

Studiengangsdokumentation

Masterstudiengang Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen

Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt
Fakultät für Architektur
Technische Universität München

Bezeichnung:	Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen / Resource Efficient and Sustainable Building
Organisatorische Zuordnung:	Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt
Abschluss:	Master of Science (M.Sc.)
Regelstudienzeit (Credits, SWS):	4 Semester (120 Credits)
Studienform:	Fakultätsübergreifender ingenieurwissenschaftlicher Master in Vollzeit und Präsenzstudium
Zulassung:	Eignungsverfahren
Starttermin:	WS 2018/19
Sprache:	Deutsch und Englisch
Studiengangsverantwortliche/-r:	Prof. Dr.-Ing. Werner Lang
Ansprechperson(en) bei Rückfragen:	Prof. Dr.-Ing. Werner Lang Dipl.-Ing. Katja Schwering 089.289.23989, master.rnb@lrz.tum.de http://www.enpb.bgu.tum.de/de/master-enb/

Nach Art. 3 Abs. 2 des Grundgesetzes sind Frauen und Männer gleichberechtigt. Alle maskulinen Personen- und Funktionsbezeichnungen in dieser Studiengangsdokumentation gelten daher für Frauen und Männer in gleicher Weise.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
1. Studiengangziele	4
1.1. Zweck des Studiengangs.....	4
1.2. Strategische Bedeutung des Studiengangs	6
2. Qualifikationsprofil.....	9
3. Zielgruppen.....	10
3.1. Adressatenkreis.....	10
3.2. Vorkenntnisse Studienbewerber	10
3.3. Zielzahlen	10
4. Bedarfsanalyse.....	11
4.1. Nachfrage der Absolventen auf dem Arbeitsmarkt.....	11
5. Wettbewerbsanalyse	13
5.1. Externe Wettbewerbsanalyse	13
5.2. Interne Wettbewerbsanalyse	17
6. Aufbau und Inhalte des Studiengangs.....	18
6.1. Studierbarkeit.....	21
6.2. Mobilität.....	21
7. Organisatorische Anbindungen und Zuständigkeiten.....	21
8. Ressourcen – Personal, Finanz- und Sachausstattung.....	22
8.1. Personelle Ressourcen.....	22
8.2. Sachausstattung / Räume.....	22
9. Anhang der Studiengangsdokumentation.....	23
9.1. FPSO.....	23
9.2. Modulhandbuch.....	23
9.3. Personalressorcentabelle.	23

1 Studiengangziele

1.1 Zweck des Studiengangs M.Sc. Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen (RNB)

Wofür gibt es den Studiengang bzw. was soll mit dem Studiengang erreicht werden?

Vorbemerkung

Die Lösung der globalen Herausforderungen wie Klimaveränderung, Umweltzerstörung, Rivalität um Ressourcen, Demographischer Wandel und Urbanisierung sowie die sich hieraus ergebenden Aufgaben für unsere Gesellschaft gehören zu den zentralen Fragen unserer Zeit. Hierbei spielt das Bauwesen zur Reduktion des CO₂ Ausstoßes, zur Anpassung unserer Städte, Quartiere und Gebäude an den Klimawandel, Verringerung des Ressourceneinsatzes (z.B. Boden, Material und Wasser) und zur Anpassung der gebauten Umwelt an die sich rasch verändernden wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Verhältnisse eine entscheidende Rolle.

So werden beispielsweise derzeit rund 40 % der eingesetzten Endenergie in Bayern für den Gebäudebereich aufgewendet¹. Weltweit sind rund 60 % des Strombedarfs² und rund 1/3 der CO₂ Emissionen³ auf den Gebäudesektor zurückzuführen. Zudem ist das Bauwesen weltweit für ca. 12 % des Wasserverbrauchs und ca. 40 % des weltweiten Abfallaufkommens verantwortlich.⁴ Deutschlandweit werden derzeit jährlich rund 450 Mio. Tonnen (ca. 5,6 t / Person) an mineralischen Rohstoffen wie Kies und Sand etc. und mehr als 15,5 Mio. Tonnen (194 kg / Person) an Metall wie z.B. Stahl, Aluminium und Kupfer für den Erhalt und den Neubau von Gebäuden eingesetzt.⁵

Darüber hinaus werden täglich in Deutschland rund 66 Hektar als Siedlungs- und Verkehrsflächen neu ausgewiesen⁶, die damit für andere Aufgaben wie Nahrungsproduktion, Bereitstellung von ökologischen Ausgleichsflächen, Erholungsraum oder Wasserspeicherung nicht mehr zur Verfügung stehen. In Anbetracht der derzeitigen Größe des ökologischen Fußab-

¹ Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr
<http://www.stmi.bayern.de/buw/bauthemen/gebäudeendenergie/index.php> (zuletzt aufgerufen am 20.9.2017)

² World Energy Outlook 2009. International Energy Agency, Paris.

³ Building Research & Information, Volume 35, Issue 4, 2007. Special Issue: Climate Change: National Building Stocks, mitigating CO₂ emissions from energy use in the world's buildings. Diana Ürge-Vorsatz, L. D. Danny Harvey, Sevastianos Mirasgedis & Mark D. Levine, Seiten 379-398. Veröffentlicht online: 08.02.2011.

⁴ http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/9.0_Buildings.pdf, zuletzt aufgerufen am 9.6.2014.

⁵ Heinrich Matthias (2017): Material Flows of the German Building Sector. In: F. Di Maio et al. (Hg): HISER International Conference – Advances in Recycling and Management of Construction and Demolition Waste, S 302-305. ISBN: 978-94-6186-826-8.

⁶ <http://www.bmub.bund.de/themen/nachhaltigkeit-internationales/nachhaltige-entwicklung/strategie-und-umsetzung/reduzierung-des-flaechenverbrauchs/> (zuletzt aufgerufen am 20.9.2017)

drucks der Weltbevölkerung und der bereits heute spürbaren Überbeanspruchung unseres Planeten um das mehr als 1½-fache der Biokapazität sind das alarmierende Zahlen. Vor dem Hintergrund der weiterhin stark anwachsenden Weltbevölkerung und den sich hieraus ergebenden Konsequenzen für einen ebenso rasch zunehmenden CO₂ Ausstoß und Ressourcenverbrauch ist daher eine zeitnahe Umstellung auf ein ausschließlich nachhaltiges Handeln im Bauwesen zwingend erforderlich.

Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen

Die Entwicklung, Planung und Umsetzung von ressourceneffizienten und nachhaltigen Lösungen stellt das Bauwesen vor enorme Herausforderungen, die sich aufgrund des Umfangs und der Komplexität nur unter Berücksichtigung aller Maßstabebenen (Region-Stadt-Quartier-Gebäude-Gebäudesystem-Komponente-Material) und aller an der Wertschöpfungskette beteiligten Akteure (z.B. Gesetzgeber, Normenausschüsse und Expertengremien, Planungsämter, Genehmigungsbehörden, Bauherren, Planer, Ingenieure, Baufirmen, etc.) lösen lassen.

Bereits heute muss zwingend nach Lösungen gesucht werden, um die ab 2020 geltenden gesetzlichen Vorschriften zu erfüllen, einen nahezu CO₂ freien Gebäudebetrieb sicherzustellen. Zudem bedingt die Erfüllung des Klimaschutzziels der Bundesregierung, die Treibhausgase bis 2050 um 80 bis 95 % gegenüber dem Stand von 1990 zu vermindern, dass künftig vermehrt auch auf der Materialebene der Einsatz von CO₂ neutralen Baukomponenten und -systemen sichergestellt wird. Hierzu muss ein belastbarer Nachweis der CO₂ Neutralität auf der Basis der Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus erfolgen, der die Herstellungs-, Betriebs- sowie Rückbau- bzw. Recyclingphase gleichermaßen berücksichtigt.

