>5</sup> Hinsichtlich der im Bauwesen neu verwendeten industriell hergestellten Materialien gewann zunächst vor allem das Eisen an Bedeutung.<sup>6</sup>

Gusseisen hatte bereits im 18. Jahrhundert vereinzelt im Brückenbau Anwendung gefunden,<sup>7</sup> bevor es sich aufgrund seiner erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen Feuer langsam im Bauwesen durchzusetzen begann.<sup>8</sup> Da Gusseisen wie Stein in erster Linie Druck-, aber kaum Zugkräfte aufnehmen kann, kamen bei den frühen eisernen Bauten nur druckbeanspruchte Konstruktionen, vor allem Bogentragwerke, zur Anwendung. Mit der Verbreitung des Puddel-Verfahrens<sup>9</sup> konnten seit Ende des 18. Jahrhunderts dann aber auch zunehmend größere Mengen Schmiedeeisen gewonnen und wesentlich auf Zug beanspruchte Konstruktionen errichtet werden.<sup>10</sup> So entstanden im 19. Jahrhundert zahllose Gebäude unter Verwendung von Eisen:<sup>11</sup> zunächst vor allem Objekte mit großen Spannweiten und Bauten, in denen eine freie Sicht oder viel Licht gefordert waren, wie Brücken, Bahnhöfe, Gewächshäuser, Theater, Warenhäuser, Markt- und Ausstellungshallen. Schließlich führten der geringe Preis, die allgemeine Verfügbarkeit des Eisens und der mit Ausweitung des Eisenbahnnetzes vereinfachte Transport größerer Lasten und Mengen dazu, dass verschiedenste Bauteile, Dekorelemente<sup>12</sup> und großflächige Verkleidungen aus Eisen erhältlich waren.<sup>13</sup> Seit den 1870er

Fertigungstechniken; David S. Landes, *Der entfesselte Prometheus: Technologischer Wandel und industrielle Revolution in Westeuropa von 1750 bis zur Gegenwart*, Köln 1973.

- 5 Ulrich Pfister, Art. „Industrialisierung“, in: Jaeger (wie Anm. 2), Sp. 903–920.
- 6 Infolge der Eisenverhüttung mit Koks (ab 1709) waren die Herstellungskosten für Roheisen deutlich gesunken und es wurden sukzessive größere Mengen auch für das Bauwesen verfügbar. Siehe auch Walter Haas, *Eisen in der Architektur vor dem Aufkommen der Eisenarchitektur*, in: Deutsches Nationalkomitee von ICOMOS (Hg.), *Eisenarchitektur. Die Rolle des Eisens in der historischen Architektur der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts*, Hannover 1979, S. 1–6.
- 7 Hierzu Ernst Werner, *Die eisernen Brücken. Einige Aspekte ihrer Entwicklung*, in: ICOMOS (wie Anm. 6), S. 33–39; Andreas Bingener, Art. „Eisen“, in: *Enzyklopädie der Neuzeit* (wie Anm. 2), Bd. 3, Sp. 140–154; Jörn Garleff, Art. „Ingenieursarchitektur“, in: *Enzyklopädie der Neuzeit* (wie Anm. 2), Bd. 5, Sp. 979–985.
- 8 Zahlreiche Beispiele früher Eisenkonstruktionen in Claude Mignot, *Architektur des 19. Jahrhunderts*, Fribourg 1983, S. 168–172.
- 9 Akos Paulinyi, *Das Puddeln. Ein Kapitel aus der Geschichte des Eisens in der Industriellen Revolution*, München 1987.
- 10 Vgl. Werner (wie Anm. 7), S. 34; Alfred Gotthold Meyer, *Eisenbauten. Ihre Geschichte und Ästhetik*, Esslingen a.N. 1907 (Neuausgabe Berlin 1997), S. 95–108.
- 11 Hierzu Gustav Adolf Breymann, *Allgemeine Baukonstruktionslehre mit besonderer Beziehung auf das Hochbauwesen*, Bd. III: *Die Konstruktionen in Eisen*. Sechste vermehrte und umgearbeitete Auflage von Otto Königer, Leipzig 1902.
- 12 Ein guter Überblick über die vielfältigen Konstruktionen und verfügbaren Bauteile aus Eisen findet sich bei Josef Durm, *Handbuch der Architektur*, Darmstadt 1880ff., hier im Besonderen Teil 1, *Allgemeine Hochbaukunde* und Teil 3, *Die Hochbaukonstruktionen*.
- 13 Mignot (wie Anm. 8), S. 203.

Jahren zeigten sich dann auch verstärkt mit Keramikplatten, farbigen Ziegeln, Werk- und Backsteinen dekorierte eiserne Stützen und Fassaden: „Es gibt für den Eisenbau keinen passenderen, dem *Valeur des Materials* besser entsprechenden Schmuck als durch die Keramik, weil sie einen wetterbeständigen Stoff von geringem Gewicht und Querschnitt und die Möglichkeit klarer und entschiedener Färbung bietet.“<sup>14</sup>

Infolge der fabrikmäßigen Herstellung von Portlandzement gewann in der Mitte des 19. Jahrhunderts auch der Baustoff Beton an Bedeutung.<sup>15</sup> Nach ersten Versuchsbauten und monolithischen Konstruktionen, welche mit Hilfe der *Pisé*technik in erster Linie die knapper und teurer werdenden traditionellen Baustoffe durch Guss- und Stampfbeton zu ersetzen suchten,<sup>16</sup> begann sich der Stahlbeton gegen Ende des 19. Jahrhunderts im Bauwesen durchzusetzen: Nach Tief- und Ingenieurbauten, zunächst vor allem Behältern für Wasser- und Gaswerke, Kanälen und Bachüberwölbungen, entstanden um die Jahrhundertwende auch Brücken, Fabrikdecken und Hallen für Verkehr und Industrie. In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts wurde der feuerfeste und preiswerte Baustoff Beton dann auch zunehmend für größere und repräsentativere Hallen, Industrieanlagen und sogar Sakralbauten<sup>17</sup> genutzt.<sup>18</sup>

### Konstruktionen und Schäden

Im Hinblick auf die Reparaturfähigkeit von industriell gefertigten Baustoffen und Bauteilen ist nicht nur ihre Verwendung, sondern vielmehr ihre Dauerhaftigkeit, Fügung und Kombination mit anderen Bauteilen und Materialien von Interesse. Es stellt sich die Frage nach der Alterung eines Bauteils, nach Materialermüdung, den Möglichkeiten, schadhafte Konstruktionen zu verstärken, defekte Bauteile zu reparieren oder auszutauschen und ob die ursprüngliche Verbindungstechnik eine Reparatur grundsätzlich begünstigt oder erschwert. Hinzu kommt die im Gegensatz zum Umgang mit traditionellen Materialien wie Holz oder Stein oft unzureichende Erfahrung und Fertigkeit der Handwerker: Seit dem Einsatz industrieller Materialien und Techniken ist auf den Baustellen neben dem Wissen des Handwerkers zunehmend das des Ingenieurs

14 Vgl. Durm (wie Anm. 12), Teil 1, Bd. 4, *Die Keramik in der Baukunst*, S. 178; Meyer (wie Anm. 10), S. 139–155.

15 Siehe Hartwig Schmidt, *Häuser aus Beton – Der Beginn einer neuen Bauweise*, in: Uta Hassler u. Hartwig Schmidt (Hg.), *Häuser aus Beton. Vom Stampfbeton zur Plattenbauweise*, Tübingen u. Berlin 2004, S. 12–23.

