

# ドイツの建設産業における 構造変化とテクノロジー利用

Thomas Bock・Thomas Linner

第二次世界大戦後、ドイツの産業発展の推進力となってきたのは、競争の激化と競合の国際化である。そうした厳しいプレッシャーの下、ドイツは生産性を高め、革新性の高い、高品質の製品を生み出してきた。企業が利益を再投資することで、ドイツは高い技術力を誇り、高賃金は広く国民に一般的なこととなった。この高い技術力と賃金が、現在ドイツが社会的、経済的に繁栄している理由である。しかしドイツがこの繁栄を維持し、高めていくためには、産業界がこれまでの伝統を受け継ぎ、さらにテクノロジーを進歩させていく必要がある。それは将来の高い生産性、革新性、高品質は、これまで以上に技術力に左右されることになるからである。数年にわたる景気後退を経て、現在のドイツではほとんどの産業がグローバルリゼーション、CO<sub>2</sub>排出、リソース不足の問題を抱えつつ、技術革新への道を進んでいる。しかし建設産業の状況は今までないほどに悪化している。過去10年間の構造変化と相対的重要性の継続的な低下、そして建築家、企業、労働者の柔軟性の欠如が相まって、高い失業率、スキルの低下、生産性の低下、テクノロジー浸透の減少につながっている。

キーワード：建設産業、構造変化、労働条件、テクノロジー、建設における自動化

## 1. GDP に占める各産業の割合

ドイツの経済状況は、この1年で著しく悪化した。世界的な金融危機と不動産危機の影響により、実質GDPは停滞し、経済的なリスクが大きく増大している。産業別の国内総生産(GDP)と粗付加価値(GVA)は、経済全体に占める建設産業の割合が徐々に小さくなっていることを示している。一方で、健康、情報通信、土木工学、サービス産業一般は、経済全体における相対的な重要性を増している。そのため建設産業は、経済、エコロジー、そして社会においてその重要性を高めているテクノロジー分野に、より適応し、これとの関係を深めていくべきである。

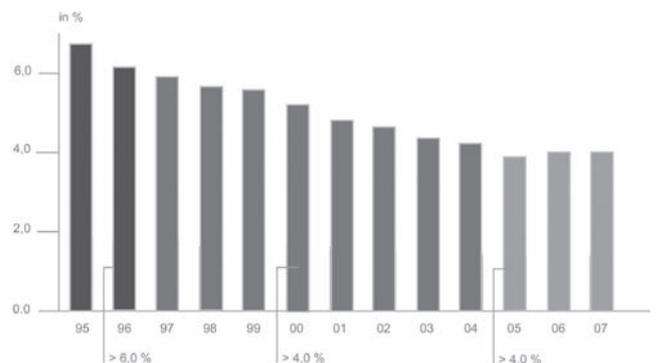
### (1) GDP に占める建設産業の割合

1995年には、建築産業がGDPに占める割合は大きく、7.1%であった。2000年から2003年は5%程度で、ここ数年は4%程度で落ち着いている。この期間に、建設産業の労働者数は141万2,000人から71万4,000人に減少している。またこの同じ時期に、賃金の安い外国人労働者の数は増えている。

### (2) GDP に占める各産業の割合

2007年のドイツのGDPは、2兆8,968億7600万米

ドルであった。これに占める農業の割合が1%、建設が4%、製造業が26%、サービス産業が69%であった。サービス産業の内訳は、取引、ホテル、レストラン、輸送(17.6%)、金融、賃貸およびコンサルティング業務(29.23%)、公共および民間部門によるサービス(21.85%)となっている。GDP全体に占める健康部門の割合はすでに11%(2,300億米ドル)に達しており、人口統計学的な変化を考えると、今後も増加するものと予想される。健康部門に続くのが自動車(9.7%)、機械工学(8~9%)、情報通信(7%)である。健康部門と情報通信部門はどちらも、将来さらに成長する大きな可能性を秘めている。



図一 1995年から2007年のGDPに占める建設産業の割合の変化(%)

## 2. ドイツ建設産業の他のヨーロッパ諸国との違い

通貨ユーロの導入以来、ドイツでは多くの産業とプロセスがヨーロッパと同化してきている。しかし建設産業に関しては、他のヨーロッパ諸国とは構造的に大きな違いがあり、いまだに国内の状況と需要に大きく依存している。