Aufgrund des vorhergehend dargestellten Umfangs, aber gerade auch wegen der Komplexität der Herausforderungen im Bereich des ressourceneffizienten und nachhaltigen Bauens, muss zur Lösung der Aufgaben zwingend ein interdisziplinärer Arbeitsansatz gewählt werden.

Dies wird beispielsweise im Aufgabenfeld der energetischen Sanierung des Gebäudebestands deutlich. Hierbei müssen z.B. bauphysikalische Aspekte wie der hygienisch notwendige Luftwechsel, Wärme- und Sonnenschutz und die Möglichkeiten der passiven Solarenergienutzung zwingend mit den Optionen der Gebäudetechnik wie effiziente Heiz- und Kühlanlagen oder Optionen der Aktivtechnik (thermisch/elektrisch) gemeinsam betrachtet und optimiert werden. Aufgrund der dargestellten Wechselwirkungen der genannten unterschiedlichen Aspekte und Fachdisziplinen bedarf es eines integrierten Planungsansatzes, um ein wirkungsvolles Erreichen der politisch geforderten Ziele sicherzustellen.

Ähnliches gilt für Fragen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen (Kosten-Nutzen-Relation) sowie weiterer Aspekte zur Unterstützung bzw. Motivation von Gebäudebesitzern und -nutzern zur energetischen Ertüchtigung des Gebäudebestands. Aufgrund der Bandbreite und Wechselwirkung der unterschiedlichen Fachdisziplinen ist von Anfang an ein gemeinsames Verständnis der Ziele und der sich hieraus ergebenden Arbeitsmethoden aller Beteiligten zwingend erforderlich. Nur so können ökologische, ökonomische sowie soziokulturelle Aspekte gleichermaßen zum Erreichen einer gesamtheitlich optimierten Lösung aufeinander abgestimmt werden.

Ressourceneffizientes und nachhaltiges Bauen erfordert daher einen grundlegenden Wandel der bisherigen, linear aufeinanderfolgend angelegten Planungspraxis hin zu interdisziplinären, gesamtheitlich ausgerichteten Planungsprozessen. Unter Berücksichtigung innovativer Technologien, einer auf erneuerbaren Energien basierten Energieversorgung und der Umsetzung geschlossener Materialkreisläufe im Bauwesen wird durch diesen integrierten Planungsansatz die Umsetzung grundlegend nachhaltiger Gebäude ermöglicht.

Hierbei sind analytisch-technisch ausgerichtete Ingenieure gemeinsam mit gestalterisch tätigen Planern und Architekten gefordert, um von Anfang an in enger Zusammenarbeit entsprechende Konzepte zu entwickeln.

Bereits heute werden digitale Analyse-, Berechnungs- und Planungswerkzeuge umfangreich verwendet. Aufbauend darauf bieten sich enorme Chancen im Kontext der umfassenden Digitalisierung in allen Bereichen des Bauwesens, also besonders auch hinsichtlich zukunftsweisender Fertigungsmethoden im Bereich des individualisierten, industriellen Bauens, über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden und Stadtquartieren hinweg, entsprechende Optimierungspotenziale zu nutzen.

Zur Erfüllung der vorhergehend dargelegten Ziele bietet die Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt gemeinsam mit der Fakultät für Architektur einen interdisziplinären und fakultätsübergreifenden Masterstudiengang zum Thema „Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit“ an.

1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

Welchen Beitrag leistet der Studiengang zur Lehrstrategie der Fakultät?

- Strategische Bedeutung des M.Sc. RNB hinsichtlich der Ziele der TUM

Das Ziel des größten Umbauprograms einer bayerischen Universität - innovaTUM2008 - liegt in der Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit sowie in der Förderung der akademischen Wettbewerbskultur. Die inhaltlichen Schwerpunkte und Leitkriterien bilden u.a., *„erwiesene Kompetenz und fachliche Exzellenz, (...) Interdisziplinarität, Innovationspotenzial, Nachhaltigkeit für Wirtschaft und Gesellschaft, Marktrelevanz und Berufsfeldrelevanz, nationale und internationale Verknüpfung. (...) Die TUM hat sich in diesem Prozess zunehmend den Zukunftsfeldern an den Schnittstellen zugewandt, zwischen denen weitere Brücken geschlagen werden sollen. Im Mittelpunkt von innovaTUM 2008 stehen deshalb nicht die bestehenden strukturellen und inhaltlichen Kernkompetenzen, sondern neue fachübergreifende Stärken. (...) u.a. die Zukunftsfelder „Nachwachsende Rohstoffe“ und „Energie und Umwelt“.*⁷

Die beiden letztgenannten Punkte zur Identifikation und dem Ausbau „*neuer fachübergreifender Stärken*“ im Bereich der Zukunftsfelder „*Energie und Umwelt*“ stellen den unmittelba-

⁷ Zielvereinbarung zwischen der TUM und dem bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, 11. Mai 2005.

ren Anknüpfungspunkt zu den inhaltlichen Schwerpunkten und den Zielen des M.Sc. Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen dar.

Neben dem genannten unmittelbaren inhaltlichen Bezug deckt sich auch die interdisziplinäre Ausrichtung und das methodische Vorgehen in der Lehre des M.Sc. RNB mit den Zielen der TUM: „Die enge Verzahnung von Forschung und Lehre bei klarem Profil (...), eine hochwertige Ausbildung, die fachwissenschaftlich, methodisch und praxisrelevante Kompetenzen erfolgreich vermittelt (...), die systematische Einbindung kultur- und sozialwissenschaftlicher Inhalte in das Lehrangebot (...), die Förderung von Persönlichkeitsentwicklung, sozialem Engagement, Integrität und intellektueller Neugier bei Studierenden und Mitarbeitern“⁸ sind zentrale Aspekte, welche in der Zielvereinbarung der TUM mit dem bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst festgehalten sind.

Entsprechend den genannten Zielen der TUM setzt sich der Studiengang M.Sc. RNB aus den Bewerbern der Bachelorstudiengänge Architektur, Umweltingenieurwesen, Bauingenieurwesen und Versorgungstechnik zusammen. Diese werden grundsätzlich gemeinsam in interdisziplinärer Weise unterrichtet. Besonders hervorzuheben ist hierbei das interdisziplinäre Projekt im 2. Fachsemester bei dem interdisziplinär aufgestellten Teams gemeinsam von Lehrenden überfakultativ aus den vier Kompetenzfeldern

- Nachhaltigkeit in Architektur, Stadt und Landschaft
 - Gebäudetechnik und erneuerbare Energien
 - Bauphysik und Energieeffizienz
 - Bautechnik und Life Cycle Engineering
- betreut werden.

- Strategische Bedeutung des M.Sc. RNB hinsichtlich der Ziele der Ingenieur fakultät BGU

„Die Fakultät befasst sich mit der bebauten Welt und dem nachhaltigen und kontrollierten Umgang mit dem Planeten Erde als Grundlage zur Sicherung der Existenz- und Sicherheitsbedürfnisse der Gesellschaft. [...] Bau- und Umweltingenieure, Geodäten und Ingenieur- und Hydrogeologen mit universitärem Hintergrund bilden jene gesellschaftliche Gruppe, die sich mit Bauen, der Wechselwirkung der bebauten Welt mit der Umwelt und technischen Systemen der bebauten Welt in höchster Verantwortung und mit größter Tiefe befasst. Diese Gruppe trägt, in hochentwickelten Ländern wie Deutschland, maßgeblich Verantwortung für deutlich über 40 % aller Energie- und Stoffverbräuche [...]“⁹.

Die Lehrstrategie der Fakultät ist abgestimmt auf die Weiterentwicklung der Berufsbilder und passt dementsprechend ihr Studiengangsangebot an. Mit dem Master RNB kommt die Fakultät dieser Aufgabe nach. Wie bereits ausführlich unter 1.1. geschildert reagiert der Studiengang auf aktuelle Herausforderungen. Eine der Leitfragen in der Lehrstrategie ist, wie werden Absolventen mit Querschnittsaufgaben ausgestattet? Dieser Master zielt durch die interdisziplinäre Ausrichtung genau darauf ab.