16 Ausführlicher Beschrieb des *Pisé*baus sowie der frühen Bauten in Stampf- und Gussbeton in ebd.

17 „Bei traditionelleren Bauaufgaben wie Kirchen wurde der neue Baustoff gelegentlich verdeckt angewandt“ – Alexander Kierdorf u. Hubert K. Hilsdorf, *Zur Geschichte des Bauens mit Beton*, in: Uta Hassler (Hg.), *Was der Architekt vom Stahlbeton wissen sollte. Ein Leitfaden für Denkmalpfleger und Architekten*, Zürich 2010, S. 11–51, hier S. 38.

18 Hierzu auch Knut Stegmann, *Das Bauunternehmen Dyckerhoff & Widmann – Zu den Anfängen des Betonbaus in Deutschland 1865–1918*, Diss., Zürich 2011.

gefragt.<sup>19</sup> Damit hat sich nicht nur das Wissen um die Konstruktion, sondern auch das um seine Reparaturfähigkeit zu verlagern begonnen.

Bei den frühen Eisenkonstruktionen des 19. Jahrhunderts sind Schäden vor allem infolge von Materialalterung und -ermüdung oder aufgrund von Witterungseinflüssen zu beobachten. Im Fall der Notwendigkeit einer Reparatur zeigen sich insbesondere beim Gusseisen Probleme, da es sich aufgrund seines hohen Kohlenstoffgehaltes nicht schweißen lässt.<sup>20</sup> Defekte Bauteile aus Eisen wurden und werden in der Regel durch neue ersetzt oder die Konstruktion durch das Zufügen weiterer Teile verstärkt. Dabei wird allerdings nicht immer die ursprüngliche Verbindungstechnik gewählt: Genietete Verbindungen beispielsweise werden oftmals geschraubt (siehe Abb. 1), damit im Fall einer erneuten Reparatur der Austausch des Bauteils einfacher durchzuführen ist, oder damit – meist aus denkmalpflegerischen Überlegungen und der *Charta von Venedig* entsprechend – die Reparatur direkt als solche erkennbar und „das Geschichtsdokument nicht verfälscht“ ist.<sup>21</sup> Bei Konstruktionen aus Stahl wird ebenso verfahren, jedoch können aufgrund der Möglichkeit des Schweißens schadhafte Teile einfacher verstärkt oder ausgetauscht werden, als es bei gusseisernen Konstruktionen der Fall ist.

Schäden treten bei den Stahlbauten des 19. und frühen 20. Jahrhunderts aber auch häufig an Materialübergängen auf – meist infolge des unterschiedli-



Abb. 1: Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Eglisau, Ersatz von Nieten durch Schrauben. Foto: Werner Köhler.

- 19 Kierdorf/Hilsdorf (wie Anm. 17), S. 11: „das Bauen mit Beton und Eisen hatte zur Folge, daß die Vorherrschaft des Handwerkers auf der Baustelle durch jene des Ingenieurs abgelöst wurde.“
- 20 Zur Schmiedbarkeit und Schweißbarkeit von Eisen siehe Adolf Ledebur, *Handbuch der Eisenhüttenkunde*, Leipzig 1908: „Die Schmiedbarkeit und Dehnbarkeit“ (S. 8–16) und „Die Schweißbarkeit“ (S. 16–24).
- 21 Vgl. Artikel 12 der *Charta von Venedig*: „Die Elemente, welche fehlende Teile ersetzen sollen, müssen sich dem Ganzen harmonisch einfügen und vom Originalbestand unterscheidbar sein, damit die Restaurierung den Wert des Denkmals als Kunst und Geschichtsdokument nicht verfälscht.“ *International Charta for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites*, Venice 1964. Zit. nach: *Internationale Charta über die Konservierung und Restaurierung von Denkmälern und Ensembles*, Deutsche Übersetzung von 1989: *Charta von Venedig*, Internet: [http://www.beepworld.de/members35/oehl\\_br\\_j2/charta.htm](http://www.beepworld.de/members35/oehl_br_j2/charta.htm) [Stand: 15.6.2012].

chen Materialverhaltens und der zum Zeitpunkt ihrer Errichtung noch geringen Erfahrung mit Eisen als Baumaterial. Die Bauteile aus Eisen reagieren auf Temperaturschwankungen stärker als Holz oder Stein, so dass es zu Spannungen in der Konstruktion kommt. Zu beobachten ist dies beispielsweise bei Eisenskelettbauten mit Ausfachungen aus Terrakotta oder Stein, aber selbstverständlich auch beim Eisenbeton und anderen Verbundbaustoffen.

Im Gegensatz zu Eisen und Stahl kann man beim Beton eigentlich nur bedingt von einem industriell hergestellten Baustoff sprechen: Mit Ausnahme des Zementes und der Bewehrung beim Stahlbeton kann und wird der Verbundbaustoff bis Mitte des 20. Jahrhunderts meist erst auf der Baustelle und größtenteils handwerklich hergestellt. Bauteile aus Beton verlangen nicht zwingend eine industrielle Fertigung im Werk. Der Baustoff Beton ist daher auch bezüglich seiner Reparaturfähigkeit eher mit traditionellen Baumaterialien zu vergleichen – eine handwerkliche Reparatur ist in der Regel möglich, der Austausch größerer defekter Teile aufgrund von Materialgewicht und Verbund grundsätzlich jedoch eher schwierig. Im Hinblick auf die Reparaturfähigkeit von Bauteilen scheint im Falle des Betons nicht allein die industrielle, sondern vor allem die serielle Bauteilproduktion von Bedeutung und Interesse.