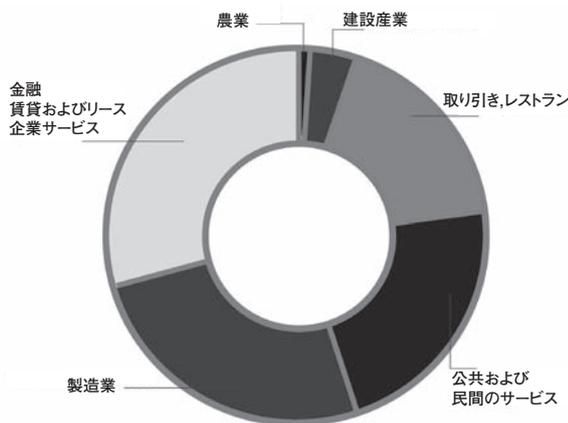


図-2 GDPに占める産業別の割合

### (1) 建設支出

ドイツの建設支出は、世界第4位となっている。1位は米国で1兆米ドルを超えており、次いで日本、中国、ドイツとなっている。ヨーロッパではドイツがトップ（約3,000億米ドル）で、フランス、イタリア、イギリス、スペインが続いている。

### (2) ドイツ建設産業の現状

ドイツの建設産業は、厳しい景気後退から2004年から2006年の間に回復し、勢いを取り戻した。しかし2007年から2008年に徐々にスローダウンし、投資家は多くのプロジェクトを中止、または延期した。いくつかの企業、技術者、建築事務所は、その規模を縮小し始めている。

現在の金融および経済危機により、建設産業はさらに問題が悪化するものと予想される。ドイツの消費者は保守的で、経済的に厳しい時代には貯蓄を増やす傾向がある。特に住宅市場は、2009年に大幅に縮小するものと予想される。金融業、自動車産業と同様に建設産業も、ドイツ政府および地方政府に資金援助を頼らざるを得なくなるだろう。

### (3) ヨーロッパの労働コスト

ヨーロッパの労働コストは3段階に分類できる。ポルトガル（84）（単位はユーロ/人時、以下同様）、

スペイン（14.2）、イタリア（17.6）など、南部諸国はかなり労働コストが低い。一方、ルクセンブルク（19.91）、ドイツ（21.1）、フィンランド（24.9）、イギリス（25.04）、オーストリア（25.7）、フランス（25.9）などの労働コストは、ヨーロッパ平均（22.3）に近い。オランダ、スウェーデン、デンマークの労働コストは27ユーロ/人時を超えている。ひとつ顕著なのは、ヨーロッパの平均以下の国は、すべてオフサイト・ファブ리케이션があまり行われておらず、平均以上の国では、これが広く行われている（フィンランド、オーストリア、スウェーデン、デンマーク）ということである。

### (4) ドイツにおける一人当たりの平均居住面積

一人当たりの平均居住面積、 $m^2$ /人の安定した増加は、政治的およびエコロジーの面での問題でもある。グリーン技術、断熱技術、効率化による省エネルギーは、一人当たり利用可能な面積の増加によって、その一部が相殺されている。1990年から2008年に、この平均面積は旧西ドイツで $6.4 m^2$ 増加して $42.8 m^2$ 、旧東ドイツで $11.8 m^2$ 増加して $40 m^2$ となっている。これは年間で、旧西ドイツで $0.35 m^2$ 、旧東ドイツでは $0.65 m^2$ 、増加していることを意味する。

### (5) 一人当たりの平均居住面積、ドイツと外国の比較

ドイツ全体での一人当たりの平均居住面積は、 $41.2 m^2$ である。これは東京で利用可能な面積（ $25 m^2$ ）のほぼ2倍である。ヨーロッパでは、アイルランド（ $35 m^2$ ）、フィンランド（ $36.3 m^2$ ）、フランス（ $37.5 m^2$ ）、オーストリア（ $38 m^2$ ）が最も狭い国々である。一人当たりの居住面積で最も贅沢な国はアメリカで、平均 $68 m^2$ である。より高効率を求める政治的な目標に関して、ドイツとその他のヨーロッパ諸国は住居面積の利用を再考する段階に来ている。