Dies gilt sowohl wie bereits vorhergehend dargelegt für die Zusammensetzung der Studierenden als auch für die Lehrenden aus insgesamt fünf Fakultäten AR, BGU, EI, MW, WZW.

⁸ Zielvereinbarung zwischen der TUM und dem bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, 20.Juli 2009.

⁹ <https://www.bgu.tum.de/fakultaet/leitbild/>, Stand 1.9.2017.

Im Bereich der Vorlesungen, Seminare oder im Interdisziplinären Projekt werden Studierende mit Querschnittsaufgaben konfrontiert, die über die einzelnen Fachdisziplinen hinausreichen.

Die im Leitbild der Ingenieurfacultät BGU genannte Zielvorstellung deckt sich unmittelbar mit den Zielen des M.Sc. RNB zur nachhaltigen Reduktion der Energie- und Stoffverbräuche. Dementsprechend finden sich die den Zielen entsprechenden Inhalte in den Lehrveranstaltungen des Studiengangs wieder. Zur Bearbeitung komplexer Zusammenhänge werden Fächer u. a. zur Energieeffizienz, dem Einsatz natürlicher Ressourcen und erneuerbarer Energien angeboten. Insbesondere in dem „Interdisziplinären Projekt“ werden die Themen Umwelt und Energie in einem übergeordneten Kontext bearbeitet und in den unterschiedlichen Ebenen betrachtet. Analog zum Leitbild der Ingenieurfacultät BGU basiert *„der strukturelle Ansatz [.....] auf einer Vernetzung der an der Hochschule über verschiedene Fakultäten verteilten Kompetenzen zu einem Lehr- und Forschungsverbund.“*¹⁰

- Strategische Bedeutung des M.Sc. RNB hinsichtlich der Ziele der Fakultät für Architektur

„Mission Statement: Das architektonische Entwerfen steht im Zentrum der Fakultät für Architektur. [...] Die akademische Disziplin der Architektur umfasst Fähigkeiten aus verschiedenen Bereichen, einschließlich den Ingenieur-, Geistes- und Sozialwissenschaften, die jeweils in die architektonische Lehre und Forschung auf allen Ebenen einwirken. Das Entwerfen [...], die Fähigkeit zur Synthese, [ist] eine Schlüsselkompetenz - eine einzigartige Fähigkeit, die in der Gesellschaft dringend benötigt wird, um die drängenden Fragen der Zukunft zu lösen. [...]

*Vision: [...] Wir beschäftigen uns intensiv mit den Herausforderungen der Globalisierung, der Individualisierung, der kulturellen Transformation und des Klimawandels. [.....] Wir engagieren uns hierbei besonders für die Sicherstellung eines lebensnotwendigen Gleichgewichts zwischen Technik und Design, zwischen Studium und Forschung, zwischen Vergangenheit und Gegenwart und zwischen Nützlichkeit und Schönheit.“*¹¹

Wie den obigen Zitaten aus dem „Mission Statement“ bzw. der „Vision“ der Fakultät für Architektur zu entnehmen ist, wird das Entwerfen, also die Fähigkeit zur Synthese, als Schlüsselkompetenz zur Lösung der drängenden Fragen der Zukunft angesehen. Kompetenzen aus verschiedenen Bereichen, einschließlich der Ingenieur-, Geistes- und Sozialwissenschaften, wirken auf die architektonische Lehre und Forschung auf allen Ebenen ein.

In ähnlicher Weise zum Leitbild der Ingenieurfacultät BGU stellt sich auch die Architekturfacultät den globalen Herausforderungen und den „drängenden Fragen der Zukunft“, von denen u.a. besonders der Klimawandel hervorgehoben wird.

Hinsichtlich des methodischen Vorgehens unterscheiden sich die beiden Fakultäten BGU und Architektur hierbei deutlich. Forschung und Lehre der Ingenieurfacultät BGU werden vor

¹⁰ Leitbild der Ingenieurfacultät Bau Geo Umwelt, <https://www.bgu.tum.de/fakultaet/leitbild/biuepe/> Stand: 1.9.2017.

¹¹ „Mission Statement“ bzw. der „Vision“ der Fakultät für Architektur der TUM. Siehe: <https://www.ar.tum.de/de/fakultaet/wir-ueber-uns/mission/>, Stand: 1.9.2017, Übersetzung: Werner Lang.

allem durch ein durch Analyse geprägtes Vorgehen, also die systematische, ingenieurtechnische Untersuchung einer großen Bandbreite von Themenfeldern, bestimmt.

Die Fakultät für Architektur hingegen sieht die Synthese, also das Zusammenführen bzw. Integrieren komplexer Informationen aus sehr unterschiedlichen Fachbereichen im Rahmen des architektonischen Entwerfens als den inhaltlichen Schwerpunkt in Forschung und Lehre.

Bei Betrachtung der vorhergehend genannten Ziele des M.Sc. für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen (RNB) zeigt sich, dass durch die intensive Auseinandersetzung mit den entsprechenden Themenstellungen in Forschung und Lehre die Ziele beider Fakultäten BGU und Architektur komplementär unterstützt werden.

2. Qualifikationsprofil

Über welche Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen verfügen die Absolventen des Studiengangs?

Der M.Sc. RNB dient der Ausbildung von gesamtheitlich denkenden und im Bereich des ressourceneffizienten und nachhaltigen Bauens besonders qualifizierten Ingenieuren, Architekten und Planern. Aufgrund ihrer weitreichenden Fachkompetenz und ihrer interdisziplinär ausgerichteten Denk- und Arbeitsweise tragen sie u.a. dazu bei, die nationalen und internationalen gesetzlichen Vorgaben im Bereich des Ressourceneffizienten Bauens umzusetzen. Dazu entwickeln sie baubezogene Lösungsansätze für den weiterhin dringend notwendigen Klimaschutz und die zunehmend erforderliche Anpassung von Gebäuden und Stadtquartieren an den fortschreitenden Klimawandel.

Hierzu verfügen die Absolventen des Studiengangs M.Sc. RNB einerseits über die notwendigen Kompetenzen im Bereich Entwurf und Planung auf den Maßstabsebenen Gebäude, Quartier, Stadt und Region. Andererseits besitzen sie vertiefte Kenntnisse in den für das ressourceneffiziente und nachhaltige Bauen relevanten Kompetenzfeldern Bauphysik, Gebäudetechnik, Baukonstruktion und Lebenszyklusanalyse. Sie kennen die Wechselwirkungen und Synergieeffekte der genannten Bereiche und sind in der Lage, die erworbenen Kompetenzen in der Planung und Umsetzung von ressourceneffizienten Gebäuden und Quartieren einzusetzen.

Als „Schnittstellenspezialist“ verfügen sie einerseits über das notwendige Können zur Optimierung des Ressourcenbedarfs unter Berücksichtigung nachhaltigkeitsrelevanter Aspekte wie Ökologie, Ökonomie und soziokultureller Faktoren. Andererseits sind sie in der Lage, sowohl mit kreativ-gestalterisch tätigen Architekten und Planern, als auch analytisch-technisch orientierten Ingenieuren zu kommunizieren und ihr Wissen zielgerichtet und wirkungsvoll weiterzugeben. Die Fähigkeit zur ressourcenbezogenen, quantifizierbaren Optimierung von Gebäude- und Quartierskonzepten auf der Basis ingenieurtechnischer Methoden und der wirkungsvollen Integration der gewonnenen Erkenntnisse in den Planungsprozess unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus sind besondere Qualifikationsmerkmale der Absolventen dieses Studiengangs.