### **Die Etablierung serieller Bauteile und des industriellen Bauens**

Die industrielle Fertigung von Bauteilen eröffnete neue Möglichkeiten der Konstruktion und Gestaltung, aber auch der seriellen Produktion. Neben den seit der Mitte des 19. Jahrhunderts verfügbaren Katalogen mit in größeren Mengen im Werk hergestellten Eisenwaren – Bauteilen, Fassaden und Elementen zur Errichtung ganzer Häuser<sup>22</sup> – war die serielle Fertigung auch im Betonbau bereits im 19. Jahrhundert durch die mehrfache Verwendung von Gussformen für kleinere und mittelgroße Bauteile, Dekorelemente und Zementwaren zu beobachten.<sup>23</sup> Es folgten noch im gleichen Jahrhundert in Serie gefertigte Balken, Decken und Wandelemente sowie verschiedene Patente für „Decken- und Dachsysteme, deren Vorteil in der Möglichkeit der Materialeinsparung durch Hohlkörper lag“.<sup>24</sup>

22 John McKean, *Chrystal Palace*. Joseph Paxton and Charles Fox, London 1994, S. 21: „The same year [1850], Walter Macfarlane, ironfounder in Glasgow, issues his first catalogue for elements which, as an open kit of parts, can be assembled into all sorts of buildings anywhere – and are indeed built from exported construction kits in glass and iron round the British Empire.“

23 „Vor der Entwicklung des Stahlbetonbaus stand [...] die Herstellung von ‚Betonwaren‘ in der Fabrik, im Vordergrund. Hier wurden leichte, transportable Bauteile gefertigt wie Treppenstufen, Fenster- und Türgewände und Zubehörteile für die Hausinstallation wie Spülsteine, Waschkessel, Klärgruben und andere Elemente.“ Helmut Burchard, *Betonfertigteile im Wohnbau*, Berlin 1941, hier zit. nach Kierdorf/Hilsdorf (wie Anm. 17), S. 38.

24 Ebd.



Um die serielle Herstellung wirtschaftlich zu machen, ist grundsätzlich eine große Stückzahl gleicher Elemente notwendig.<sup>25</sup> Für den Bereich des Bauwesens bedeutete das eine Reduktion der Anzahl unterschiedlicher Bauteile oder eine Erhöhung der Stückzahlen durch größere Baumassen. Die Verwendung seriell im Werk gefertigter Bauteile war daher zunächst vor allem bei der Errichtung großer Ingenieurbauwerke aus Eisen und Stahl zu beobachten, welche aus einer überschaubaren Anzahl erhältlicher Trägerquerschnitte zusammengesetzt wurden, davon aber aufgrund ihres Volumens gleichzeitig große Mengen benötigten.<sup>26</sup> Mit der im Laufe des 19. und frühen 20. Jahrhunderts zunehmenden allgemeinen Verfügbarkeit seriell im Werk gefertigter Bauteile aus Eisen und Beton begann sich die Verwendung von Fertigteilen dann aber auch bei der Errichtung kleinerer Einzelbauwerke zu etablieren und die Stückzahlen stiegen weiter an.<sup>27</sup>

Zur Behebung der Wohnungsnot wurden in den 1920er Jahren die Bemühungen um die Entwicklung industrieller Bauweisen und serieller Herstellungsverfahren schließlich deutlich verstärkt und vor allem in Frankreich und Deutschland vorangetrieben:<sup>28</sup> Die Verwendung gleicher Elemente und Bauteile sollte die serielle Produktion begünstigen und damit wie in anderen Industriezweigen Einsparungen von Produktionskosten ermöglichen. Gleichzeitig versuchte man, die Arbeitsschritte auf der Baustelle zu reduzieren und den Bauprozess zu verkürzen. „Materialien und Konstruktionen“ wurden dahingehend überprüft, ob sie für das Bauwesen und die „industrielle Produktion“ geeignet waren.<sup>29</sup>

Prominente Beispiele dieser frühen Versuche des industriellen Bauens sind neben verschiedenen Prototypen in Skelettbauweise von Le Corbusier<sup>30</sup> und den Bauten der Werkbundsiedlung in Stuttgart<sup>31</sup> die Siedlung Törten in

25 Unterschiedliche, nicht-standardisierte Teile können erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts durch den Einsatz der Robotik seriell produziert werden.

26 Zur Errichtung des Kristallpalastes beispielsweise werden 3.800 Tonnen Gusseisen und 700 Tonnen Eisen verwendet, außerdem 900.000 Quadratfuß Glas und 600.000 Quadratfuß Holz; vgl. Mignot (wie Anm. 8), S. 182.

27 Im *Handbuch der Architektur* nehmen die „Constructions-Elemente in Eisen“ neben denen aus Stein und aus Holz bereits ein ganzes Kapitel ein, siehe Durm (wie Anm. 12), Teil 3, Bd. 1, S. 133–227.

28 Hierzu Christoph Bernhardt u. Elsa Vonau, Zwischen Fordismus und Sozialreform. Rationalisierungsstrategien im deutschen und französischen Wohnungsbau 1900–1933, in: *Zeithistorische Forschungen/Studies in Contemporary History*. Online Ausgabe, 6/2, 2009, Internet: <http://www.zeithistorische-forschungen.de/16126041-Bernhardt-Vonau-2-2009> [Stand 15.6.2012].

29 Zitat nach dem Titel des zweiten Bandes der Publikation *Wie bauen?*: Heinz Rasch u. Bodo Rasch, *Wie bauen?* Bd. 2. Materialien und Konstruktionen für industrielle Produktion, Stuttgart 1928.

30 Verschiedene Prototypen von Le Corbusier mit chronologischer Liste in Schmidt (wie Anm. 15), S. 17.

31 Vgl. Rasch (wie Anm. 29).

Dessau von Walter Gropius<sup>32</sup> und das in Frankfurt a.M. ausgeführte ‚System Stadtrat Ernst May‘.<sup>33</sup> Die Siedlung Törten und die Bauten des ‚Neuen Frankfurt‘ zählen „zu den ersten weitgehend rationalisierten Bauprojekten in Deutschland“,<sup>34</sup> auch wenn ihre Ausführung in weiten Teilen noch immer handwerklich war<sup>35</sup> – wie auch die anderer mit dem Ziel einer Anwendung industrieller Bauweisen in den 1920er und 1930er Jahren errichteter Objekte.<sup>36</sup>

Schäden traten an den industriellen Bauten der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts häufig auf, vor allem aufgrund der nicht vorhandenen Erfahrung mit den neuen Baustoffen und Fertigungsmethoden. Erste Reparaturmaßnahmen erfolgten oftmals schon nach wenigen Jahren. Aufgrund der meist hohen architekturgeschichtlichen Bedeutung und des mittlerweile bestehenden Schutzes der Objekte wurden die betroffenen Bauteile auch bei fehlerhafter Konstruktion oftmals kontinuierlich repariert oder durch originalgetreue Nachbauten ersetzt. Beides geschah in den meisten Fällen als handwerkli-



Abb. 2: Fensternachbau in der Siedlung Dessau-Törten. Quelle: Stiftung Bauhaus Dessau.