### (6) プレハブ

ヨーロッパでは、プレハブは北欧諸国（プレハブ住宅が $> 50\%$ ）とオーストリア（プレハブ住宅が $33\%$ ）に広まっている。イギリス、ドイツといった国々では、プレハブは住宅部門の約 $14\%$ を占め、ポルトガル、スペイン、フランスといった国ではほんのわずか（ $5\%$ ）である。ドイツでは、プレハブの割合は地域によって異なる。北部では $5\sim 10\%$ で、南部では $25\%$ に達している地域もある。2000年以降、ドイツでのプレハブの割合は平均 $14\%$ 程度に落ち着いている。年間で

約2万戸の建設のうち、1万2,888戸が多少の差はあれ工業化されたプレハブの木造建築、5,900戸が大工によるプレハブの木造建築、そして1,300戸がレンガのパネル壁、コンクリートパネルなどによるプレハブ建築である。昨年は、国内のプレハブ市場だけでなく、フランス、スイス、ベルギー、イギリスといった国へのプレハブ建築の輸出が大きな伸びを見せた。今後数年は、建設全体に占めるプレハブの割合が増加するものと予想される。

### 3. ドイツの建設産業の構造

ドイツの建設産業は、主に4つの部門に分類することができる。それは公共建設部門(31%)、住宅部門(31%)、民間の産業/経済部門(25%)、そして民間の地下工事(13%)である。現在、主要部門である公共建設、住宅、民間はよいバランスが取れている。公共と民間の部門は共に成長の傾向にあるが、住宅部門は減少が続いている。

#### (1) ドイツの建設産業

最近、公共建設部門は、ドイツの建設産業にとってより一層その重要性を増している。政府が管理する公共建設部門とその当局は、特に中小企業を支援しており、ドイツ建設産業の強力な推進力となっている。公共の道路および輸送関係の建設(44%)が公共建設部門で最大の割合を占めており、続いて公共の地下工事(35%)、公共のビル建設(21%)となっている。同様に、民間部門の建設も着実に増加している。この部門の主要な内訳は、オフィス・ビル(15%)、基礎構造(15%)、貿易とロジスティクスの建物(28%)である。現在、減少を続けている住宅部門が全体に占める割合は、31%である。その内訳では、最大がデタッチト・ハウス(土地つき1戸建て)(66%)で、次いで共同住宅(22%)、セミデタッチト・ハウス(2軒の家が壁の一方向を共有する形式)(11%)である。

#### (2) 民間部門への投資の意図

2006年から2020年に、ドイツ政府と地方政府がインフラ、学校、病院、その他の維持と改善のために投資する金額は、約7,040億と試算される。その内訳は道路(23%)、学校(10%)で、政府が最も投資しようとしているのは下水部門である。公共輸送部門(5%)、病院(4%)へ予定されている投資はかなり少ない。「グリーン・バリュー」を創出し、CO<sub>2</sub>排出量を削減し、よりよい医療システムを提供することにつ

いての最近の討論では、投資戦略を見直すべきとの声が上がっている。さらに公共部門への投資は、短期的に大手企業を支援するものであることが多い。こうした投資は、必要とされている長期的な変化や、新しいテクノロジーの統合を意図したものではない。

### 4. 住宅部門

1999年まで、住宅部門は最も重要な部門のひとつだった。しかし、その後は継続的な減少が見られる。これには1997年頃からの2つの構造的な変化も関係している。新築よりもリフォームのほうが重要になったこと、そして建築の売上高でデタッチト・ハウス(土地つき1戸建て)が共同住宅を上回ったことである。

#### (1) 新築からリフォームへ

ドイツでは、都市部、農村部に関わらず、建築物の耐久性が比較的高いことが一般的である。さらにドイツは、ほかの多くのヨーロッパ諸国と同様、物を大切に末永く使用する文化がある。都市部の建設計画、建築、その形態、ファサード(建物の装飾的な正面)に関する法令は、妥当な形で環境が守るよう定められている。米国や日本に比べると、技術的・経済的な寿命はかなり長い。1997年にドイツの建設産業は興味深い転換点を迎えた。修理やリフォームの売上高が、新築による売上高を上回ったのである。(新築:500億、リフォーム:850億)、この傾向が今後も続くことは確実に考えられている。