Mit dem Master für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen (RNB) wird ein eigenständiges Tätigkeitsprofil im Sinne eines Nachhaltigkeitsexperten im Bauwesen geschaffen, der die Lücke zwischen dem klassischen Bauingenieur, Umweltingenieur, Architekten und Gebäudetechniker schließt. Die Absolventen des Masterstudiengangs Ressourceneffizientes

und Nachhaltiges Bauen sind in der Lage, Zusammenhänge und Kenntnisse in allen Aspekten des nachhaltigen Planen und Bauens analytisch zu erfassen, um an der interdisziplinären Schnittstelle zwischen Mensch, Gebäude, Infrastruktur und Umwelt Lösungsansätze zur Umsetzung ressourceneffizienter und nachhaltiger Gebäude zu entwickeln.

3. Zielgruppen

3.1 Adressatenkreis

An wen richtet sich der Studiengang?

Als Zielgruppe kommen Absolventen der Fachrichtungen Architektur, Bauingenieur- und Umweltingenieurwesen sowie Gebäudetechnik und verwandter Studiengänge (wie z.B. Versorgungstechnik) in Frage.

3.2 Vorkenntnisse Studienbewerber

Über welche spezifischen Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen sollten die Studienanfänger verfügen?

Die Absolventen der eben genannten Fachrichtungen müssen Grundlagen in den Bereichen und Fragestellungen des nachhaltigen und ressourceneffizienten Planen und Bauens, insbesondere auf dem Gebiet Hoch-, Tiefbau und Infrastruktur, erworben haben. Zu diesen Kenntnissen zählen z.B.

- Grundlagen des Planungs- und Entwurfsprozesses
- Grundlagen der Baukonstruktion
- Grundlagen von Energiekonzepten und der technischen Gebäudeausrüstung
- Ablauf von Bauprozessen

Die Fähigkeit, wissenschaftlich bzw. grundlagen- und methodenorientiert zu arbeiten, wird ebenso vorausgesetzt wie ein allgemeines ingenieurwissenschaftliches Verständnis. Selbstverständlich werden auch Quereinsteiger mit den entsprechenden Qualifikationsvoraussetzungen zugelassen. Die Eingangsqualifikationen und Voraussetzungen für die Zulassung zum Masterstudiengang regelt das Eignungsverfahren (EV) sowie die Fachprüfungs- und Studienordnung.

3.3 Zielzahlen

Wie viele Studierende werden pro Kohorte angestrebt?

Die Zielzahl des bisher laufenden Masterstudiengangs Energieeffizientes und nachhaltiges Bauen liegt bei etwa 60 Studierenden pro Jahr. Auf ausdrücklichen Wunsch der Architekturfakultät soll die Anzahl auf 30-40 Studierende reduziert werden, um die Lehrbelastung entsprechend dem zur Verfügung stehenden Lehrpersonal anzupassen. Die Reduzierung der Studierendenkohorte soll durch ein verschärftes Eignungsverfahren erreicht werden.

Nachfrage potentieller Studierender

Wie attraktiv ist das Studienangebot für Studieninteressierte?

Die Gesamtnachfrage für den laufenden Masterstudiengang "Energieeffizientes und Nachhaltiges Bauen" setzt sich hauptsächlich zusammen aus Absolventen der Bachelorstudiengänge Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltingenieurwesen der TUM, internationalen Absolventen aus Bachelor- und Diplomstudiengängen unterschiedlicher Fachrichtungen sowie aus Absolventen anderer Universitäten und Fachhochschulen in Deutschland.

Tabelle 1 zeigt das Verhältnis zwischen Bewerbungen und Zulassungen im Masterstudiengang seit dem Studienjahr 2011 / 2012. Der hohe Unterschied zwischen Bewerberzahl und Zulassungen ist Resultat des Eignungsverfahrens, das nur Bewerber zulässt, die sich in ihrem Vorstudium vergleichbare Kompetenzen angeeignet haben.

Studienjahr	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017
Bewerbungen	96	117	192	214	259	250
Zugelassen	53	59	65	76	78	75

Tabelle 1 – Anmeldungen und Zulassungen

Tabelle 2 zeigt die Entwicklung der Anzahl der Studierenden, die den Studienplatz angenommen haben sowie die Gesamtanzahl der Studierenden pro Semester seit dem Studienjahr 2011/2012.

Studienjahr	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/17
1.Fachsemester	35	46	50	55	57	49
Gesamt	35	80	109	124	130	130

Tabelle 2 – Anzahl der tatsächlich Studierenden

4. Bedarfsanalyse

Wie gestaltet sich die Nachfrage der Absolventen auf dem Arbeitsmarkt?

4.1 Nachfrage der Absolventen auf dem Arbeitsmarkt

Die Modernisierung von Bestandsgebäuden sowie die Planung und Durchführung ressourceneffizienter und nachhaltiger Neubauten durch immer komplexere politische, ökologische und ökonomische Rahmenbedingungen erfordert Fachkräfte, die ein breites Verständnis ökologischer, ökonomischer und sozialer Zusammenhänge besitzen. Es wird prognostiziert,

dass der Markt für die Fachplaner im Bereich des energieeffizienten und nachhaltigen Bauens über die nächsten Jahre und Jahrzehnte stark zunimmt. *„Die Bauwirtschaft benötigt gut ausgebildete Fachleute für den stärker wachsenden Markt des nachhaltigen Bauens.“*¹² Um die politischen Ziele zur Verminderung des Energiebedarfs im Gebäudesektor zu erreichen, muss im Immobiliensektor die Thematik „Ressourceneffizienz“ zukünftig sichergestellt werden. Dies gilt auch für die neuen Anforderungen der Europäischen Bauprodukterichtlinie, der EPBD Gebäude Richtlinie 2016 und die Herausforderungen, die der demographische Wandel mit sich bringt. Entsprechend dieser europäischen Vorgaben muss der CO₂ Ausstoß im Gebäudesektor bis Ende 2020 drastisch reduziert werden. *„All new buildings must be nearly zero-energy buildings“*¹³

Gleichzeitig steigt der Bedarf, neuartige Lösungen und Technologien (Kreislaufwirtschaft / Materialsektor / durch Klimawandel weltweiter Anstieg von Ressourcenverbrauch und Bevölkerung) zu entwickeln. Noch immer werden Konstruktionen und technische Anlagen für Gebäude errichtet, die ein hohes Verbesserungspotenzial aufweisen. Gerade die oben genannten Faktoren erfordern oftmals innovative Lösungen und neue Denkansätze in einem interdisziplinären Umfeld.

Durch neue Anforderungen an Gebäude wird sich eine neue Berufsrichtung des „Nachhaltigkeits-Ingenieurs bzw. –Beraters“ entwickeln. Den Abgängern des Masterstudienganges RNB bieten sich aufgrund der breit angelegten Ausbildung und der komplexen Anforderungen des Fachgebietes vielseitige Berufschancen. Die gilt nicht nur in Architektur- und Planungsbüros, sondern beispielsweise auch bei Immobilienentwicklern, Firmen des Baugewerbes, der Industrie sowie im Facility Management. Gerade in diesem komplexen Bereich werden zusätzlich ausgewiesene Fachleute benötigt. In diesem gesamtgesellschaftlich bedeutsamen Feld entstehen derzeit neue Berufsbereiche, für die, neben den rein fachlichen Kompetenzen, die Fähigkeit zur Entwicklung interdisziplinärer Handlungs- und Denkweisen von entscheidender Bedeutung ist.