- 32 Andreas Schwarting, Die Siedlung Dessau-Törten. Rationalität als ästhetisches Programm, Dresden 2008.
- 33 Siehe Peter Sulzer, Die Plattenbauweise „System Stadtrat Ernst May“, Versuch einer technikgeschichtlichen Einordnung, in: *Bauwelt* 77, 1986, S. 1062–1063: „Die May’sche Plattenbauweise ist einer der zahlreichen Ansätze, die Industrialisierung des Wohnungsbaues voranzutreiben. [...] Bei der May’schen Plattenbauweise [handelt es sich] um ein Baukastensystem, mit dessen Elementen verschiedene Haus- und Wohnungsformen zusammengesetzt werden können. [...] Bis 1933 sind wohl etwa tausend Wohnungen mit der May’schen Plattenbauweise gebaut worden, die meisten stehen heute noch.“
- 34 Wolfgang Pehnt, *Deutsche Architektur seit 1900*, München 2006, S. 131.
- 35 Schwarting (wie Anm. 32), S. 228f.: „Doch so zaghaft die Zusammenarbeit zwischen der Bauleitung und der Industrie verlief, so wenig kann im Fall der Siedlung Dessau-Törten überhaupt von einer echten industriellen Fertigung der Häuser gesprochen werden. [...] Zwar sind einzelne Aspekte der Bauorganisation vergleichbar mit der industriellen Produktion: die Arbeitsteilung, die Standardisierung der Bauteile und die Organisation der Arbeit nach einem zuvor präzise festgelegten Zeit- bzw. Ablaufplan. Die Produktion der Bauteile erfolgte aber weitestgehend von Hand und ohne maschinelle Hilfe.“
- 36 Einen guten Überblick über die Vielzahl und Vielfalt der in den ersten zwei Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts verwendeten und zum Teil erst entwickelten neuen Baustoffe und Bauweisen bietet Eduard Jobst Siedler, *Die Lehre vom neuen Bauen. Ein Handbuch der Baustoffe und Bauweisen*, Berlin 1932.



che Maßnahme, auch wenn die Bauteile (beispielsweise Fensterprofile oder Einbauelemente) ursprünglich industriell hergestellt waren (siehe Abb. 2).<sup>37</sup> Eines der größten Probleme bei der Reparatur industriell gefertigter Bauteile wird hier offensichtlich: die bereits nach wenigen Jahren nicht mehr gewährleistete Verfügbarkeit eines materiell, konstruktiv und gestalterisch gleichen industriell gefertigten Bauteils. Als Alternative zum meist kostenintensiven handwerklichen Nachbau bleibt oft nur der Ersatz des Bauteils durch ein industrielles Nachfolgeprodukt.

### **Rationalisierung und Industrialisierung des Bauprozesses**

Die in den 1920er und 1930er Jahren angedachten und zumindest ansatzweise erprobten Ideen zur Rationalisierung der Herstellung von Bauteilen und Industrialisierung des Bauprozesses wurden nach Ende des Zweiten Weltkrieges aufgegriffen und unter Zuhilfenahme neuer Techniken, Materialien und Maschinen in einem größeren Maßstab umzusetzen versucht. Dabei ließ die große Anzahl der in den 1950er, 1960er und 1970er Jahren zu errichtenden Gebäude die serielle Herstellung von Bauteilen und Anwendung industrieller Fertigungstechniken im Bauwesen erstmals tatsächlich sinnvoll erscheinen:

„Industrialisierung des Bauens: das scheint [...] das Stichwort zu sein, nach dem sich das Bauwesen weiter entwickeln muß. In unserem technischen Zeitalter sollen auch die Häuser so entstehen, wie etwa die Erzeugnisse in der Fabrik [...] Am ausgeprägtesten ist die technisierte Arbeit der ‚Hausherstellung‘ in der Fabrik möglich. Aber auch die Baustelle kann weitgehend darauf abgestimmt werden.“<sup>38</sup>

Während in den 1950er Jahren zunächst vor allem der Einsatz neuer Baustoffe und Bauarten<sup>39</sup> und größerer Baumaschinen<sup>40</sup> zu beobachten war, wurden in den 1960er und 1970er Jahren für die zügige Errichtung großer Bauvo-

37 Hersteller der Stahlfenster des 2. und 3. Bauabschnittes der Siedlung Dessau-Törten beispielsweise war die „Fenestra Crittall A.G.“ (Düsseldorf), welche als „Crittall Windows Ltd.“ in Braintree (Essex/UK) bis heute Fenster herstellt, allerdings nur noch aus ähnlichen Profilen. Bei den wiederhergestellten Stahlfenstern der Schlafzimmer des 3. Bauabschnittes, Kleinring 42, Sietö-1928 in Dessau handelt es sich um eine Rekonstruktion nach bauzeitlichem Vorbild. Schwarting (wie Anm. 32), S. 323 u. 326.

38 Zitat aus dem Vorwort der vermutlich Anfang der 1950er Jahre erschienenen Publikation von Günther Gottwald, Philipp Stein, Kurt Walz, Walter Rehfeldt u. Harry Schmidt (Hg.), Neue Bauweisen. Bildfachbuch Nr. 1, Frankfurt a.M. u. Rödelheim [o. J.], S. 3.

39 Von 1952 bis Ende April 1961 wurden in Deutschland 670 Zulassungsbescheide für Baustoffe und Bauarten erteilt, zunächst vor allem im Bereich „Decken, Balken, Dächer und Bauplatten“ (1952 und 1953 je 35, 1954 weitere 30 Zulassungen), Mitte der 1950er Jahre dann im Bereich der „Betonzusatzmittel“ (1955 allein 40 Zulassungen), gegen Ende der 1950er Jahre dann im Bereich der „Schalungen und Gerüste“ (1958 und 1959 jeweils 31 Zulassungen). Vgl. B. Wedler u. A. Jesumann, Zur Geschichte der Zulassung neuer Baustoffe und Bauarten. Zusammenge stellt zum zehnjährigen Bestehen des Länder-Sachverständigenausschusses für neue Baustoffe und Bauarten 1951–1961, Bonn 1961, Anlage 17c, Verteilung der Zulassungsbescheide auf Sachgebiete und Jahre.

40 Siehe hierzu: Gottwald et al. (wie Anm. 38), S. 111–140.



Abb. 3: Marburger Bausystem, Institutsbau auf den Lahnbergen. Quelle: Busse-  
nius & Reinicke/StandOut.de.

lumen in den Bereichen Hochschul-, Industrie-, Gewerbe- und Wohnungsbau verstärkt standardisierte Bausysteme entwickelt,<sup>41</sup> um die serielle Produktion von Bauteilen zu begünstigen und so Kosten und Zeit bei der Erstellung der Bauten einzusparen: „Vielleicht mag der Vergleich zwischen der Automobil- und der Bauindustrie nicht in allen Punkten zutreffend sein. Fest steht jedoch, daß man beim Wohnungsbau ohne Einschränkung von einem Massenartikel sprechen kann.“<sup>42</sup> Während die Bauteile bei den auf einem zusammenhängenden Bauplatz entstehenden Großprojekten der 1960er Jahre – wie beispielsweise den Hochschulbauten auf den Marburger Lahnbergen (siehe Abb. 3) oder der Ruhruniversität Bochum<sup>43</sup> – noch in extra auf der Baustelle eingerichteten Feldfabriken hergestellt wurden, ermöglichten die

in den folgenden Jahren stark ansteigende Zahl von Fertigteilwerken<sup>44</sup> und die dadurch deutlich verkürzten Transportwege schon bald den Einsatz industriell vorgefertigter Bauteile in einer bislang nicht gekannten Dimension.<sup>45</sup> In den 1970er Jahren war dann auch verstärkt die Entwicklung und Anwendung neuer Schalentechniken zu beobachten, die helfen sollten nicht nur die indus-