#### (2) 共同住宅からデタッチト・ハウスへ

1997年まで、新築の共同住宅の建設申請の数は、つねに新築のデタッチト・ハウスの申請数を上回っていた。1994年には、申請数は共同住宅が40万で、デタッチト・ハウスが23万であった。しかし1994年以降は、新築の共同住宅の建設申請数は急減し、1997年からは新築のデタッチト・ハウスの申請数がつねに多くなっている。

#### (3) 光熱・維持費

旧西ドイツ地域の1m<sup>2</sup>、1カ月当たりの光熱・維持費は、平均3.44€である。その半分はエネルギー消費(暖房、温水、電気)である。最も金額の割合が多いのは局所暖房(0.84€)で、次が電気(0.6€)、下水道が(0.4€)である。ここ数年は、ガスと石油の値上がりにより、光熱・維持費は徐々に増加している。そのため光熱・維持費は、基本的な家賃に対して相対

的な重要性が高まっているため、「第2の家賃」と呼ばれるようになってきている。基本的な家賃は農村部では3～4€, 主要な都市部では8～14€となっている。

## 5. 労働者と労働者の労働条件

労働者の最低労働条件は、各国で定められている。ドイツでは、労働条件だけでなく、労働者の賃金と社会保障システムも、一般に高いレベルになるよう考慮されている。しかしドイツの建設産業とその労働者および従業員は、苦難の時期に直面している。2009年には、世界的な景気後退により、状況はさらに悪化している。

### (1) 労働者数の減少

1970年から1990年にかけて、ドイツは戦後初めて、建設、および建設業界の労働者数の継続的な減少を経験した。



図—3 建設業界の労働者数の変化, 1970～2007年

減少傾向は1990年から1995年の間にストップしたが、これはドイツ再統一によるものである。旧東ドイツのインフラおよび公共の建物、オフィス・ビルなどの状態が悪かったことで、一時的な建設ブームがおきたからである。しかしこの「黄金の時代」が過ぎると、1995年から2007年には建設産業はより急激に悪化し、ドイツの建設産業に携わる労働者数は半減した。2008年初頭からの情勢悪化と、さらなる世界的な経済危機により、今後もこの傾向が続くものと思われる。

### (2) 外国人労働者の高い割合

ドイツでは、他の多くのヨーロッパ諸国と同様、外国人労働者が重要な役割を果たしている。彼らは主に、近隣の経済力が弱い国々から来ており、そのため安い賃金で雇用することができる。ドイツでは、建設産業自体の労働者数、そして外国人労働者数共に減少して

いるが、ドイツ人労働者に対する外国人労働者の割合は増加している。これは多かれ少なかれ、ヨーロッパ内で国境を超えた移動が容易になってきているためである。不法雇用の割合が高いため、正確な統計はない。しかし専門家は、外国人労働者の割合は地域によっては50%に達すると推測している。

### (3) 需要の急激な変化と失業率

ここ数年の国民全体の労働人口に基づくドイツの平均失業率は、約7%である。しかし建設産業の失業率は、ドイツの平均を大きく上回っている。建設産業の失業率は、数年間に渡る整理統合により2007年には23%まで減少したが、2003年と2004年には、35%にも達していた。これは建設産業への需要が、売上高の面でも作業量の面でも急激に変化することが、理由のひとつだと考えられる。

### (4) 50歳を超える労働者の失業

ドイツの建設産業は、機械やオフサイトでの組み立てや技術よりも、人間の作業に頼ることが多いため、現在の建設現場での労働は今までになくきつい仕事になっている。そのため退職年齢は65歳でありながら、50歳を超える労働者の数は少なく、60歳を超える労働者はほとんど皆無である。そのため50歳を超えると、多くの建設労働者は失業する。ドイツでは、失業者への支援システムが比較的整っているが、この建設労働者の失業は、公共の医療および社会保障システムにとって多大な負担となっている。

### (5) スキルの低下

現在のドイツの建設産業では、スキルの高い労働者を見つけることは難しくなっている。建設産業界では数十年にわたって先が見えない時代が続いているため、企業は労働者を長期間雇用し、サポートすることを回避してきた。労働者のほとんどは一時的な雇用か、プロジェクト単位での雇用である。そのため昔からのスキルが次世代に伝達されておらず、現在の労働者には、基本的なスキルさえ持たない者も多い。

## 6. テクノロジーの浸透

ドイツの建設産業は、これまで述べてきたようないくつかわりの変化や問題に直面している。世界的な金融および経済危機の影響により、変化のスピードは増し、問題はさらに深刻化している。自動車産業同様、建設産業でもドイツ政府および地方政府からの多大な資金