Die Aufgabe dieser Fachleute umfasst die Erarbeitung technisch fundierter und innovativer Lösungen. Einen wichtigen Schwerpunkt nimmt hierbei heutzutage das energiebewusste, umweltschonende und nachhaltige Planen, Bauen, Sanieren und Bewirtschaften von Stadtquartieren und Gebäuden des Hoch- und Tiefbaus sowie die zugehörige Infrastruktur wie Energie- und Wasserversorgung und der Verkehrswegebau ein. Die zukünftigen Aufgaben der Absolventen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Beratende und planende Funktion in entsprechenden Ingenieur- oder Planungsbüros
- Lebenszyklusorientierte Bewertung von Bauprozessen und Bauobjekten unter Berücksichtigung der Aspekte Ökologie und Ökonomie
- Koordination von Projekten und Fachplanern / Spezialisten in den Nachhaltigkeitsprozessen und Integrale Planung im Bereich Städtebau und Infrastruktur

10 Unterstützungsschreiben vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, MR Hans-Dieter Hegner.

¹³ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>

- Erarbeitung räumlich-struktureller Lösungen im Bereich Hoch- und Tiefbau unter Berücksichtigung architektonischer, klimatischer und energetischer Aspekte
- Erarbeitung neuer technischer und konstruktiver Lösungen für energieeffiziente und nachhaltige Siedlungen und Gebäude unter Beachtung der hierfür notwendigen Infrastruktureinrichtungen wie Energieversorgung, Wasserversorgung und -entsorgung sowie Verkehrswege
- Anwendung von Planungsinstrumenten zur Erstellung und Bewertung der Energiebilanz, der Ökobilanzierung, der Lebenszykluskosten und der Qualität der Nachhaltigkeit von Siedlungen und Gebäuden
- Planungsleistungen für den Neubau und die Sanierung von Siedlungen und Gebäuden unter Berücksichtigung energetisch, ökologisch und ökonomisch optimierter Konzepte unter Beachtung sozialer Aspekte
- Planungsleistungen für den Erhalt und die Erneuerung von Bauwerken mit dem Fokus auf den Themenfeldern Umwelt und Energie, Material- und Ressourcenbewirtschaftung (z.B. Recycling und Entsorgung von Baustoffen) sowie Revitalisierung und Stadterneuerung
- Beratungsleistungen für die Optimierung der Betriebsabläufe einer nachhaltigen Immobilienentwicklung und eines nachhaltigen Immobilienmanagements

Als Tätigkeitsbereiche kommen in Frage:

- Architektur-, Ingenieur- oder andere Planungsbüros
- Behörden (z.B. Bau- und Planungsämter, Genehmigungsbehörden)
- Gutachter, Berater
- Baufirmen
- Industrieproduktion
- Handel und Gewerbe
- Forschung und Lehre
- Fort- und Weiterbildung

5. Wettbewerbsanalyse

5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

Wie positioniert sich der Studiengang im nationalen und internationalen Vergleich?

„Klima- und Ressourcenschutz sind wichtige Ziele der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie und ein Megatrend. Die Bauwirtschaft ist bei der Umsetzung des zweiten Deutschen Res-

sourceneffizienzprogramms (ProgRess II), bei der Energiewende und bei der Schaffung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes bis 2050 stark gefordert.“¹⁴

Hinsichtlich der Erfüllung der nationalen und europäischen gesetzlich bindenden Vorgaben zum Schutz des Klimas und zur Minimierung der Treibhausgasemissionen bis 2050 ist besonders das Bauwesen besonders stark gefordert. Auf den Gebäudesektor entfallen derzeit 40 % des Gesamtenergieverbrauchs in Europa. Etwa 75 % des Gebäudebestands sind nicht energieeffizient. Die Umsetzung umfassender Energieeffizienzmaßnahmen und die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien sind sowohl im Neubau als auch bei der Sanierung des Altbaubestands gesetzlich vorgegeben.¹⁵ Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die bereits heute große Bedeutung des energie- bzw. ressourceneffizienten und nachhaltigen Bauens weiterhin stark zunehmen wird.

Wie in Tabelle 3 dargestellt, hat die Anzahl der im deutschsprachigen Raum angebotenen Masterstudiengänge im Bereich des energieeffizienten bzw. nachhaltigen Bauens mit dem Beginn der „Energiewende“ im Jahr 2010 stark zugenommen. Während zu Beginn des M.Sc.-Studiengangs für Energieeffizientes und Nachhaltiges Bauen (M.Sc. ENB) an der TUM im WS 2011/12 im deutschsprachigen Raum (DE, AT, CH) auf universitärem Niveau kaum Masterstudiengänge in diesem Bereich angeboten wurden, sind mittlerweile an zwölf Universitäten entsprechende Angebote zu verzeichnen. Hinzu kommen vergleichbare Studiengänge an rund 17 deutschsprachigen Hochschulen.

Es handelt sich dabei in vielen Fällen um ebenfalls interdisziplinär ausgerichtete Studiengänge, bei denen Bachelorabsolventen aus den Bereichen Architektur, Bau- und Umweltingenieurwesen zugelassen werden. So bieten von den 21 aufgelisteten Hochschulen 13 Masterprogramme im Bereich Energieeffizienz/Nachhaltiges Bauen an, die Bachelorabsolventen aus drei oder mehr baurelevanten Fachrichtungen zulassen. Bei den aufgelisteten 16 Universitäten bieten neun Masterprogramme an, die Bachelorabsolventen aus drei oder mehr Fachrichtungen zulassen. Bei den drei aufgelisteten englischsprachigen Studiengängen werden Bachelorabsolventen aus zwei unterschiedlichen Fachrichtungen zugelassen.

Als Ergebnis der externen Wettbewerbsanalyse lässt sich festhalten, dass die Anzahl ähnlich ausgerichteter Masterprogramme in den letzten Jahren stark zugenommen hat. Die TUM war damit eine der ersten Universitäten im deutschsprachigen Raum, die sich dem enorm wichtigen Thema des energie- bzw. ressourceneffizienten und nachhaltigen Bauens zugewandt hat.

Des Weiteren ist die stark gestiegene Anzahl an ähnlich orientierten Masterstudiengängen als Zeichen für die hohe Nachfrage in diesem Bereich zu werten. Dies bestätigt auch die stetige Zunahme der Anzahl der Studienbewerber in den letzten Jahren. Mit rund 250 Be-

¹⁴ Quelle: RKW Rationalisierungs- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e. V., Eschborn (D), <https://www.rkw-kompetenzzentrum.de/innovation/projekte/energieeffizientes-bauen-und-ressourceneffizienz/>, aufgerufen am 19.9.2017.

¹⁵ Quelle: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss, den Ausschuss der Regionen und die Europäische Investitionsbank: Saubere Energie für alle Europäer, 30.11.2016, http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:fa6ea15b-b7b0-11e6-9e3c-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_2&format=PDF, aufgerufen am 19.9.2017.

werbern im Studienjahr 2016/17 überstieg die Bewerberzahl die Kapazität von rund 50 Studienanfängern/Jahr um mehr als das fünffache.

Als ein weiteres Ergebnis der externen Wettbewerbsanalyse lässt sich festhalten, dass der an der TUM angebotene M.Sc. Studiengang für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen als einziges Programm über ein interdisziplinäres Projekt verfügt, bei dem ingenieurbezogene Inhalte in einem entwurfsorientierten Arbeitsprozess im Sinne eines „Reallabors“ angewandt werden.

Bemerkenswert ist zudem, dass in Bayern der an der TUM angebotene M.Sc. ENB RNB der einzige interdisziplinär ausgerichtete und forschungsorientierte Studiengang auf universitärem Niveau in diesem Bereich ist. Aufgrund der anhaltenden hohen Relevanz des Aufgabensfelds und des weiterhin steigenden Bedarfs sowohl in der Praxis (Neubau und Sanierung) als auch in der Forschung und Entwicklung mit entsprechenden Schnittstellen zu den unmittelbar eingebundenen Fakultäten (AR, BI, UI, EI, MW, WZW), ist davon auszugehen, dass dieser Trend weiterhin anhalten wird.