- 41 Während im Bereich des Wohnungsbaus in erster Linie die Großtafelbauweise zu beobachten ist, werden im Bereich des Hochschul-, Gewerbe- und Industriebaus vor allem Skelettbauten errichtet; die Verwendung von Platten bleibt auf den Bereich der horizontalen Raumabschlüsse und die Fassaden beschränkt. Siehe Walter Meyer-Bohe, *Vorfertigung. Handbuch des Bauens mit Fertigteilen*, Essen 1964; ders., *Vorfertigung. Atlas der Systeme*, Essen 1967.
- 42 Bruno Lambart, *Möglichkeiten und Grenzen der Vorfertigung*, in: *Bau und Bauindustrie* 10, 1965, S. 534–541.
- 43 Hierzu Silke Langenberg, *Bauten der Boomjahre. Architektonische Konzepte und Planungstheorien der 60er und 70er Jahre*, Diss., Dortmund 2006, S. 117.
- 44 Die Zahl der Fertigteilwerke vervielfachte sich allein zwischen 1961 und 1963 in der Bundesrepublik von 14 auf 500. Der Anteil der Vorfertigung beträgt in Westdeutschland ca. 3%, in Frankreich ca. 50%, in den USA 100%, in Schweden ca. 60% und in den Niederlanden ca. 12 % des nationalen Bauvolumens. Meyer-Bohe (wie Anm. 41), Tabelle S. 174.
- 45 Ebd., S. 13: „Das Bauen mit Fertigteilen ist schon seit etwa 100 Jahren bekannt, z.B. als vorgefertigte Türblätter, Kaminsteine, Klärgruben, Fensterstürze, Treppen, Kellerlichtschächte, Installationsrahmen. Das heutige Bauen mit Fertigteilen bedeutet aber das Zusammensetzen ganzer Bauten oder wesentlicher Teile davon aus vorgefertigten Elementen. Der Maßstab liegt im Grad der Vorfertigung. Dieser Grad schwankt zwischen 20 und 95%. Im Grunde eignen sich alle Objekte der Bauwirtschaft für die Anwendung der Vorfertigung.“

trielle Herstellung von Bauteilen zur anschließenden Montage, sondern die Industrialisierung des Bauprozesses selbst voranzutreiben.<sup>46</sup>

Die auf einer festen Maßordnung aufgebauten, meist nicht nur für einen konkreten, sondern für verschiedene Standorte konzipierten und flexiblen Bausysteme der 1960er und 1970er Jahre erlaubten die Verwendung industriell gefertigter Bauteile nicht nur im Rohbau, sondern auch im Bereich der Fassaden- und Ausbauelemente: „Es ist eine bekannte Tatsache, daß der eigentliche Rohbau [...] nur einen begrenzten Teil der Baukosten verursacht. Der Ausbau des Hauses ist heute ebenso reformbedürftig.“<sup>47</sup> Damit begann sich eine Vielzahl neuer Konstruktionen, aber auch industriell hergestellter Materialien im Bereich der Metalle, Leichtbetone und Kunststoffe im Bauwesen durchzusetzen.<sup>48</sup>

### Probleme des Reparierens

Die unterschiedlichen Versuche zur Rationalisierung des Bauprozesses durch Anwendung industrieller Bauweisen, zunehmende Verwendung seriell vorgefertigter Bauteile und neuer Baustoffe veränderten die Planung, Konstruktion und Errichtung von Bauten entscheidend – und wirken sich damit bis heute auch grundlegend auf ihre Reparaturfähigkeit aus: Im Werk gefertigte Bauteile können in gleichbleibender Qualität mit hoher Präzision hergestellt werden, aufgrund der seriellen Produktion und massenweisen Herstellung wiederholen sich unter Umständen aber auch grundlegende Systemfehler oder Fehlkons-

46 Seit Ende der 1960er Jahre ist beispielsweise verstärkt das „Lift-Slab“- oder Hubdeckenverfahren zu beobachten, mit welchem sich Peltzer bereits 1913 in Chicago theoretisch beschäftigt hat, es aufgrund des unzureichenden Standes der Hebeteknik jedoch nicht umsetzen konnte. 1946 entwickelte Bernard Lafaille ein Hubdeckenverfahren, welches in der Nähe von Paris erprobt wurde. In den USA erkannten Philip Youtz und Tom Slick die Vorteile des Verfahrens und brachten es 1948 gemeinsam als Youtz-Slick-Lift-Slab-Verfahren heraus. In Deutschland entwickelte Franz Vaessen ein Hubdeckenverfahren für Hochtief, welches erstmals 1967 beim Bau der Oberfinanzdirektion in Münster eingesetzt wurde. Vgl. Oskar Büttner, Hubverfahren im Hochbau, Stuttgart 1972. Beschreibung des Hubdeckenverfahrens S. 71–82. Zur Verwendung neuer Schalentechniken siehe Rolf-Dieter Kowalski, Schaltechnik im Betonbau, Düsseldorf 1977; Oskar M. Schmitt, Einführung in die Schaltechnik des Betonbaues: Schalungsmaterial – Schalungssysteme – Schalungskonstruktionen, Düsseldorf 1981.

47 Gottwald et al. (wie Anm. 38), S. 3.

48 Bei den Metallen ist es neben „äußeren Elementen aus verzinktem Blech, Emaille und nichtrostendem Stahl“ vor allem das Aluminium, aus welchem sich „im Strang-Press-Verfahren Profile in allen gewünschten Formen herstellen [lassen]: Fenster, Fassaden, Metallbaukonstruktionen“. Im Bereich des Leichtbetons „sind es vor allem die Baustoffe Ytong, Sipüorex, Durisol, Gasbeton, Leca, Bims etc., die [...] zu wandbildenden Elementen benutzt werden.“ Bei den Kunststoffen wird unterschieden nach „Polyestererzeugnissen, angewendet als Isolierplatten, Isolieranstriche, Bau- und Wellplatten“, „Kunstschäumen zur Isolierung“, „Polyvinylchlorid (PVC), vor allem im Bereich der Fußbodenbeläge von großer Bedeutung“ und „Kunststoffplatten wie Resopal, Hornitex, Getalit, Perstorp, etc. im Fassadenbereich“. Meyer-Bohe (wie Anm. 41), S. 21–24.

truktionen, die auf der Baustelle kaum ausgeglichen werden können; wenig erprobte und sich für die Gesundheit des Menschen als gefährlich oder giftig herausstellende Baustoffe<sup>49</sup> wurden in großen Mengen in den Bestand eingebracht; seriell gefertigte Bauteile versagen meist gleichzeitig und aufgrund ihrer massenhaften Verwendung in großem Maßstab. Die dadurch notwendige systematische Reparatur aller schadhafte Bauteile lässt heute oftmals schon aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen den vollständigen Ersatz sinnvoller erscheinen. Darüber hinaus ist die handwerkliche Reparatur einer im Werk sehr aufwendig hergestellten Konstruktion unter Umständen gar nicht möglich.