援助が期待されている。

しかしながら、産業部門ごとに支援をするのではなく、ドイツ全体の失業を食い止めるような投資戦略を考慮する必要もある。問題は、深いところに潜んでいる。ドイツでは、技術レベルの高さによって、社会的、経済的な繁栄がもたらされている。テクノロジーを浸透させるという戦略は、機械エンジニアリング、バイオテクノロジー、化学、または医薬品などのドイツ産業では、今だに有効である。しかし建設産業では、この戦略は結果的に失敗に終わっている。

自動車産業に約束されている支援と同様に、建設産業に対する支援もその用途・目的に対して条件を定めるべきである。徐々に「ドイツ製」のハイテク・ソリューションを開発し、これを実施することにより、建設産業の変化を支え、問題を解決するための計画を立てるべきである。これは、ドイツの産業全体を支援することになるだけでなく、最近の世界的な危機を利用して、ドイツのスキルと伝統に基づいた強力な再構築を行うチャンスを建設産業に与えることになるだろう。

### (1) 市場で通用するテクノロジーと戦略

最新工場を備えた産業は、技術移転が可能な、様々な産業技術、知能機械、ロボット応用技術を提供している。さらに建設産業は幾つかの分野において、最新の、しかしまだインターコネクト（相互に連結）されていないテクノロジーをすでに開発している。最近の技術及び機械製品も、結果的には、増強または交換が容易にできるモジュラー型アーキテクチャ及び新技術または新機能に依存している。生産戦略分野での発展は、これらの漸進的な開発をサポートする事が可能である。「マス・カスタマイゼーション」と「一個流し(One-Piece-Flow)」は正に、個別の製品を提供することを求められる建設産業のニーズを満たしている。

### (2) 制御テクノロジー

今日の自動化技術とロボット応用は、「制御テクノロジー」としてさまざまな段階で役立っている、次のような一連のコンピュータ支援プロセスの恩恵を受けている。

開発／プランニング：CAD（コンピュータ支援設計）、CAE（コンピュータ支援エンジニアリング）  
 生産：CAM（コンピュータ支援製造）  
 CIM（コンピュータ統合生産）  
 ロジスティクス：CARM（コンピュータ支援リソース管理）、コンピュータ支援生産スケジューリング  
 CALS（コンピュータによる物流支援）

販売：SFA（営業支援システム）

ECR（効率的消費者対応）

製品寿命：SSR（サービスサイエンスとロボット工学）

AAL（高齢化社会における生活補助環境）

### (3) 自動化テクノロジー

独立型の製品として、非常にさまざまな生産関係の技術、建設関係の技術がすでに存在している。これについて、以下に簡単に説明する。

#### 建設資材の生産

この分野でも他の多くの産業と同様、かなりの自動化が進んでいる。それは産業ネットワークに依存する他の多くの産業が同じまたは同様の製品に対して大きな需要を持っているからである。現在、建設産業の推進力となっているのは、ほとんどの革新が生まれている資材部門である。

#### プレハブにおける自動化とロボット工学

木材によるプレハブのカスタマイゼーションは、制御テクノロジーの統合によりますますサポートされている。あらゆる長さ、形態、表面が自動で生産可能で、どんな接合部も自動的に設計・生産が可能である。鉄骨構造でも、規格化、事前切断と処理の技術、最新はんだ技術、新しい接合部の設計により、ますます現実的な、産業化カスタマイゼーションが可能となっている。

#### モバイル自動生産ユニット

建設産業では、モバイル自動生産ユニットが、さまざまな種類のオンサイト・プレハブに使用されている。この生産ユニットは、小規模で輸送可能なモジュール化されている工場で、これを建設サイトの隣に設置して、ここで生産したコンポーネントを使用することができる。

#### モジュールによるサイトでの自動化とロボット利用

この20年間で、さまざまな種類の技術、たとえば自動の建設支援ソリューションおよびロボット、輸送可能なはんだロボット、ファサード要素を仕上げる、または維持するためのロボットなどが開発されている。しかしこれらのほとんどは、統合されておらず、または共通の設計プラットフォームまたは建設IT ERP プラットフォームに基づいておらず、独立して開発されたものである。

