

Tageslichtangebot in deutschen Gebäuden

- Musterbauordnung noch zeitgemäß? -

Ergebnispapier | UENDE17050

Einführung

Das vorliegende Ergebnispapier fasst die systematische Untersuchung zum Tageslichtangebot in deutschen Gebäuden zusammen. Es wird insbesondere aufgezeigt, inwieweit die Tageslicht-Faustformel der Musterbauordnung noch zeitgemäß ist.

Hauptziel der Untersuchung ist es, die Faustformel aus der Musterbauordnung zu überprüfen: sie besagt, dass das Rohbaumaß der Fensteröffnungen mindestens $\frac{1}{8}$ der Grundfläche des Raumes betragen soll. Wird die Faustformel befolgt, sollte der Tageslichtbedarf in der Regel gedeckt sein. Die Überprüfung der Faustformel wird auf Grundlage des Entwurfs zur Norm prEN 17037:2016-08 ([DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2016-08]) durchgeführt, die den aktuellen Stand des Wissens der europäischen Experten zum Tageslichtbedarf darstellt. Zudem werden aus den Analysen der Untersuchung Maßnahmen zur Verbesserung der Tageslichtqualität gefolgert.

Das Ergebnispapier gliedert sich in drei Teile:

- Grundlagen
- Methodik
- Ergebnisse und Schlussfolgerungen

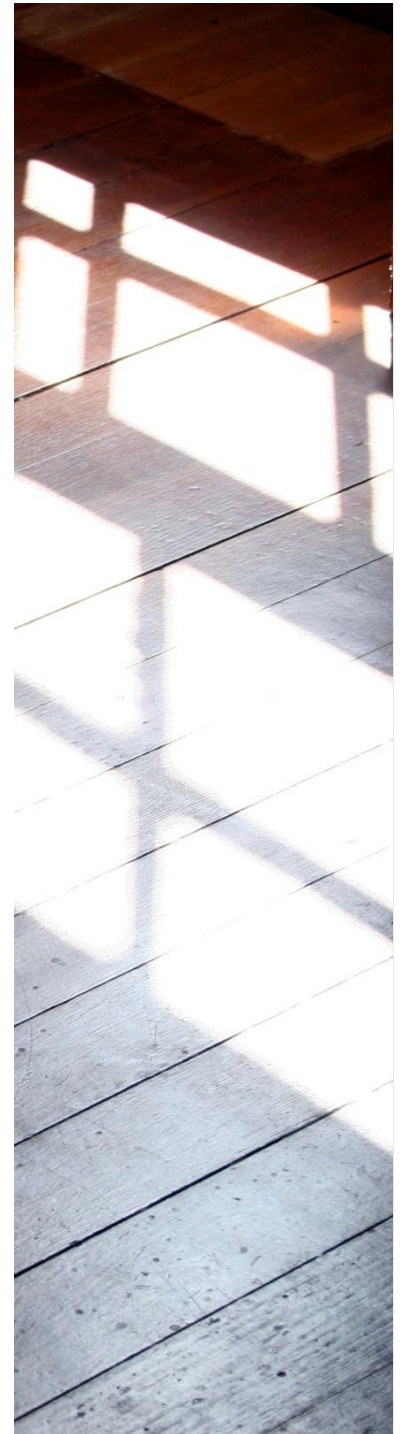
Grundlagen

Die wesentlichen Grundlagen für die Einordnung von Ergebnissen zum Tageslichtangebot in deutschen Gebäuden sind die Musterbauordnung und der Entwurf der europäischen Norm prEN 17037:2016-08, die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

Musterbauordnung

Die Musterbauordnung hat einen erheblichen Einfluss auf die Baupraxis, denn $\frac{3}{4}$ der Bundesländer übernehmen die folgende Faustformel zum Fensteranteil in ihre Landesbauordnungen: *„Aufenthaltsräume müssen ausreichend belüftet und mit Tageslicht belichtet werden können. Sie müssen Fenster mit einem Rohbaumaß der Fensteröffnungen von mindestens $\frac{1}{8}$ der Netto-Grundfläche des Raumes einschließlich der Netto-Grundfläche verglaster Vorbauten und Loggien haben.“* ([Bauministerkonferenz (ARGEBAU) 2012], § 47 (2)).