Durch die industrielle Herstellung von Bauteilen konnten spätestens seit Mitte des 20. Jahrhunderts sehr aufwendige Konstruktionen hergestellt und auf der Baustelle bis dahin schwierig zu verarbeitende Materialien in großen Mengen verwendet werden. Dadurch wurde nicht nur die Arbeit des Architekten,<sup>50</sup> sondern auch die des Handwerkers auf der Baustelle wesentlich verändert: Wie der Fabrikarbeiter am Fließband musste der Handwerker nicht mehr zwangsläufig alle Techniken und Konstruktionen seines Gewerkes beherrschen, sondern nur noch einzelne Handgriffe<sup>51</sup> – er wurde zum Monteur. Der Einsatz ungelernter Arbeitskräfte konnte damit auf den Baustellen deutlich erhöht werden, der Anteil hochqualifizierter Arbeiter nahm zwangsläufig ab. Damit ging aber nicht nur das fachspezifische Wissen um die Herstellung und Fügung eines Bauteils, sondern auch um seine Reparaturfähigkeit und -möglichkeiten zunehmend verloren.<sup>52</sup>

Industriell hergestellte Verbundbaustoffe<sup>53</sup> und zu größeren Bauteilen fest zusammengesetzte Elemente – vor allem für Fassaden, Ausbau und Haustechnik

- 49 Hier sind vor allem Asbest, aber auch verschiedene giftige Dämpfe ausdünstende Kunststoffe zu nennen.
- 50 Ebd., S. 14: „[Das Fertighaus] bricht in das tägliche Aufgabengebiet des Architekten ein und bedroht seine Existenz.“; hierzu auch Langenberg (wie Anm. 43), S. 135; Manfred Rühl, Das Selbstbildnis des Architekten, Bamberg 1986; Martin Assmann, Architektenleistung und Bauwirtschaft, in: Peter R. Gleichmann u. Peter P. Schweger (Hg.), Aspekte des Strukturwandels der Architektenleistung, Hannover 1974, S. 65–98.
- 51 Gottwald et al. (wie Anm. 38), S. 5: „Das industrialisierte Bauen bedient sich [...] der gleichen Methoden an der Baustelle wie andere Großfertigungen in den Fabriken. Das heisst weitgehendes Ausschalten der Handarbeit, Beschränkung von Spezialarbeitskräften auf ein Minimum und Vermeidung von unnötigen, zeitraubenden Paßarbeiten bei einem Arbeitsfluß, der dem Taktverfahren angeglichen ist.“
- 52 Hartwig Schmidt, Konservieren statt restaurieren, Instandsetzung statt Austausch. Zur Entwicklung des Prinzips „Reparatur“ in der Denkmalpflege, in: ders. (wie Anm. 1), S. 10–17, hier S. 16: „Ebensowenig wie man [...] ‚Bauforscher‘ fand, die ein verformungsgerechtes Aufmaß erstellen konnten, fand man Handwerker, die reparieren konnten. Beides mußte erst wieder erlernt werden. Ein Grund für die Schwierigkeit, das Konzept ‚Reparatur‘ durchzusetzen, war – und ist auch vielfach heute noch – der Handwerksbetrieb mit seiner Ausrichtung auf den Neubau statt Instandsetzung.“
- 53 Hein-Peter Stüwe, Einführung in die Werkstoffkunde, Mannheim 1969, S. 38, Definition Verbundwerkstoff: „Die meisten Werkstoffe sind nicht homogen, sondern bestehen aus mehreren Bestandteilen, die sich chemisch und physikalisch voneinander unterscheiden [...]

nik – haben seit den 1960er Jahren deutlich zugenommen und stellen heute je nach Fügeprinzip bezüglich ihrer Reparaturfähigkeit unter Umständen ein größeres Problem dar: Mit zunehmender Komplexität ihrer Konstruktion nimmt die Reparaturfähigkeit von Bauteilen in der Regel ab – ein schadhaftes Bauteil sollte ohne größeren Aufwand und Materialverlust aus seinem Verbund zu lösen und wenn möglich handwerklich vor Ort zu reparieren, zu ergänzen oder auszutauschen sein.<sup>54</sup> Das Lösen aus dem Verbund ist bei vielen industriell hergestellten Baustoffen und Bauteilen aber gar nicht mehr möglich. Im Gegensatz zu traditionell und handwerklich gefügten Bauteilen lassen sich beispielsweise genietete, vergossene, versiegelte oder ausgeschäumte, miteinander verschweißte und verklebte Verbindungen nicht ohne Materialverlust und Schäden an angrenzenden Bauteilen trennen, wobei selbstverständlich die Größe der zu trennenden Verbundfläche maßgebend ist.<sup>55</sup> Darüber hinaus sind unter Umständen auch Patente oder herstellerspezifische Besonderheiten zu beachten, die im Schadensfall ein pragmatisches Vorgehen, eine einfache Reparatur oder den Austausch eines Bauteils erschweren. Bei neueren Gebäuden und Bauteilen, für die noch Wartungsverträge und Gewährleistungsfristen gelten, sind solche herstellerspezifischen Besonderheiten zunächst keine Schwierigkeit – es stellt sich aber die Frage, wie nach Ablauf der Fristen oder Konkurs eines Unternehmens zu verfahren ist. Bei den großen Baubeständen der 1960er und 1970er Jahre, die unter Zuhilfenahme industrieller Fertigungsmethoden und Produkte nach einer Lebensdauer von rund 50 Jahren nun nahezu gleichzeitig in die Phase ihrer baulichen Erneuerung kommen, stellt sich genau dieses Problem: Die ursprünglichen, meist industriell hergestellten Bauteile und Baustoffe zeigen Abnutzungserscheinungen und Schäden aufgrund von Materialermüdung, Witterungseinflüssen oder mangelhafter Wartung (siehe Abb. 4), die Hersteller sind mittlerweile meist nicht mehr an Wartungsverträge und Gewährleistungsfristen gebunden,<sup>56</sup> sie existieren nicht mehr oder produzieren das entsprechende Bauteil oder den Baustoff in einer anderer Form. Nur in wenigen Fällen sind langfristige Verträge mit großen Unternehmen gemacht worden, die den Unterhalt, die Wartung und

Wo diese Bestandteile innig miteinander verbunden sind, spricht man trotzdem von einem einheitlichen Werkstoff. Wird die Verbindung der Bestandteile von Menschen vorsätzlich herbeigeführt, so spricht man von einem Verbundwerkstoff.“

54 Siehe Schmidt (wie Anm. 52), S. 16.

55 Verklebungen stellen hierbei aufgrund der meist vollflächigen Verbindung von Bauteilen eines der größten Probleme dar. Siehe hierzu auch Gerd Habenicht, *Kleben. Grundlagen, Technologie, Anwendungen*. Berlin u.a.O. 1986.