#### 自動建設システム

このシステムは、ジャスト・イン・タイムの情報、資材、およびコンポーネントのフローに基づき、垂直に移動する自動化工場のように機能する。この基本的な原則は、作業スペースと垂直なデリバリシステムを

囲む構造である。梁、柱、インテリアの仕上げ、ファサードの要素は、統合された自動情報技術により正しい場所に設置され、組み立てられる。複雑で高度に自動化されたトンネル建設システムと同様、これらも数回使用できるよう設計されている。垂直および水平に移動する「建設工場」がモジュール化されているので、ダメージを受けたり、もしくは時代遅れになったアプリケーションは、時間の経過に従って交換または調整することが可能である。

#### オンサイトのカスタマイゼーション

共通のプラットフォーム、制御技術、および最新の組織構造にサポートされている自動建設システムは、JIT から JIS に移行することによって、より高度なカスタマイゼーションを提供できるよう、開発することが可能である。木造および鉄骨のプレハブで使用されている CNC 技術は、個々の高度なカスタマイゼーション製品（オンサイト・カスタマイゼーション）を提供する、垂直工場とそのサブシステム全体を制御するために使用することも可能である。

#### インテリジェント・コンポーネント

インテリジェント・コンポーネントとサービスサイエンスの応用は、経済的に重要な製品寿命の役に立っている。例としては、高齢化社会における生活補助環境、最新のコンピュータ支援による施設管理、関連するロボット工学応用、および統合適応型エネルギーソリューションの技術がある。

## 7. テクノロジー利用戦略

さまざまな独立型のソリューションとしてすでに存在している制御テクノロジーおよび自動化テクノロジーを、建設のあらゆる段階を支援するよう連結し、利用すべきである。建設産業は伝統的に変化が緩やかであるが、テクノロジー利用戦略は段階的に進めていくべきである。

**ステップ 1 (1～2年):** 既存のプロセス、建設機械、建設機器を系統的にアップグレードしながら、基本的な「プラットフォーム」として、モジュール化、ロジスティクスと、IT に基づく企業リソースプランニング (ERP) ソリューションを徐々に導入する。

**ステップ 2 (5年):** ステップ 1 と相互作用するよう開発された、完全に新しい最初のシステムの利用準備が整い、一方でプレハブの自動化とロボット工学が、共存する規格として開発可能となって出現する。しか

し規模は小さく、複雑度も低い。

**ステップ 3 (10～15年):** 産業化プロセスとロボット工学応用が、徐々にプランニングと建設のすべての活動と同期するようになり、モバイル自動生産ユニットとモジュールのサイト自動化とサイトのロボット利用が徐々に導入されている。規模は中程度で、複雑度も中程度である。

**ステップ 4 (20年):** 産業化プロセスとロボット工学応用が、プランニングと建設のすべての活動に統合され、「建設」に対する私たちのイメージが変容する。自動建設が業界標準となり、ほかの建設の種類と組み合わせることも可能となる。すべてのテクノロジーは、互換性があり、また IT 企業リソースプランニング (ERP) ソリューションとプラットフォームに基づくモジュラー型アーキテクチャに基づいている。建設業界は原料の流れ、エネルギー、コストを完全にコントロールしている。規模は大きく、複雑度も高い。

ドイツの建設産業に提案されているテクノロジー利用は、困難でコストも時間もかかるものではあるが、ドイツ経済の文化と、ドイツのその他の産業のハイテクに基づく構造を考えてみてほしい。政治家、建築家、設計者、企業、および建設産業に関係するその他すべての人々は、自分たちが実際に持っている（ハイテクの）可能性を理解しなければならない。目標は、景気後退を相殺するだけの発展を実現し、長期的な戦略を立てることである。これを推進するプレッシャーも経済的な支援もあるが、必要なのは、他の産業に対する相互依存性を考慮し、将来の道筋をつける長期的な戦略を策定することである。

#### 参考文献の出所:

DeStatis (ドイツ連邦統計局), ヴィースバーデン

JICMA

#### 【筆者紹介】

Thomas Bock  
Prof. Dr.-Ing./Univ. Tokyo  
Chair for Building Realization and Informatics  
Faculty of Architecture  
Technical University Munich

Thomas Linner  
Dipl.-Ing.  
Chair for Building Realization and Informatics  
Faculty of Architecture  
Technical University Munich