Die verbleibenden Bundesländer stellen noch geringere Anforderungen an Fensteranteile¹. Die $\frac{1}{8}$ Faustformel existiert bereits in ähnlicher Form seit 1960² und wurde seitdem nur wenig angepasst.



¹ Keine Anforderungen (Niedersachsen, Schleswig-Holstein) bzw. $\frac{1}{10}$ der Grundfläche des Raumes (Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz)

² Musterbauordnung 1960: *„Aufenthaltsräume sind aus Gründen der Gesundheit durch unmittelbar ins Freie gehende Fenster zu belichten und zu lüften. Man rechnet für die Fensterfläche je nach ihrer Benutzungsart sowie der Größe und Lage des Raumes (z. B. Winkel des Lichteinfalls) in der Regel $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$ der Grundfläche (notwendige Fenster).“* (Begründungsausschuß der Musterbauordnungskommission, 1960, § 62, Absatz 4)

prEN 17037:2016-08 – Entwurf

Der Entwurf zur europäischen Norm prEN 17037:2016-08 ist seit 2010 in der Entwicklung (CEN/TC 169/WG 11) und seit Ende Oktober 2016 im Europäischen Umfrageverfahren (Enquiry). Im Gegensatz zur deutschen Norm [DIN 5034-1] wird der Ansatz der „Daylight autonomy“ (Tageslichtautonomie³) favorisiert, da reine Tageslichtquotienten bei bedecktem Himmel ohne Zusammenhang zur Tageslichtautonomie als nicht mehr zeitgemäß eingestuft werden. Die Norm spiegelt den aktuellen Stand des Wissens der europäischen Experten zum Tageslichtbedarf wider. Deswegen werden die Simulationsergebnisse zum Tageslichtquotienten mit den Mindestwerten dieser Norm verglichen.

Die prEN 17037:2016-08 gilt für „alle Räume, die regelmäßig für längere Zeiträume genutzt werden, sofern das Tageslicht nicht Art und Aufgabe der Arbeit widerspricht“ (prEN 17037:2016-08, 1 Anwendungsbereich). Aus Sicht der Tageslichtautonomie wird eine Beleuchtungsstärke⁴ von mindestens 300 Lux empfohlen, die über 50% des Raumes zu 50% der Tageslichtstunden gewährleistet sein muss. Aus der Mindestempfehlung von 300 Lux⁵ ergeben sich für die 33 Hauptstädte der nationalen Mitglieder des Europäischen Komitees für Normung (CEN) Mindestwerte für den Tageslichtquotienten⁶. Für Deutschland (Berlin) beträgt der Mindestwert für den Tageslichtquotienten 2,2%.

Methodik

Für die Überprüfung der Faustformel werden unterschiedliche energetische Gebäudesanierungsvarianten bei einer häufig auftretenden, innerstädtischen Mehrfamilienhausbebauung untersucht. Die gewählte innerstädtische Situation stellt aus Sicht der Tageslichtversorgung bei Weitem nicht den ungünstigsten Fall dar. Sie bildet jedoch eine eher ungünstige, gleichzeitig aber realistische und in Städten häufig auftretende Situation ab.

Die Tageslichtsimulation wird auf Grundlage von in Sketchup⁷ erstellten Gebäudemodellen mit dem VELUX Daylight Visualizer 2 (Version: 2.8.4) durchgeführt. Die Untersuchung verwendet ein beidseitig angebautes Mehrfamilienhaus gemäß der Gebäudetypologie von [Klauß und Kirchhof, 2010], die auch in den EnEV 2017-Voruntersuchungen Anwendung findet.

³ Tageslichtautonomie: Anteil der Nutzungsstunden (bzw. Tageslichtstunden) pro Jahr in denen ein Raum ausreichend mit Tageslicht versorgt wird (kein Kunstlicht nötig)

⁴ Beleuchtungsstärke E: *Quotient des Lichtstroms $d\Phi$, der auf ein den Punkt enthaltendes Element der Oberfläche auftrifft, und der Fläche dA dieses Elements (Einheit: lm/m^2)* (DIN EN 12665:2011-09, 3.2.10, DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2011-09)

⁵ Hinweis: 300 lux sind gem. DIN 12464 die Beleuchtungsstärke, die u.a. für das Lesen eines Buches benötigt wird (Normale Sehaufgaben: kleine Details mit mittleren Kontrasten)