56 In Deutschland beträgt die Gewährleistungspflicht nach § 437 BGB „Rechte des Käufers bei Mängeln“ und § 438 BGB „Verjährung der Mängelansprüche“ fünf Jahre „bei einem Bauwerk“ oder „bei einer Sache, die entsprechend ihrer üblichen Verwendungsweise für ein Bauwerk verwendet worden ist und dessen Mangelhaftigkeit verursacht hat“ – sofern vertraglich nicht anders vereinbart. Siehe § 437 „Rechte des Käufers bei Mängeln“, § 438 „Verjährung der Mängelansprüche“ in: *Bürgerliches Gesetzbuch Deutschland*. Internet: <http://bundesrecht.juris.de/bgb> [Stand: 15.6.2012].





Abb. 4: Dach des großen Hörsaalgebäudes, Campus Lahnberge der Universität Marburg. Quelle: Bussenius & Reinicke / StandOut.de.

Reparatur von Bauteilen und Objekten sicherstellen, auch heute noch Gültigkeit haben und tatsächlich wahrgenommen werden: Dies war z.B. der Fall bei der Errichtung der Universitätsneubauten auf den Marburger Lahnbergen, wo in den 1960er Jahren scheinbar langfristige Verträge mit dem Hersteller der versetzbaren Fassaden- und Wandelemente abgeschlossen wurden, um die Verfügbarkeit der Bauteile zu gewährleisten und damit die Flexibilität der Bauten sicherzustellen.<sup>57</sup>

Die Reparatur industriell gefertigter Bauteile ist selbst bei den wenigen mittlerweile geschützten Objekten der „Boomjahre“<sup>58</sup> kaum durchzuführen und läuft meist auf einen vollständigen Ersatz durch industriell gefertigte, gestalterisch und technisch veränderte Nachbauten heraus.<sup>59</sup> Der Verlust von Originalsubstanz wird dabei weit weniger thematisiert als bei Bauten früherer Jahrzehnte – den unter der Zielsetzung einer industriellen Massenproduktion entstandenen Bauteilen und Objekten wird in der Regel ein geringerer Wert beigemessen als handwerklich erzeugten: „Die technische Reproduzierbarkeit [...] verändert das Verhältnis der Masse zur Kunst.“<sup>60</sup> Als in großer Menge vorhandene, relativ junge und ‚moderne‘ Güter besitzen diese Bauten und auch

57 Nach Aussage des Architekten Helmut Spieker in einem Interview mit der Verfasserin am 30.3.2010 in Zürich: „Die Firma MAN existiert noch und ich meine, mit denen gibt es einen Vertrag, der heute noch gültig ist. Die Firma müsste im Prinzip in ihrem Werk für Nachschub sorgen können.“ Diese Aussage wurde bislang nicht überprüft und bestätigt.

58 Langenberg (wie Anm. 43), S. 5.

59 Siehe z.B. Jörg Schulze, Veränderungsdruck bei Bauten der 1950er Jahre, in: Werner Durth u. Niels Gutschow, Architektur und Städtebau der fünfziger Jahre. Schriftenreihe des Deutschen Nationalkomitees für Denkmalschutz, Bd. 41, Hannover 1990, S. 170–189.

60 Vgl. Walter Benjamin, Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit (1935), in: ders., Illuminationen, Ausgewählte Schriften I, Frankfurt a.M. 1977, S. 159.



ihre Bauteile noch keinen Seltenheits- oder besonderen „Alterswert“.<sup>61</sup> Für die große Masse der seit Ende des Zweiten Weltkrieges entstandenen Bauten wird das den Austausch industriell gefertigter Bauteile in größerem Umfang bedeuten – ein Prozess, der sich aufgrund der seit Mitte des 20. Jahrhunderts deutlich abnehmenden Dauerhaftigkeit von Bauteilen und Konstruktionen vermutlich noch beschleunigen wird.<sup>62</sup>

### Ersatz statt Reparatur

Wenn ein schadhafte Bauteil nicht reparaturfähig ist, bleibt als Alternative nur sein Ersatz. Bei industriell gefertigten Bauteilen stellt sich dabei – wie zuvor bereits thematisiert – zwangsläufig die Frage, ob ein Ersatzteil noch in gleicher Form verfügbar ist, baugleich neu hergestellt und anstelle des Originals eingesetzt werden kann oder ob das ursprüngliche durch ein anderes, ähnliches und eventuell in irgendeiner Form optimiertes Bauteil ersetzt wird (siehe Abb. 5). Um abzuschätzen, wann noch von der Reparatur einer Konstruktion gesprochen werden kann oder ob eher von ihrem weitgehenden Ersatz



Abb. 5: Fassadennachbau, Amtshaus Parkring in Zürich. Quelle: Ernst Schweizer AG, Metallbau.

- 61 „Der Alterswert eines Denkmals verrät sich auf den ersten Blick durch dessen unmodernes Aussehen. Und zwar beruht dessen unmodernes Aussehen nicht so sehr auf der unmodernen Stilform, denn diese ließe sich ja auch imitieren, und ihre richtige Erkenntnis und Beurteilung wäre fast ausschließlich dem verhältnismäßig engen Kreis gelehrter Kunsthistoriker vorbehalten, während der Alterswert den Anspruch erhebt, auf die großen Massen zu wirken. Der Gegensatz zur Gegenwart, auf dem der Alterswert beruht, verrät sich vielmehr in einer Unvollkommenheit, einem Mangel an Geschlossenheit, einer Tendenz auf Auflösung der Form und Farbe, welche Eigenschaften denjenigen moderner, das heißt neuentstandener Gebilde schlankweg entgegengesetzt sind.“ Alois Riegl, *Der moderne Denkmalkultus, sein Wesen und seine Entstehung*, in: ders., *Gesammelte Aufsätze*, Augsburg 1929, S. 144–193, zit. nach: Uta Hassler u. Winfried Nerdinger (Hg.), *Das Prinzip Rekonstruktion*. Zürich 2010, S. 284.
- 62 Einen Überblick über zahlreiche neue, wenig dauerhaft und kaum reparaturfähig scheinende Baumaterialien gibt Christiane Sauer, *Made of [...] Neue Materialien für Architektur und Design*, Berlin 2010.

ausgegangen werden muss, ist sowohl bei handwerklich gefertigten wie auch bei Konstruktionen aus industriell hergestellten Bauteilen grundsätzlich der Umfang der Maßnahme entscheidend.<sup>63</sup>

Der vollständige Austausch eines Bauteils bedeutet in jedem Fall den Verlust des Originals in seinem ursprünglichen Zustand. Im Gegensatz zu handwerklich und nicht seriell hergestellten Bauteilen ermöglicht die industrielle Serienproduktion allerdings grundsätzlich auch die Herstellung von Überschuss – eine über den eigentlichen Bedarf hinausgehende Produktion von Bauteilen, die gelagert und im Schadensfall anstelle des ursprünglichen Bauteils eingesetzt werden.<sup>64</sup> Im Gegensatz zum Nachbau bieten sie den Vorteil, dem Original substantiell, konstruktiv und sogar bezüglich des Alters 100-prozentig zu entsprechen<sup>65</sup> – was im Fall eventueller Fehler bei Material oder Konstruktion allerdings auch ein Problem darstellen kann.