Hochschulen Deutschland / Schweiz

Standort / Institution	Studiengang	Zielgruppe
Augsburg / Hochschule	Energy Efficiency Design E2D (M.Eng.)	AR / BI / MB / UI / VT
Berlin / Beuth Hochschule	Planung nachhaltiger Gebäude (M.Sc.)	AR / BI / TGA / LA
Coburg / Hochschule	Ressourceneffizientes Planen und Bauen (M.Eng.)	BI
Cottbus / FH (M.Eng.)	Klimagerechtes Bauen und Betreiben (M.Eng.)	AR / BI
Detmold / Hochschule	Nachhaltiges Bauen und Bewirtschaften (M.Eng.)	BI / WI / AR
Erfurt / FH	Passivhaus+, Energie und Form (M.A.)	AR
Erfurt / FH	Gebäude- und Energietechnik (M.Eng.)	AR
Frankfurt / FH	Zukunftssicher Bauen (M.Eng.)	AR / BI / Geo
Hannover / Hochschule	Nachhaltiges Energie-Design für Gebäude (M.A.)	MB
Holzminden / FH	Energieeffizientes und nachhaltiges Bauen (M.Eng.)	WI / BW / BI / AR
Köln / Techn. Hochschule	Green Building Engineering (M.Eng.)	TGA / AR / BI
Lausitz / FH	Klimagerechtes Bauen und Betreiben (M.Eng.)	AR / BI / TGA
Luzern / HSLU	Master of Advanced Studies Nachhaltiges Bauen	AR / BI / TGA
Magdeburg-Stendal / Hochschule	Energieeffizientes Bauen und Sanieren	AR / BI
München / Hochschule	Architektur - Vertiefung Nachhaltiges Bauen	AR
Muttenz, Nordwestschweiz / FH	Master of Advanced Studies Nachhaltiges Bauen	AR / BI / TGA
Rottenburg / Hochschule für Forstwirtschaft	Ressourceneffizientes Bauen (M.Sc.)	AR / BI / Holzwirtschaft / Erneuerb. Energien
St. Gallen, Ostschweiz / FH	Master of Advanced Studies Nachhaltiges Bauen	AR / BI / TGA

Stuttgart / HFT	Master Sustainable Energy Competence M.Sc.	Studium im Bereich Naturwissenschaft / Technik
Wismar / Hochschule	Architektur und Umwelt (M.Sc.)	AR / BI
Zürich / FH	Master of Advanced Studies Nachhaltiges Bauen	AR / BI / TGA

Universitäten Deutschland, Österreich, Schweiz

Standort / Institution	Studiengang	Zielgruppe
Cottbus / Techn. Universität	Bauen und Erhalten (M.Sc.)	AR / BI / LA / Kunstgeschichte / Archäologie
Berlin / Techn. Universität	Gebäudeenergiesysteme (M.Sc.)	Energie-u. Prozesstechniker / Gebäudetechniker
Berlin / Techn. Universität	Building Sustainability - Management Methods for Energy Efficiency	AR / BI / WI
Braunschweig / Techn. Universität	Sustainable Desig (M.Sc.)	AR / BI / UI
Darmstadt / Techn. Universität	Energy Science and Engineering (M.Sc.)	AR / BI / ET / IT / MB / Mathematik / Physik / UI / WI
Dortmund / Techn. Universität	Architektur und Städtebau -Vertiefung Baukonstr. und Energie	AR / BI
Dortmund / Techn. Universität	Konstruktiver Ingenieurbau - Vertiefung Energieeff. Bauen	AR / BI
Graz / Techn. Universität	Nachhaltiges Bauen (M. Eng.)	AR / BI / TGA
Hamburg / HafenCity University	Resource Efficiency in Architecture and Planning (M.Sc.)	BI / Geo / LA / WI
Kassel / Universität	Umweltbewusstes Planen und Bauen (M.Sc.)	AR / BI / UI
Kassel / Universität	Regenerative Energien und Energieeffizienz	Techn. / Naturwissenschaftler
London, UK / AASA	Sustainable Environmental Design (M.Sc. / M.Arch.)	AR
Stuttgart / Universität	Klima- und Kulturgerechtes Bauen (M.Sc.)	AR / BI / UI
Weimar / Bauhaus Universität	archineering (M.Sc.)	AR / BI
Weimar / Bauhaus Universität	Bauphysik und techn. Optimierung (M.Sc.)	Ar / BI
Wien / Techn. Universität	Nachhaltiges Bauen (M. Eng.)	AR / BI / TGA

Universitäten Ausland (englischsprachig)

Standort / Institution	Studiengang	Zielgruppe
Boston, USA / Harvard University	Energy and Environments (M.Des.S.)	AR / LA / Städtebau
Copenhagen, DK / DTU	Sustainable Energy	AR / BI
Krems, A / Donau-Universität	Future Building Solutions (M.Sc.)	AR / BI

Tabelle 3 – Masterstudiengänge auf nationaler und internationaler Ebene, Stand September 2017

5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

Gibt es an der TUM Studiengänge mit verwandter Thematik? Wenn ja, wie lässt sich der Studiengang abgrenzen?

Sowohl an der Fakultät für Architektur als auch an der Ingenieurfacultät Bau Geo Umwelt werden in den jetzigen Masterstudiengängen Teilaspekte des ressourcenschonenden und nachhaltigen Planens und Bauens gelehrt, diese werden jedoch nicht ganzheitlich, d.h. fächerübergreifend betrachtet.

Die bisherigen Inhalte dieser Studienrichtungen beziehen sich schwerpunktmäßig nur auf die klassischen Studienrichtungen Architektur, Bauingenieur- oder Umweltingenieurwesen. Ein interdisziplinärer fächerübergreifender Ansatz ist hierbei nicht gegeben. Der Masterstudiengang vereint einzelne Fachdisziplinen und schafft eine besondere fakultätsübergreifende Zusammenarbeit.

Das Interdisziplinäre Projekt als Kernmodul im Masterstudiengang wird in interdisziplinären Teams bearbeitet und von den im Masterstudiengang verankerten Lehrstühlen interdisziplinär und fakultätsübergreifend betreut. Das Studienprogramm verbindet Elemente der klassischen Disziplinen und schafft eine Schnittstelle. Im Gegensatz zu den nachfolgend aufgezeigten Studiengängen ist der Absolvent des Masters Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen kein Spezialist auf einem Schwerpunktgebiet, er erhält einen Gesamtüberblick, um gemeinsam mit den Spezialisten und Fachplanern übergeordnet Projekte zu begleiten.

- Alleinstellungsmerkmal M.Sc. RNB

Themenfelder des M.Sc. RNB finden sich sowohl in Forschung als auch Lehre in den M.Sc. Programmen BI, UI und AR in einem begrenzten Umfang wieder. Es besteht jedoch ein deutlicher Unterschied hinsichtlich der Bandbreite und Intensität der Auseinandersetzung und dem integrierten, interdisziplinären Arbeitsansatz zwischen dem M.Sc. RNB und den Masterstudiengängen BI, UI und AR.

Wie bereits in der Zielvorstellung des M.Sc. RNB dargelegt, bedarf es in der Forschung, aber gerade auch in der Praxis zwingend eines integrierten, interdisziplinär angelegten Arbeitsansatzes, um unter Berücksichtigung aller Einzelaspekte (Ökologie, Ökonomie, soziokulturelle Aspekte) zu einer in gesamtheitlicher Hinsicht optimierten Lösung zu gelangen.

Es gilt hierbei, Wechselwirkungen zu berücksichtigen und Synergieeffekte zu nutzen. Dies wird besonders bei der Betrachtung der Forschungsthemen der unmittelbar am M.Sc. RNB beteiligten Lehrstühle deutlich. So steht beispielsweise die intensive Auseinandersetzung mit dem gesamten Lebenszyklus von Gebäuden und Stadtquartieren genauso im Vordergrund wie die Erforschung von Optionen für die Umsetzung energie-positiver Gebäude und Quartiere, die sowohl in ökologischer als auch ökonomischer und soziokultureller Hinsicht überzeugen.