⁶ Tageslichtquotient D: *Verhältnis der Beleuchtungsstärke in einem Punkt einer gegebenen Ebene, die durch direktes oder indirektes Himmelslicht bei angenommener oder bekannter Leuchtdichteverteilung erzeugt wird, zur Horizontalbeleuchtungsstärke bei unverbauteer Himmelshalbkugel wobei die Anteile des direkten Sonnenlichts an beiden Beleuchtungsstärken hierbei unberücksichtigt bleiben.* (DIN EN 12665:2011-09, 3.4.8)

⁷ Sketchup Make, Version:17.2.2555

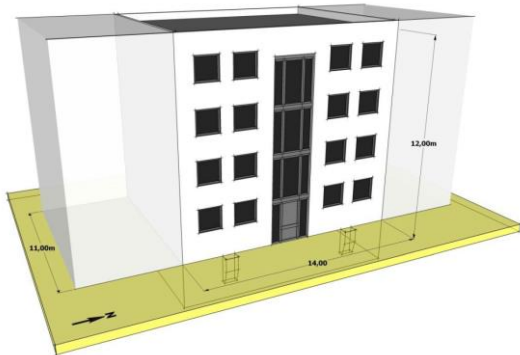


Abbildung 1: Mehrfamilienhaus gemäß Gebäudetypologie

Als Untersuchungsobjekt dient ein Raum (5 m x 4 m) mit einem Fensteranteil gemäß Musterbauordnung⁸. Der Untersuchungsraum befindet sich im 1. Obergeschoss und wird durch eine gegenüberliegende Mehrfamilienhauszeile (Abstand: ca. 14 m) verschattet.

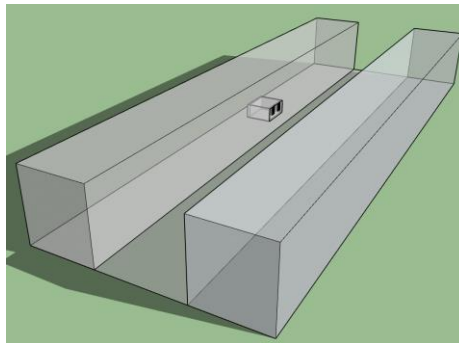
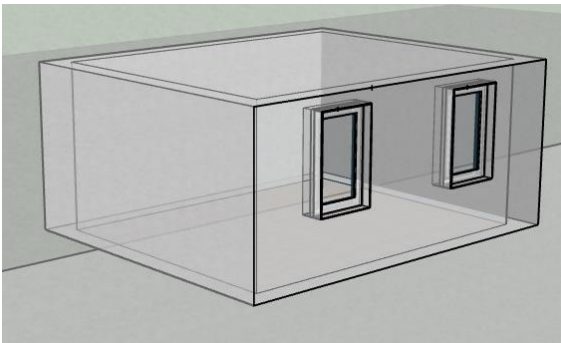


Abbildung 2: Sketchupmodell des Untersuchungsraums (links), der beiden Mehrfamilienhausreihen und des Untersuchungsraums (rechts)

Zudem werden die folgenden Randbedingungen gewählt:

- Massivwandstärke⁹: 30 cm Vollziegel und 3,5 cm Putz
- Oberflächen
 - Fläche zwischen Mehrfamilienhausreihen: Beton
 - Außenwände: mattbeige
 - Fußboden: helles Holz
 - Innenwände: hellgrau
 - Decke: mattweiß
- Kein Mobiliar, keine Gardinen

Tabelle 1 zeigt die unterschiedlichen Randbedingungen für die Ausgangsvariante eines Neubaus von 1975 (V0, zu sanierender Gebäudebestand) und für die gewählten Sanierungsvarianten (V1-V3).