Bezüglich der Reparaturfähigkeit von Gebäuden und Anlagen aus industriell gefertigten Bauteilen wie auch der einzelnen Bauteile selbst ist neben der Verfügbarkeit von Ersatzteilen vor allem ihre Konstruktion oder Fügung von Bedeutung, da diese eine Reparatur oder auch den Ersatz ohne größeren Materialverlust grundsätzlich erlauben muss. Bei den frühen weitestgehend in Stahl konstruierten Ingenieurbauten,<sup>66</sup> aber auch den seit Mitte des 20. Jahrhunderts verstärkt nach einem Baukastenprinzip errichteten Systembauten sind einzelne Teile oder sogar Einheiten oftmals ohne größeren Aufwand aus ihrem Verbund zu lösen und können damit vergleichsweise einfach ausgewechselt werden;<sup>67</sup> auch die Trennung von Rohbau und Ausbau, tragender Konstruktion und raumtrennendem Element kommt der Demontage von Bauteilen eher entgegen. Mit der stetig zunehmenden Komplexität der Konstruktionen – aufgrund des Wunsches nach einer Optimierung von Herstellungs- und Unterhaltskosten, nach vollkommener Dichtigkeit und Sicherheit der Bauten, vor allem aber infolge der Zunahme energie- und bautechnischer Forderungen und Vorschriften – hat die Reparaturfähigkeit von industriell gefertigten Bauteilen wie auch die Möglichkeit sie aus ihrem Verbund zu lösen, mittlerweile aber

63 Schmidt (wie Anm. 1), S. 7.

64 Dieses Vorgehen ist in anderen Bereichen wie z.B. im Maschinen- und Fahrzeugbau bei Verschleißteilen durchaus üblich.

65 Ein Problem kann bei Bauteilen hier allerdings die aufgrund der Lagerung unterschiedliche Alterung des Ersatzteils sein, welches dem durch Nutzung oder Witterung mittlerweile veränderten Original unter Umständen nicht mehr entspricht, beispielsweise bezüglich der Farbigkeit oder Oberflächenbeschaffenheit.

66 In diesem Zusammenhang vor allem reine Stahlbauten wie Brücken, Hallen und Fabrikanlagen.

67 In Japan wird sogar „mehr und mehr versucht, den Mehrwert der modularen Bauweise gerade über den Lebenszyklus von Gebäuden zu nutzen. So werden nach einigen Jahren beispielsweise automatische Updatepakete und Rearrangement Services angeboten.“ Thomas Boch u. Thomas Linner, Mass Customization im Bauwesen, in: Informationen Bau-Rationalisierung 40, 2011, Nr. 4, S. 12–19, hier S. 19.

dennoch deutlich abgenommen. Das Konzept ‚Ersatz‘ scheint nicht nur im Bauwesen das der Reparatur zunehmend zu verdrängen.

Die im Zuge fortschreitender Industrialisierung des Bauwesens veränderten Techniken und Materialien haben sich entscheidend auf die Praxis des Reparierens ausgewirkt: Komplexe Konstruktionen, schwer trennbare Verbindungen, seriell gefertigte Bauteile, problematische Baustoffe und Industrieprodukte verlangen heute nicht nur nach veränderten Konzepten der Reparatur,<sup>68</sup> sondern oftmals nach einem vollständigen Ausbau und Ersatz. Dabei sind neben dem tatsächlich schadhaften häufig auch angrenzende oder baugleiche Teile einer Serie betroffen. Die Unmöglichkeit der Reparatur im Kleinen wird sich damit vermutlich auch nachhaltig auf den Fortbestand des Ganzen auswirken. Der Ersatz ist als grundsätzliches Konzept wenig nachhaltig und kaum erstrebenswert. Die Möglichkeiten des Reparierens sind durch die industrielle Herstellung von Bauten und Bauteilen nicht ausgeschlossen – die Reparaturfähigkeit muss aber wieder ein entscheidender Aspekt der Materialwahl und vor allem des Konstruktionsprozesses werden.

Anschrift der Verfasserin: Dr.-Ing. Silke Langenberg, Lehrstuhl für Architektur und Digitale Fabrikation, Professur Fabio Gramazio und Matthias Kohler, Institut für Technologie in der Architektur, ETH Zürich, HIL F 57.2, Wolfgang-Pauli-Strasse 15, 8093 Zürich, Schweiz. Email: [langenberg@arch.ethz.ch](mailto:langenberg@arch.ethz.ch)

---

68 Zwischen 1985 und 1988 sind in Japan beispielsweise fünf verschiedene Fassadeninspektionsroboter entwickelt worden, die auch Reparaturarbeiten ausführen können. Eingesetzt werden sie beispielsweise zum Abklopfen von gefliesten Fassaden, bei denen lose Teile nicht nur erkannt, sondern auch repariert oder ausgewechselt werden können. Darüber hinaus gibt es auch Fassadenanstrichroboter, die eine kontinuierliche Wartung sicherstellen. Siehe hierzu Thomas Boch u. Thomas Linner, Von der automatisierten Vorfertigung zum Robotereinsatz auf der Baustelle, in: *Informationen Bau-Rationalisierung* 40, 2011, Nr. 5/6, S. 16–18

---

## Hinweise für Autor/inn/en

TECHNIKGESCHICHTE publiziert nur Beiträge in deutscher Sprache und nur Erstveröffentlichungen. Beiträge werden in elektronischer Form (vorzugsweise als Word-Dokument) an die Anschrift der Redaktion (siehe Impressum) erbeten. Beigefügte Bilder oder Unterlagen müssen einen Herkunfts- und Erlaubnisvermerk für die Wiedergabe haben. Das gesamte Material soll einen Umfang von 30 Manuskriptseiten (zu durchschnittl. 3.400 Zeichen) nicht überschreiten. Die Verfasser/innen von Beiträgen erhalten ein Heft der Zeitschrift sowie 25 Sonderdrucke ihres Beitrags; die Verfasser/innen von Besprechungen erhalten einen Fortdruck ihrer Rezension. Redaktion und Verlag haften nicht für unverlangt eingereichte Manuskripte, Daten und Illustrationen.