Dies wird auch im Zusammenhang mit der Lehre besonders im Zusammenhang mit dem sogenannten „Interdisziplinären Projekt“ deutlich. Hier werden im Rahmen eines interdisziplinär ausgerichteten Moduls in enger Zusammenarbeit B.A. bzw. B.Sc. Absolventen aus den Bereichen Architektur-, Bau-, Umwelt- und Versorgungsingenieurwesen sowohl Analyse- als auch Synthesemethoden (Entwurf) in integrierter Weise eingesetzt, um auf Stadtquartiers-ebene sowohl im Bereich der Sanierung als auch des Neubaus gesamtheitlich optimierte Lösungen zu entwickeln.

6. Aufbau des Studiengangs

Wie, wann und warum auf diese Weise werden die Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen im Studienverlauf vermittelt?

Um die unter Punkt 2 genannten Qualifikationen im Hinblick auf die Umsetzung von nationalen und internationalen gesetzlichen Vorgaben im Bereich des ressourceneffizienten Bauens zu erlangen, werden die jeweiligen Grundlagen im Bereich Entwurf und Planung sowie die vertieften Kenntnisse in den Bereichen Bauphysik, Gebäudetechnik, Baukonstruktion und Lebenszyklusanalyse in den vier, im Studienplan verankerten, Kompetenzfeldern

- Nachhaltigkeit in Architektur, Stadt und Landschaft
- Gebäudetechnik und erneuerbare Energien
- Bauphysik und Energieeffizienz
- Bautechnik und Life Cycle Engineering

im Rahmen der angebotenen Module vermittelt.

Hierzu gehört sowohl die Vermittlung von Fähigkeiten im Bereich der qualitativen und quantitativen Analyse von nachhaltigkeitsrelevanten Teilaspekten von Gebäuden und Stadtquartieren im Rahmen des Entwurfs und der Planung von Gebäuden und Stadtquartieren und der zugehörigen Infrastruktureinrichtungen. Hierbei stehen materialbezogene, energetische und weitergehende ökologische Fragestellungen ebenso im Vordergrund wie ökonomische, soziale, technische und prozessorientierte Aspekte des Bauwesens.

Um die erfolgreiche, anwendungsbezogene Vermittlung von ingenieur- und planungsbezogenen Fähigkeiten sicher zu stellen, ist das Studium in der nachfolgend beschriebenen Weise aufgebaut.

Das erste Fachsemester dient vor allem der Vermittlung von Grundkenntnissen in den vier genannten Kompetenzfeldern. Die hierbei angebotenen Pflicht- und Wahlmodule stellen sicher, dass die Kernkompetenzen als Basis für das ressourceneffiziente und nachhaltige Bauen bei jedem Absolventen des Studiengangs vorhanden sind. In Vorbereitung auf das interdisziplinäre Projekt besuchen Absolventen des Bachelor Architektur das Modul „Physikalische Prinzipien des energieeffizienten Bauens“ und Absolventen eines Bachelor in einem ingenieurtechnischen Studiengang das Modul „Aspects of Sustainable Urbanism“.

Im zweiten Fachsemester werden die beschriebenen Kernkompetenzen in Form weiterer Pflichtmodule ausgebaut. Als zentrales Element des Studiengangs ist hier das sogenannte „Interdisziplinäre Projekt“ vorgesehen, bei dem in interdisziplinär zusammengesetzten Teams (z.B. B.A. AR, B.Sc. BI und B.Sc. UI) im Rahmen eines entwurfsorientierten Projekts die bis dahin erworbenen Kompetenzen angewandt und erweitert werden. Das Wechselspiel aus Analyse, z.B. des lebenszyklusbasierten Ressourcenverbrauchs alternativer Lösungsansätze, und Synthese im Rahmen der entwurfsorientierten Entwicklung von Energiekonzepten im Bereich der Sanierung und des Neubaus, stehen hier im Fokus. In diesem Kontext ist im 2. Fachsemester auch das Pflichtmodul „Anwendung einer Lebenszyklusanalyse“ zu sehen, das in unmittelbarem Zusammenhang mit der anwendungsorientierten Entwicklungsarbeit

des „Interdisziplinären Projekts“ (IDP) steht. Die Arbeitsweise im IDP ist sehr praxisnah ausgerichtet. Neben der Erweiterung der Fachkompetenz ist die Vermittlung von Sozialkompetenz (z.B. Teamarbeit und Teamführung, visuelle, verbale und non-verbale Kommunikation, etc.) in Vorbereitung für das IDP ein wesentliches Element des 1. Fachsemesters und projektbegleitend ebenso Bestandteil des 2. Fachsemesters.

Das 3. Fachsemester bietet aufgrund des großen Wahlkatalogs Studierenden die Chance, ihr Fachwissen gezielt auszubauen. Mentoren helfen bei der Wahl entsprechender Module. Bereits vorhandenes Wissen kann im Sinne der Spezialisierung weiter vertieft oder bis dahin noch fehlendes Wissen neu erworben werden. Darüber hinaus bietet das 3. Fachsemester die Chance, Fachwissen im Rahmen von Auslandsaufenthalten an anderen Universitäten zu erwerben und einzubringen.

Im Fokus des 4. Fachsemesters stehen Masterthesis und Masterkolloquium. Die vertiefte und eigenständige Auseinandersetzung mit selbstgewählten oder von am M.Sc. RNB beteiligten Lehrstühlen ermöglicht die Erweiterung des Wissens und die Kommunikation der Ergebnisse im Rahmen des abschließenden Kolloquiums.

Wie im Studienplan ersichtlich, sind insgesamt 120 Credits zu erlangen.

Hiervon entfallen insgesamt 90 Credits auf den Pflicht- und Wahlbereich zur Sicherung der erforderlichen Kernkompetenzen im Bereich des ressourceneffizienten und nachhaltigen Bauens. Hiervon entfallen 48 Credits auf die vier Kompetenzfelder, 12 Credits auf das Interdisziplinäre Projekt sowie weitere 12 Credits auf die Module Lebenszyklusanalyse (6 CP) und Soziale Kompetenzen (6 CP).

Im Wahlbereich müssen mindestens 12 Credits erworben werden. Auf Masterthesis und Masterkolloquium entfallen insgesamt 30 Credits.

In der vorlesungsfreien Zeit werden die gelehrteten Module studienbegleitend geprüft.

Der Fächerkatalog der Wahlmodule wird vom Prüfungsausschuss fortlaufend aktualisiert.

Durch Auflagenmodule werden in den ersten beiden Semestern die unterschiedlichen Vorbildungen harmonisiert. Diese Module sind vorwiegend Fächer, welche bereits im Bachelor angeboten und als Voraussetzung für diesen Studiengang definiert werden. Studierende, die diese oder gleichwertige Lehrveranstaltungen nicht erfolgreich besucht haben, können diese in den ersten beiden Mastersemestern ohne ECTS-Vergabe abdecken. Im Zuge des Eignungsverfahrens legt die EF-Kommission mittels einer Auflage fest, welche dieser Module nachbelegt werden müssen und teilt diese den Studierenden in der zweiten Stufe des Eignungsverfahrens, dem Eignungsgespräch, mit.

	Modul	SWS	ECTS	Sem.	Lehrstuhl / Fachgebiet
A	Bauphysik Ergänzungsmodul	4	(5)	SS	Lehrstuhl für Bauphysik
A	Grundlagen des nachhaltigen	2	(3)	SS	Lehrstuhl für Energieeffizientes und Nach-

	Bauens				haltiges Planen und Bauen
A	Baukonstruktion I	2	(3)	SS	Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

Tabelle 5 – Übersicht des Modulkataloges der Auflagenmodule

Des Weiteren werden im 1. Semester die Grundlagen und Bausteine gelegt, welche dann im 2. und 3. Semester vertieft ausgearbeitet und inhaltlich durch Aufbau- und Vertiefungsmodulen verankert werden.