⁸ Fensteranteil = $1/8 * (5 * 4 \text{ m}) = 2,5 \text{ m}^2$; 2 Fenster: 1,4 x 0,9 m

⁹ Typische monolithische Außenwand aus der Gebäudealtersklasse 1949-1978 (AW-3-01) gem. Institut für Bauforschung e.V. Hannover, "U-Werte alter Bauteile", Fraunhofer IRB Verlag, 2010, S. 94,

Tabelle 1: Randbedingungen der Varianten für die Gebäudesanierung

Sanierungs- variante	Verglasungs- typ	Rahmen- breite (inkl. Blend- rahmen)	Einbau- situation Fenster	Dämmung	Laibungs- dämmung	Rohbaumaß der Fenster
V0: Neubau 1975	2-fach ($\tau = 0,80$)	13,5 cm	Mitte Massivwand	nicht vorhanden	nicht vorhanden	2,5 m ² (1/8-Regel)
V1: Today's practice Sa- nierung	3-fach ($\tau = 0,70$)	13,5 cm	Mitte Massivwand	16 cm*, WLG 035	4,5 cm, durch- gehend	2,5 m ² (1/8-Regel)
V2: Future practice Sa- nierung	3-fach ($\tau = 0,75$)	11,5 cm	Außen vor Massivwand	8 cm*, WLG 018	nicht vorhanden	2,5 m ² (1/8-Regel)
V3: Best practice Sanierung	3-fach ($\tau = 0,75$)	11,5 cm	Außen vor Massivwand	8 cm*, WLG 018	nicht vorhanden	5,3 m ² (etwa 1/4)

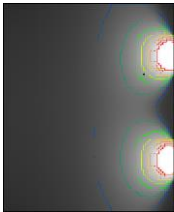
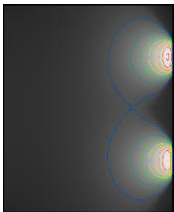
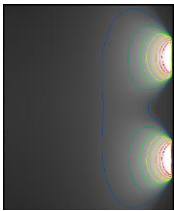
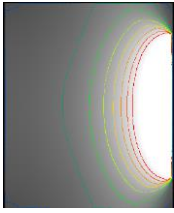
* $U_{AW, KW55} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

Die Sanierungsvarianten beschreiben die Fälle einer Standardsanierung (V1), einer tageslichtoptimierten Sanierung (V2) und einer Best practice Sanierung (V3) mit vergrößertem Rohbaumaß der Fensteröffnungen, die die Tageslicht-Anforderungen der prEN 17037:2016-08 gerade erfüllt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die soeben geschilderte Methodik führt zu den in Tabelle 2 dargestellten Ergebnissen. Die jeweils erzielte Qualität der Tageslichtversorgung wird dort visuell und verbal erläutert.

Tabelle 2: Tageslichtvisualisierungen des VELUX Daylight Visualizers für die Sanierungsvarianten inklusive Erläuterung

Sanierungsvariante	Tageslichtvisualisierung aus VELUX Daylight Visualizer	Erläuterung
V0 Neubau 1975	 D = 0,72%	Es zeigt sich, dass in den unteren Geschossen eines innerstädtischen Mehrfamilienhauses im Gebäudebestand die Tageslichtversorgung bei Anwendung der 1/8-Faustformel nicht ausreichend ist ($\approx 1/3$ des Mindestwertes des Tageslichtquotienten gemäß prEN 17037:2016).
V1 Today's practice Sanierung	 D = 0,52%	Nach einer Standardsanierung reduziert sich die Tageslichtversorgung zusätzlich durch verminderte Lichttransmissionsgrade der Verglasung und erhöhte Laibungverschattung durch die Wärmedämmung.
V2 Future practice Sanierung	 D = 0,65%	Auch durch eine tageslichtoptimierte Sanierung mit aktuell verfügbaren Produkten (Verglasungen, Dämmung mit niedriger Wärmeleitfähigkeitsgruppe) kann der Tageslichtquotient nicht einmal auf das Ausgangsniveau gebracht werden (-10 % ggü. dem Gebäudebestand (V0)).
V3: Best practice Sanierung	 D = 2,22%	Erst mit einer Verdopplung der Rohbauöffnung wird der Mindestwert des Tageslichtquotienten gemäß prEN 17037:2016 erreicht.

Die Ergebnisse zeigen, dass es drei wesentliche Determinanten der Tageslichtversorgung gibt:

- Größe der Verglasungsfläche (Rohbauöffnung, Rahmenbreite, Sprossen)
- Lichttransmissionsgrad der Verglasung
- Verschattung durch Dämmung und Außenwand

Weitere Faktoren, die die Versorgung mit Tageslicht zusätzlich verschlechtern können, hier aber nicht berücksichtigt werden, sind:

- Gardinen
- Rollläden
- Verschmutzung der Verglasung
- Mobiliar

Daher stellen die gewählten Randbedingungen keineswegs den ungünstigsten Fall (worst case) dar.

Das Hauptziel der Untersuchung besteht darin, die Faustformel aus der Musterbauordnung auf Grundlage des Entwurfs zur europäischen Norm prEN 17037:2016-08 zu überprüfen. Die folgende Abbildung zeigt daher für die Sanierungsvarianten die Ergebnisse für den Tageslichtquotienten im Vergleich zum Mindestwert Normenentwurfs.

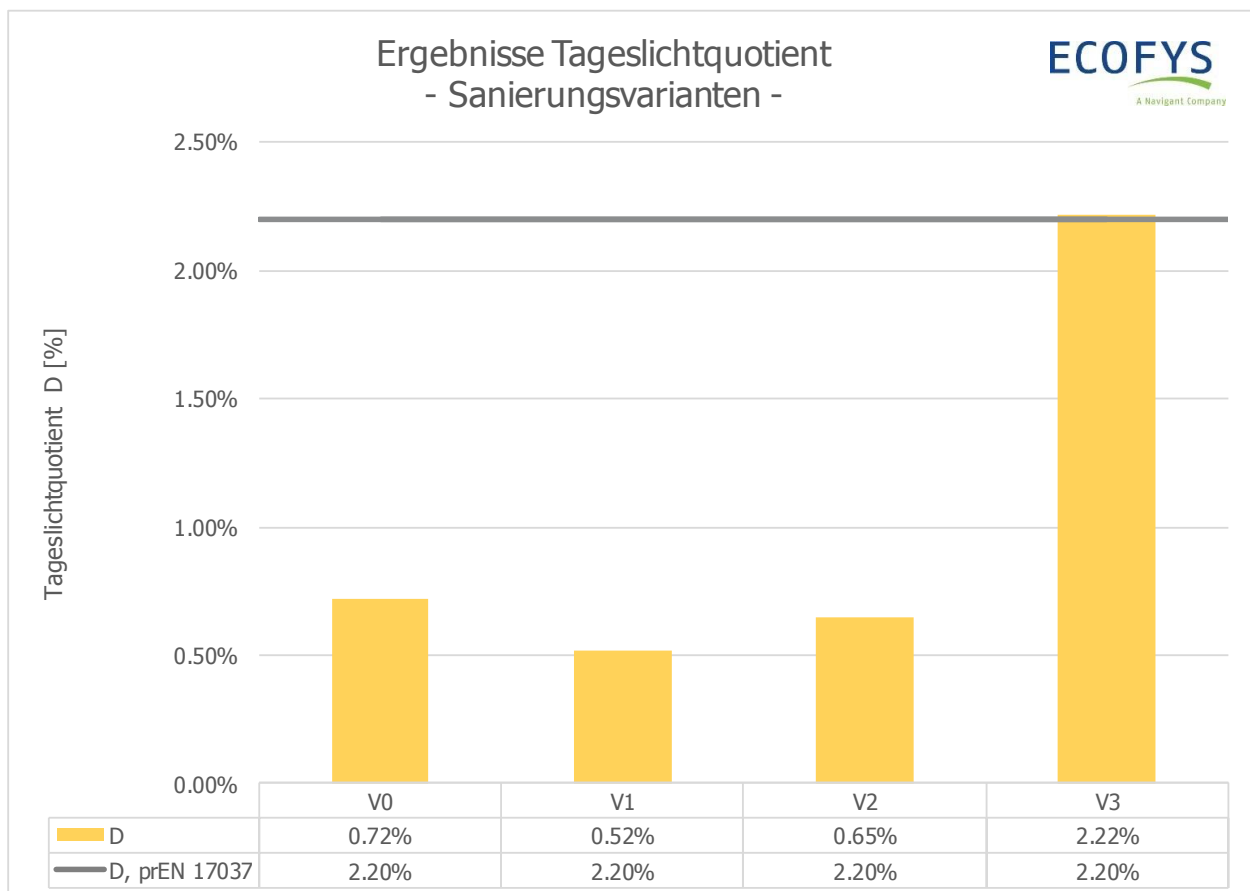


Abbildung 3: Vergleich der Tageslichtquotienten D der Sanierungsvarianten mit dem Mindestwert der prEN 17037

Abbildung 3 zeigt, dass unter Anwendung der 1/8-Faustformel sowohl für den Gebäudebestand (V0) als auch für die Sanierungsvarianten V1 und V2 bei Weitem nicht der Mindestwert für den Tageslichtquotienten der prEN 17037:2016 erfüllt wird. Erst die best practice Sanierung (V3), in dem die Faustformel für das Rohbaumaß der Fenster auf etwa 1/4 der Grundfläche des Raumes *verdoppelt* wird, genügt den Anforderungen an eine ausreichende Versorgung mit Tageslicht gemäß Normenentwurf.

Auf Grundlage der Simulationsergebnisse wäre eine Verdopplung der Faustformel gemäß Musterbauordnung für das Rohbaumaß der Fenster von 1/8 auf 1/4 der Grundfläche des Raumes anzuraten.

Zusätzlich zum reinen Fensteranteil (Rohbaumaß) der Musterbauordnung ist es empfehlenswert folgende Maßnahmen zur Verbesserung der Tageslichtqualität anzuwenden:

- Maximierung der Verglasungsfläche
 - geringer Rahmenanteil
 - Verzicht auf Sprossen
 - Lichte Höhe über Brüstung maximieren (mehr Höhe erreicht mehr Tageslichteffekt als mehr Breite)
- Maximierung des Lichttransmissionsgrades der Verglasung (bewusste Wahl der Verglasung)
- Keine Gardinen oder Gardinen mit hoher Lichttransmission
- Vollständig geöffnete Jalousien oder Rollläden
- Regelmäßige Reinigung der Fenster
- Minimierung der Lichtschachtwirkung der Fensterlaibung
 - Fenster möglichst weit außen (wärmetechnisch ideal: in der Dämmebene) anordnen und Laibungen abschrägen
 - Dämmstärken durch bewusste Wahl der Wärmeleitfähigkeit beschränken
- Helle Innenoberflächen und helles Mobiliar

Quellenverzeichnis

Bauministerkonferenz (ARGEBAU) (2012): Musterbauordnung (MBO).

Begründungsausschuß der Musterbauordnungskommission (Hg.) (1960): Einführung in die Musterbauordnung. Teil B: Die Vorschriften im einzelnen - Fassung August 1960. Schriftenreihe des Bundesministers für Wohnungsbau.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2011-09): DIN EN 12665 - Licht und Beleuchtung – Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung; Deutsche Fassung EN 12665:2011.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2016-08): DIN EN 17037 Entwurf - Tageslicht in Gebäuden; Deutsche und Englische Fassung prEN 17037:2016.

Fraunhofer IRB Verlag (Hg.) (2010): U-Werte alter Bauteile. Arbeitsunterlagen zur Rationalisierung wärmeschutztechnischer Berechnungen bei der Modernisierung. Institut für Bauforschung e.V. Hannover. Stuttgart.

Klauß, Swen; Kirchof, Wiebke (2010): Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit. Hg. v. Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. Kassel.

DIN 5034-1, 7/2011: Tageslicht in Innenräumen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen.

Copyright-Information: Bild „Window light“ © Freeimages.com/Scott Liddell

Tageslichtangebot in deutschen Gebäuden. Musterbauordnung noch zeitgemäß? Ergebnispapier |
Ecofys-Projektnummer UENDE17050 © Ecofys

Kontakt:

Dr.-Ing. Andreas H. Hermelink: a.hermelink@ecofys.com

Dipl.-Ing. Bernhard von Manteuffel: b.manteuffel@ecofys.com

Über Ecofys

Ecofys ist Teil von Navigant Consulting und eine führende internationale Beratung in den Bereichen Energie und Klima. Das Unternehmen legt den Schwerpunkt seiner Tätigkeiten darauf, eine nachhaltige Energieversorgung für alle zu verwirklichen. Im Jahr 1984 gegründet, ist Ecofys heute ein wegweisender Berater für Regierungen, Unternehmen, NGOs und Energieversorger weltweit. Ecofys arbeitet entlang der gesamten Energiewertschöpfungskette und entwickelt innovative Lösungen und Strategien für seine Kunden. Das Team liefert Erkenntnisse, die maßgeblich zum Fortschritt in der Energiewende und der Herausforderung Klimawandel beitragen. Mehr Informationen über Ecofys finden Sie unter

www.ecofys.com