Die unterschiedlichen Denk- und Herangehensweisen der Studierenden aus den unterschiedlichen Bachelorstudiengängen bereichern und vervollständigen den integralen Ansatz. Die bisherige Erfahrung hat gezeigt, dass eine weitgehend gleichmäßige Verteilung der Studierenden auf die Vertiefungen stattgefunden hat, so dass es zu keiner deutlichen Überbelastung einzelner Richtungen kommt und die Ressourcen harmonisch verteilt werden.

Master für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen				Credits	Semester
Architektur, Stadt und Landschaft	Gebäudetechnik und Erneuerbare Energien	Bauphysik und Energieeffizienz	Bautechnik und Life Cycle Engineering	48	1. – 3.
Aspects of Sustainable Urbanism oder Physikalische Prinzipien des energieeffizienten Bauens				6	1.
Interdisziplinäres Projekt				12	2.
Anwendung einer Lebenszyklusanalyse				6	2
Kommunikation und Interaktion				6	1.
Wahlbereich				12	1. – 3.

Informationen zu den einzelnen Lehrveranstaltungen und Modulen sind TUMonline und den Informationen der Homepage des Masterstudiengangs zu entnehmen.

6.1. Studierbarkeit

Bei der Planung des Studienaufbaus sowie bei der Koordinierung der (einzelnen Lehrveranstaltungen) Module wird stets explizit auf die Studierbarkeit geachtet. Alle Pflichtmodule (und Pflichtveranstaltungen) können ohne Überschneidungen gehört werden. Die meisten Module werden am TUM-Stammgelände abgeleistet. Sollten Lehrveranstaltungen an anderen Standorten wie Prüfämtern, Laboren etc. stattfinden, wird Rücksicht auf die vorhandenen Zeitfenster der Studierenden genommen, so dass An- und Abreise problemlos möglich sind.

Die Vorlesungen, Seminare, Übungen und Projektarbeiten, die schwerpunktmäßig am Hauptstandort der TU München angegliedert sind, werden im Rahmen des Studiengangs zielorientiert aufeinander abgestimmt und zu einem Gesamtpaket gebündelt.

6.2.Mobilität

Im Masterstudiengang für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen (RNB) können Auslandsaufenthalte nach dem zweiten Fachsemester durchgeführt werden. Die Studierenden können sich für das Erasmusprogramm, das ein Studium im europäischen Ausland an verschiedenen Partnerhochschulen erlaubt, bewerben. Das Programm beinhaltet einen Auslandsaufenthalt von ein bis zwei Semestern. Eine weitere Möglichkeit für ein Auslandssemester bietet das Programm TUMexchange. Hier ist ein Auslandsaufenthalt für ein bis zwei Semester an Partneruniversitäten im nichteuropäischen Ausland möglich. Die im Ausland erbrachten Leistungen können, sofern sie den Modulen an der TUM gleichwertig sind, anerkannt werden

7. Organisatorische Anbindungen und Zuständigkeiten

Wer ist für die inhaltliche und organisatorische Umsetzung des Studiengangs verantwortlich?

Der M.Sc. RNB ist ein grundlegend interdisziplinär angelegtes Studienprogramm, welches im Bereich der Lehre im Wesentlichen von den beiden Bau fakultäten BGU und AR getragen und betreut wird. Unterstützt wird das Programm u.a. durch die Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, die Fakultät für Maschinenwesen, das Wissenschaftszentrum Weihenstephan und die TUM School of Governance.

Die hierbei vorhandenen Kompetenzen werden fakultätsübergreifend im Rahmen des Studiengangs zielorientiert aufeinander abgestimmt und zu einem Gesamtpaket mit dem Schwerpunkt Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit im Hoch- und Tiefbau sowie der Infrastruktur gebündelt.

Organisatorisch ist der Masterstudiengang der Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt zugeordnet.

Der Lehrstuhl ENPB ist für die Umsetzung des Studiengangs verantwortlich und übernimmt

- die Fachstudienbetreuung und Beratung, das Mentoring des eigenen Lehrbereichs
- die Bewerbung und Zulassung
- die Organisation des Eignungsverfahrens
- die Gesamtkoordination des Masters
- den Prüfungsausschuss und unterstützt die Prüfungsadministration
- die Öffentlichkeitsarbeit und die Information
- die Überprüfung der Studienqualität
- das Studierendenmanagement (gemeinsam mit dem Studiendekanat BGU)
- das Prüfungsmanagement (gemeinsam mit dem Studiendekanat BGU)
- die Vertretung in der Studienkommission.

Zusätzlich sind weitere Lehrstühle an der Betreuung der Studierenden in den Seminaren und Projekten beteiligt

- der Lehrstuhl für Bauphysik
- der Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und Klimagerechtes Bauen
- der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion.

Inhaltlich wird der Masterstudiengang zudem von weiteren Lehrstühlen der Architektur- und Bauingenieur fakultät unterstützt und bezieht u.a. auch die Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, die Fakultät für Maschinenwesen sowie das Institut für Energietechnik mit ein.

8. Ressourcen

8.1 Personelle Ressourcen

Welche personellen Ressourcen werden für die Durchführung des Studiengangs und die Gewährleistung des Profils benötigt? Sind sie vorhanden?

Ein kontinuierlicher Lehrbetrieb im Pflicht- und Wahlbereich kann gewährleistet werden. Die zur Verfügung stehenden Personalressourcen werden ausschließlich durch hauptberufliches Lehrpersonal gestellt (siehe hierzu Anlage 2).

Personalmittel	
Lehraufträge	Zur Ergänzung der bereits bestehenden Vorlesungen werden Privatdozenten und Lehrbeauftragte in die Planung integriert. Zum Beispiel werden aus dem Fraunhofer-Institut Fachleute und Spezialisten für einzelne Lehrveranstaltungen angefragt.
Gastvorträge	Die Einbindung renommierter Fachleute aus Industrie, Wirtschaft und Politik sollen das Lehrspektrum erweitern und den Blick auch außerhalb der Universität schärfen, neue Denkansätze vermitteln und Diskussionen schaffen.
Hilfskräfte	Studentische Hilfskräfte sind in die Tätigkeiten, welche den Master betreffen eingebunden

8.2 Sachausstattung / Räume

Welche Sachmittel / Räume sind für die Durchführung des Studiengangs und die Gewährleistung des Profils erforderlich? Sind sie vorhanden?

Räume	
Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt	Die Raumkapazitäten sind innerhalb der Fakultät BGU bis auf einen Raum für das Interdisziplinäre Projekt vorhanden, u.a. <ul style="list-style-type: none"> • Rechnerräume • Vorlesungs- und Seminarräume
Fakultät für Architektur	Die Raumkapazitäten sind innerhalb der Fakultät AR bis auf einen Raum für das Interdisziplinäre Projekt vorhanden, u.a.

	<ul style="list-style-type: none"> • Technisches Zentrum • Forschungsstation • Vorlesungs- und Seminarräume
Investitionsmittel	
	Software, Exkursionen, Spesen für Gastdozenten, Lehrmittel

9 Anhang

9.1.FPSO

Die gültige FPSO für den Masterstudiengang ist auf der Homepage der Fakultät zu finden.

9.2.Modulhandbuch

Die Modulbeschreibungen sind für alle Studierende im System TUMonline zugänglich. Dort ist es möglich sich ein Modulhandbuch zu generieren.

9.3. Personalressourcentabelle

Die personellen Ressourcen sind für alle Studierenden im System TUMonline zugänglich.

München, den 26.10.2017

Prof. Stephan Freudenstein
Studiendekan der Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt

Prof. Christoph Gehlen
Dekan der Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt