

Michael Dienst

Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

Reihenuntersuchungen NACA 0016

Wissenschaftlicher Aufsatz

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Impressum:

Copyright © 2013 GRIN Verlag
ISBN: 9783656554356

Dieses Buch bei GRIN:

<https://www.grin.com/document/265720>

Michael Dienst

Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

Reihenuntersuchungen NACA 0016

GRIN - Your knowledge has value

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite www.grin.com ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

Besuchen Sie uns im Internet:

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

http://www.twitter.com/grin_com

Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

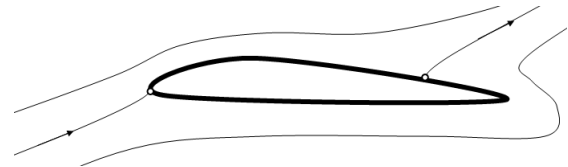
Beuth Hochschule für Technik Berlin
FB Maschinenbau, Verfahrenstechnik
Bionic Research Unit
Dipl.-Ing. Mi. Dienst

Zusammenfassung. Der Untersuchung des NACA-Standardprofils NACA0016 hinsichtlich der Transitions- und Separationseigenschaften unter Variation der Anströmrichtung mit potentialtheroretischen Methoden werden generelle Erläuterungen zu laminaren und turbulenten Grenzschichten vorangestellt. Es sollen in dieser Arbeit Methoden bereitgestellt werden, die erste Aussagen über das Stallverhalten von Profilen für Leit- und Steuertragflächen von Seefahrzeugen liefern. Die Methoden werden an einem Standardprofil der vierstelligen NACA-Reihe erprobt und sollen fürderhin geeignet sein, synthetische Profile für Kraft- und Arbeitstragflächen in unterschiedlichen Medien zu untersuchen. Es zeigt sich, dass die Aussagekraft von Strömungssimulationen mit der Potentialtheorie dort beschränkt ist, wo eine Korrelation der Transitions- und Separationseigenschaften auf einer Tragflächen-Profiloberfläche mit phänomenologischen Stallkriterien, etwa dem "Einbruch" der Quer- oder Auftriebskraft am Tragflügel hergestellt werden soll. Integral- und Mittelwerte stellen aber äußerst hilfreiche erste Informationen bei der Entwicklung synthetischer Profile für Kraft- und Arbeitstragflächen von Leit- und Steuertragflächen von Seefahrzeugen dar.

Intro. Bei Seefahrzeugen in Fahrt und beim Manövrieren ist die optimale und an Strömungswiderständen arme Funktionsweise entscheidend für höchste Fahrleistungen. Zu den Leit- und Steuerflächen im Unterwasserbereich von Seefahrzeugen gehören die Ruderanlage, bzw. die Ruderblattfläche. Ruderblätter besitzen in der Regel symmetrische Profile. In Fahrt bilden symmetrisch profilierte Kraft- und Arbeitstragflächen dann ein Querkraft generierendes System, wenn die Anströmung nichtaxial erfolgt. Dabei ist die Variation des Auftriebs

(Querkraft, Lift) eines symmetrischen Profils über den Anstellwinkel selbst symmetrisch. Die aus dem hydrodynamischen Auftriebsgebaren der Ruderblattfläche resultierende Querkraft wird beim Manövrieren genutzt.

Neben der Querkraftleistung einer Kraft- und Arbeitstragfläche interessieren die Verluste im Betrieb. Im Allgemeinen setzt sich der strömungsmechanische Widerstand einer voll getauchten Leit- und Steuerflächen aus Reibungs- und Formwiderstandsanteil zusammen. Für schlanke Körper, wie Tragflügel, überwiegt der Anteil der Reibung, der in erster Linie durch den Charakter der wandnahen Strömung bestimmt wird, die laminar oder turbulent sein kann. Grundsätzlich ist eine Strömung über festen Wänden zunächst laminar, wird dann mehr oder weniger rasch instabil und schlägt in turbulente Strömung um: Transition. Mit dem Übergang von laminarer zu turbulenter Strömung nimmt die Wandreibung erheblich zu. Es sind aber nicht alleine Oberflächenstrukturen oder die Rauheit der Tragfläche, die das Umschlagverhalten der wandnahen Strömung beeinflussen. Auch die Kontur des Tragflächenprofils, insbesondere seine Krümmung und dessen Änderung über den Strömungspfad haben Einfluss auf den Transitionsort. Das Strömungsprofil einer Leit- und Steuerfläche bezeichnet die Form eines Tragflügelsektors in Strömungsrichtung des umgebenden Fluids. Die Kontur eines Strömungsprofils ist die umhüllende Gestalt des Strömungskörpers. Durch die spezifische Form von Kraft- und Arbeitstragflächen und durch die Umströmung des Fluids kommt es zu einem Wechselwirkungsgeschehen, das durch Energieaustausch gekennzeichnet ist, derart, dass Krafttragflächen fluidmechanisch wirksame Tragflügel darstellen die geeignet sind, dem bewegten umgebendem Fluid vornehmlich Energie zu entziehen und Arbeitstragflächen fluidmechanisch wirksame Tragflügel darstellen die vornehmlich Energie in ein umgebendes Fluid einkoppeln. Für Kraft- und Arbeitstragflächen wird in der Regel eine mechanisch starre Form, ein deklaratorisch definiertes Profil und eine nichtflexible Kontur angestrebt. Die Profile von Kraft- und Arbeitstragflächen sind in der Regel entweder definiert symmetrisch oder definiert asymmetrisch. Ruder sind üblicherweise aus symmetrisch profiliertem Vollmaterial.



Querkraft und Stall. Das Tragverhalten einer Leit- oder Steuertragfläche im Betrieb wird durch das Auftriebs- und Widerstandsgebaren charakterisiert in einem Zustandsbereich, der sich

von der auftriebslosen zentrierten Anströmung bis zu einer degenerierten Umströmung der Kraft- und Arbeitstragfläche erstreckt.

Kommt es bei einer Tragflächenumströmung zu einem zu einem Ablösen der der konturnahen Strömungsschicht, spricht man von einem Strömungsabriss (engl.: stall). Es kann sich um die Ablösung einer laminaren oder einer turbulenten Strömung handeln. Mit dem Strömungsabriss verändert sich auch (schlagartig) das Auftriebsgebaren der Profilkontur.

Den entscheidenden aber wahrscheinlich nicht einzigen Einfluss auf das Stallverhalten symmetrisch profilierter Kraft- und Arbeitstragflächen nimmt der Anstellwinkel des Profils in der Strömung. Bei den hier betrachteten Leit- und Steuerflächen sind die Relativgeschwindigkeit klein gegenüber der Schallgeschwindigkeit, so dass Inkompressibilität angenommen wird. Somit gilt für inkompressible, stationäre viskositätsfreie Strömung konstanter Dichte in einem Gebiet das keine Wirbel enthält, dass die Summe aus dem Quadrat der Geschwindigkeit und dem Quotient aus Druck und Dichte ist konstant. Nützlich in diesem Zusammenhang ist der Satz der Impulserhaltung in einem Strömungsfeld, nach dem sich der Impuls nur unter Einfluss von Kräften ändert.

Tatsächlich resultiert die Auftriebskraft einer fluidmechanisch wirksamen Leit-, Steuer und/oder Antriebsfläche aus der Superposition einer Translations- und einer Zirkulationsströmung. Betrachtet man einen Profilschnitt einer unter kleinem Anstellwinkel angeströmten ortsfesten Leitfläche (Eulerszenario), so erscheint die Zirkulation an der Leseite in Anströmrichtung, auf der Luvseite entgegen der Anströmrichtung. Die Superposition führt zu einer verlangsamen Strömung auf der Luvseite und zu einer Beschleunigung in Lee. Kontinuitätsbeziehung und bernoullische Argumentation wiederum führen zu einem relativen Überdruckgebiet an der Luv- und einem relativen Unterdruckgebiet an der Leseite und zum erwarteten Auftriebsgebaren der Leitfläche. Die Entstehung der Zirkulationsströmung ihrerseits kann erklärt werden derart, dass die Viskosität des Fluids in der Grenzschicht zu einer vertikale Scherung der Horizontalströmung führt. Bei kleinen Krümmungen hat die Strömung die Tendenz, in Strömungsrichtung der Kontur eines Profils zu folgen. Direkt an der Konturlinie ist die Geschwindigkeit Null. Mit zunehmendem Abstand von der Profilkontur (in der Grenzschicht) wird die Geschwindigkeit größer, bis sie die Fluidgeschwindigkeit der Außenströmung erreicht. Durch diese Scherung hat das Fluid in der Grenzschicht eine Wirbelstärke. Die Viskosität bewirkt Kräfte, durch die die Geschwindigkeiten benachbarter Stromlinien angeglichen sowie die Wirbelstärke homogenisiert werden. Verlässt nun ein Teilchen mit seiner Wirbelstärke wegen der gebogenen

Kontur die Grenzschicht tangential, wird die Viskosität die Scherung des Geschwindigkeitsfeldes homogenisieren und die Wirbelstärke bleibt auf einem mittleren Wert. Mangels Scherung erzwingt sie eine gekrümmte Trajektorie in Richtung zurück zur Konturlinie. Als Gegenkraft hierzu verringert sich der Druck an der Kontur. Dieser niedrige Druck beschleunigt auch Fluid oberhalb der Grenzschicht nach unten. Der Druck ist auch niedriger als der Druck entlang der Profillinie stromaufwärts. Deshalb wird die Strömung auch tangential über die Profilkontur nach hinten beschleunigt.

Krümmung der Stromlinien. Anstellwinkel und Geometrie (Kontur) des fluidmechanisch wirksamen Leitflächenprofils erzwingen eine Richtungsänderung der Stromlinien des anströmenden Fluids. Ich stelle mir vor: Bewege sich das betrachtete Fluidvolumen infolge der Massenträgheit auf einer geraden Linie fort, würde sich die Entfernung zur (Stör-) Kontur des Leitflächenprofils sofort vergrößern und somit ein Gebiet niedriger Dichte entstehen, was wir in unseren Betrachtungen über ein inkompressibles Fluid aber gerade ausschließen möchten. Also erzwingt die Bedingung konstanter Fluidichte einen Druckgradienten entlang der betrachteten Stromlinie - quasi über die Strömung des Fluids - um das Hindernis herum. Nahe der Profilkontur kommt es zur Ausbildung der Grenzschicht. Durch die Scherkräfte in der Grenzschicht folgt das Fluid der Kontur des Profils. Mit zunehmender Entfernung vom Profil nimmt die Ablenkung der (ferneren laminaren) Strömung ab. Generiert die Krümmung der Stromlinien einen Druckgradienten, so führt die Kontinuitätsbeziehung und bernoullische Argumentation wieder zu einem relativen Überdruckgebiet an der Luv- und einem relativen Unterdruckgebiet an der Leeseite und zum Auftriebsgebaren der Leitfläche.

Impulsänderung. Der räumliche dreidimensionale Tragflügel muss durch eine unsymmetrische Umströmung die zur Entstehung der Querkraft notwendige Zirkulation selbst erzeugen. Analog zur Kreisumströmung entsteht bei Tragflügelprofilen die dynamische Querkraft (Auftrieb) nur dann, wenn eine gleich große vertikale Impulsänderung erfolgt. Diese Impulsänderung wird erreicht, indem die Tragfläche (das Tragflächenprofil) Fluid (nach unten) ablenkt. Es ist üblich, den Strömungszustand um ein Strömungsbauteil über die Reynolds-Similarität zu beschreiben¹.

¹ Stoffgrößen einiger Strömungsmedien

Stoff	dyn. Viskosität η	Dichte ρ	kin. Viskosität ν	Schallgeschw. a
[phys. Einheit]	[$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$]	[$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	[$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$]	[$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

$$\text{Reynolds-Zahl } Re = v \cdot L / \nu \quad [-] \quad (\text{F1})$$

Als "klein" sollen Anströmgeschwindigkeiten und/oder geometrische Bauteilabmessungen gelten, die einen Bereich von Reynolds-Zahlen $\{Re < 5000\}$ determinieren. Gestaltungsstrategien zur Strömungskontrolle entlang der Kontur eines Profils in einem Bereich kleiner Reynolds-Zahlen können den Ort des Umschlagpunktes von laminarer in turbulente Strömung betreffen.

Das Tragflügelprofil muss so gestaltet und entsprechend "angestellt" sein, dass es aus der Anströmsituation eine für die Querkrafterzeugung notwendige Zirkulation erzeugen kann. In einer potentialtheoretischen Betrachtung werden zunächst zwei "Staupunkte identifiziert. Eine scharfe Profilhinterkante bewirkt, dass das Tragflügelprofil von unten herkommend nach oben bis zum hinteren, auf der Profiloberseite liegenden Staupunkt umströmt werden muss. Diese Umströmung einer scharfen Hinterkante führt (theoretisch) zu einer plötzlichen Richtungsänderung der Geschwindigkeit; mathematisch gesehen eine (unendlich) große Beschleunigung der Strömung. Die (anfängliche) hintere Umströmung ist nicht stabil und kann daher nicht lange bestehen. Dies hat zur Folge, dass die Strömung an der Hinterkante sehr rasch ablöst. Gleichzeitig bildet sich ein Wirbel durch das Aufrollen einer sich ablösenden Grenzschicht. Dieser sog. Anfahrwirbel schwimmt mit der Strömung nach hinten ab. Nach dem Satz von Thompson ist die Gesamtzirkulation im Gleichgewicht (Summe ist Null); dies hat zur Folge, dass sich um das Tragflügelprofil herum ein zweiter, entgegengesetzt drehender Wirbel bildet. Dieser gebundene Wirbel stellt die notwendige Zirkulation um den Tragflügel und entsteht somit aus der vom Profil verursachten unsymmetrischen Umströmung, bei der das Fluid auf der Unterseite verzögert, und auf der Oberseite des Profils Beschleunigt wird.

Druckverteilung. Das gegenüber dem herrschenden Normaldruck relative Unterdruckgebiet auf der Profilkonturoberseite und das gegenüber dem herrschenden Normaldruck relative Überdruckgebiet auf der Profilkonturunterseite repräsentieren das Auftriebs- bzw. Querkraftgebaren des Tragflügelprofils. Dabei trägt relative Unterdruckgebiet auf der Profilkonturoberseite wesentlich (3/4) zur Gesamtquerkraft bei. Der Druckgradient korreliert nach der

Luft ₁	$18,1 \cdot 10^{-6}$	1,188	$15,24 \cdot 10^{-6}$	343
Wasser ₂	$1,01 \cdot 10^{-3}$	$0,998 \cdot 10^3$	$0,1012 \cdot 10^{-6}$	1484
Öl ₃	$6,80 \cdot 10^{-3}$	$0,858 \cdot 10^3$	$7,93 \cdot 10^{-6}$	1340

Energiegleichung (Bernoulli) mit der Geschwindigkeit und deren Änderung an der Profilkontur. Die Strömung hat grundsätzlich die Tendenz, der Profilkontur zu folgen. Den größten Einfluss auf die Eigenschaften des Profils haben:

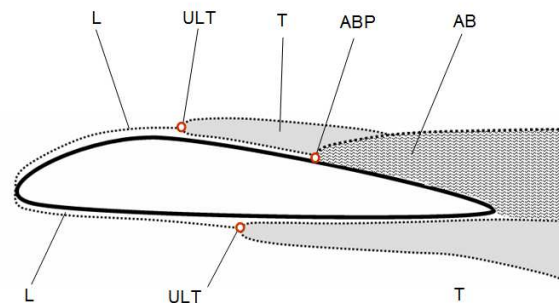
- Profilwölbung und Wölbungsrücklage,
- maximale Profildicke und die Änderung der Profildicke entlang der Profelsehne,
- Nasenradius,
- Hinterkante (Form der Skelettlinie nahe der Hinterkante – gerade Skelettlinie oder aufwärts geschwungen; Winkel zwischen Ober- und Unterseite an der Hinterkante).
- Der Auftriebsanstieg hängt im normalen Anwendungsbereich linear vom Anstellwinkel ab. Die Steigung $\Delta C_a / \Delta \alpha$ beträgt für alle Profiformen etwa 0,11 pro Grad
- Der maximale Auftrieb wird von der Wölbung, dem Nasenradius und der Dicke bestimmt.

Grenzschicht-Kriterien. Die Grenzschichttheorie² beschäftigt sich mit Fluidbewegung bei sehr kleiner Reibung. Der Übergang von der laminaren (schichtenartigen, ruhigen) in die turbulente (unruhige, vermischende) Strömungsform stellt ein zentrales Problem der Strömungsmechanik dar. Diese Transition tritt bei Scherströmungen auf, also dann, wenn sich in einem Fluid die Geschwindigkeitskomponente quer zur Hauptgeschwindigkeits-richtung stark ändert. An jedem um- oder durchströmten Körper bildet sich direkt an der Körperoberfläche eine Grenzschicht aus, innerhalb der sich die Geschwindigkeit des Fluids aufgrund Reibung an die Geschwindigkeit der Körperoberfläche angleicht. Diese Grenzschicht verursacht im laminaren Zustand einen erheblich geringeren Reibungswiderstand als im turbulenten Zustand. Sehr kleine Störungen mit Wellencharakter (die Tollmien-Schlichting Wellen) werden mit zunehmender Laufstrecke in der Grenzschicht verstärkt. Sie verursachen einen Übergang zur turbulenten Grenzschicht und damit einen höheren Widerstand. In der Grenzschicht eines fluiddynamisch wirksamen Körpers besitzt die Reibung Einfluss auf das Geschwindigkeitsprofil des Fluids. In der Regel ist die Strömung erst laminar (lat. lamina, „Platte“), dann turbulent; Verwirbelungen und

² Ludwig Prandtl (* 4. Februar 1875 in Freising; † 15. August 1953 in Göttingen) war ein deutscher Physiker. Er lieferte bedeutende Beiträge zum grundlegenden Verständnis der Strömungsmechanik und entwickelte die Grenzschichttheorie und führte die Grenzschichttheorie im Jahr 1904 bei einem Vortrag auf dem Heidelberger Mathematiker-Kongress ein.

Querströmungen herrschen vor. Die laminare Strömung ist eine Fluidbewegung, bei der keine sichtbaren Turbulenzen auftreten: Das Fluid strömt in Schichten, die sich nicht miteinander vermischen. alle Teile der Grenzschicht einer parallelen Strömung sind der Hauptströmung gleichgerichtet.

Die Laminare Unterschicht ist, abhängig vom Fluid, nur wenige Millimeter dick. Die Fluidströmung ist hier laminar. Erst in einer darüber liegenden Schicht ist die Strömung turbulent. Alle Vertikaltransporte von Impuls, Energie und Stoff erfolgen durch Molekularbewegungen (Geschwindigkeitsfluktuationen). Die kinetische Energie (Strömungsenergie) der turbulenten Schicht ist wesentlich größer als in der laminaren Schicht, mit der Folge, dass der Strömungswiderstand der turbulenten Grenzschicht größer ist (Newton'sches Reibungsgesetz). Die Umgebungsströmung nährt die turbulente Grenzschicht, d.h. aus der Außenströmung wird durch Impulsaustausch der turbulenten Grenzschicht ständig Energie zugeführt. Dieser Energietransport ist dafür verantwortlich, dass der vertikale Geschwindigkeitsgradient sehr steil verläuft. Dies wiederum führt zu einer gewissen Robustheit der turbulenten Grenzschicht; sie ist unempfindlicher gegenüber einer Ablösung der Strömung. Die turbulente Grenzschicht überwindet (im Gegensatz zur laminaren Grenzschicht) deshalb ohne Ablösung einen bis zu dreifachen Druckanstieg an der Tragflächenprofilkontur. Die Laminare Unterschicht ist eine viskose Schicht in Wandnähe; sie unterliegt der turbulenten Grenzschicht. Die Ursache der laminaren Unterschicht wird mit Schwankungskomponenten der Geschwindigkeit in Wandnähe des Strömungskörpers erklärt, die superponierbar sind. Infolge Haftbedingung (an der Wand wird das Fluid durch Reibung zum Stillstand gebracht) Reflektionen (Wand), Dämpfung (Fluid) und der Superponierbarkeit der Strömungsanteile kommt es zu einer Homogenisierung und zur Ausbildung einer sehr dünnen, diskreten konturnahen Schicht. Deren Dicke beträgt nur 2% bis 5% der gesamten Grenzschicht aus laminarer Unterschicht und turbulenter Oberschicht. Je weiter ein Fluidteilchen (in der laminaren Unterschicht) von der Wand entfernt ist, desto höher ist dessen Geschwindigkeit. Von der Wand bis zur Grenze der Grenzschicht kann das Geschwindigkeitsprofil als



- ULT Umschlagpunkt (laminar in turbulent)
- L laminare Grenzschicht
- T Turbulenz
- ABP Ablösepunkt
- AB Ablösegebiet mit Rückströmung

quadratische Funktion angenähert werden.

Umschlagpunkt. Der Umschlag der laminaren Grenzschicht in eine turbulente Schicht (Transition zur Turbulenz) ist aus physikalischer Sicht ein Stabilitätsproblem. Die mathematische Beschreibung (Grenzschicht-Differentialgleichungen) des Umschlags der laminaren Grenzschicht in eine turbulente Schicht wird mit instabile Störungen, so genannten Tollmien-Schlichting(TS)-Wellen äußerster Komplexität in Verbindung gebracht, deren Physik bislang nicht vollständig beschrieben ist und die nur schwer beschreibbaren Zuständen der laminaren Unterschicht begründet. Aber es gibt experimentelle Lösungen. In Strömungsversuchen taucht regelmäßig das Phänomen auf, dass der Umschlagpunkt der laminaren in die turbulente Grenzschicht (Transition zur Turbulenz) an der Stelle des Druckminimums der Außenströmung auftritt. Die Zustandsgrößen der Außenströmung ihrerseits können genügend genau mit einem potentialtheoretischen Berechnungsansatz ermittelt werden. Auf diese Weise werden die Umschlagpunkte an der unteren und an der oberen Profilkontur ansatzweise berechnet.

Unter- und Überkritische Strömung. Als unterkritische Profilmströmung wird die laminare Grenzschicht benannt. Überkritische Strömung herrscht, wenn der laminaren Strömung eine turbulente Strömung nachfolgt. Der Umschlag von einem unterkritischen Zustand in den Überkritischen Zustand erfolgt bei umso kleineren Geschwindigkeiten, je schlanker ein Strömungskörper ist. Die Korrelation zu den entsprechenden Reynoldszahlen ist in der Strömungsmechanik üblich. große Reynoldszahlen: die Strömung ist turbulent, d. h. innerhalb der Grenzschicht können die Teile der Strömung bis hinab in den molekularen Bereich jede Richtung annehmen, ihre Dicke bleibt jedoch eng begrenzt. In der Hauptströmung bleibt die Geschwindigkeit konstant verteilt. Anschaulich gesprochen führt eine Konturverbreiterung zum lokalen Anlegen der Strömung an den Strömungskörper. Auf diese Weise kann eine Strömung über die Konturgeometrie über eine gewisse (aber nicht beliebig lange) Strecke der Tragflügelwands im Sinne einer Laminarisierung konditioniert werden. Dies ist (eins von mehreren) Gestaltungskonzepten für ein unterkritisches Laminarprofil.

Bei scharfkantigen (gegebenenfalls schlanken) Strömungskörpern erfolgt der Umschlag von laminarer Strömung in turbulente Strömung direkt an der Strömungskörperspitze. Hier wird die Strömung schlagartig turbulent. Am dreidimensionalen Tragflügel kann es bei schräger Anströmung direkt an der Strömungskörperkante zu einer Ablösung kommen. Man unterscheidet zwischen dem Ort des Strömungsumschlags und dem Ort des Ablösezustands an einer Tragflügelprofilkontur.

Stall. Im Bereich kleiner und mittlerer Reynoldszahlen ist eine ungünstige, in aller Regel nichtaxiale Profilanströmung Ursache für den Stall. Profilkonturen zeigen hier sehr unterschiedliche Charakteristika hinsichtlich des maximalen Anstellwinkels α_{STALL} , bei dem ein Strömungsabriss auftritt. In messtechnischen Untersuchungen tritt dieser Winkel deutlich als Kurvenmaximum hervor, da sich genau hier das Auftriebsverhalten des (realen) Tragflügels gegenüber einem Bereich ähnlicher, aber kleinerer Anstellwinkel unterscheidet.

Wenn es gelingt den Bereich der fluidmechanischen Tragfähigkeit der Profilkontur zu vergrößern, den Stallwinkel α_{STALL} hin zu größeren Werten zu verschieben, werden Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen leistungsfähiger im Sinne der Querkraftgenerierung und angesteuerte Arbeitstragflächen (etwa) Rudertragflächen von Seefahrzeugen besitzen Fehlertoleranz in einem größeren Bereich.

Die Beschaffenheit der Gesamtkonstruktion einer Kraft- oder Arbeitstragfläche kann auf eine "gutmütige Stall-Charakteristik" hin ausgerichtet sein dahingehend, dass bei unbeabsichtigtem Eintreten in den Stall keine abrupten Querkraftverluste eintreten. Diese Robustheit der Tragflügel werden mit Abschlüssen des Auftriebs (der Querkraft) und erhöhtem Widerstand im Regelbetriebspunkt erkauft und führen zu einer generellen Leistungsminderung der Kraft- und/oder Arbeitstragfläche. Deshalb ist es für den Entwickler neuer Ruderblattgeometrien und Profile viel interessanter, die Ursachen der Stallentstehung zu untersuchen und gegebenenfalls Maßnahmen anzuwenden und Methoden zu entwickeln, die zu einer Strömungskontrolle an der Profilkontur führen.

Unter Strömungsmechanikern, insbesondere Aeromechanikern - bei Flugzeugen entscheidet der Strömungsabriss gegebenenfalls über Leben und Tod - ist die Ansicht verbreitet, der Strömungsabriss hänge "einzig" vom Anstellwinkel der Profilkontur ab: *"Das Auftreten eines Strömungsabrisse hängt ausschließlich vom Anstellwinkel ab. Dennoch kann man diesem Winkel in der Praxis eine Geschwindigkeit zuordnen. Je geringer die Geschwindigkeit eines Flugzeuges wird, desto mehr muss der Anstellwinkel erhöht werden, damit das Flugzeug ohne an Höhe zu verlieren geradeaus fliegt. Will man zudem noch ohne Höhenverlust eine Kurve fliegen, muss der Anstellwinkel zusätzlich erhöht werden. Die Geschwindigkeit, bei der es im Geradeausflug zum Strömungsabriss kommt, nennt man Abrissgeschwindigkeit^[1], Überziegeschwindigkeit, halbenglisch Stall-Geschwindigkeit, oder auch als englisches Fremdwort Stallspeed. Fliegt ein Flugzeug schneller als Stallspeed, aber langsamer als mit der vom Hersteller festgelegten Mindestgeschwindigkeit, dann gerät es in den Sackflug. Die Strömung an den Tragflächen ist bereits turbulent, der Auftrieb stark vermindert,*

das Flugzeug „sackt durch“. Die Strömung ist aber noch nicht völlig abgerissen und das Flugzeug bleibt – eingeschränkt – steuerbar "[w-001].

Für Flugzeuge ist diese Sicht der Dinge durchaus angebracht, da sich die Tragflügelprofile nur sehr selten in einem "auftriebsfreien" Zustand befinden. Bei Leit- und Steuerflächen von Seefahrzeugen allerdings herrschen andere Betriebszustände vor. Während der manöverfreien Geradeausfahrt könnte man theoretisch das Seitenruder vollständig aus der Strömung entfernen - bei Rennjollen durchaus probate Praxis. Schiffsstabilisatoren werden in der Regel nur bei unwirtschaftlichen Verhältnissen gefahren. Betrachten wir praxisrelevante Rudertragflächen, so zeigt sich, dass in der "realen" auftriebslosen Geradeausfahrt Strömungsablösungen auftreten mit der Folge einer Vergrößerung des Druckwiderstands. Dieses Ablösegebaren ist regelmäßig periodischer Natur und in der Definition der dimensionslosen "Strouhalzahl³, Sr " gegenwärtig, die für eine ideale, zentrale Anströmung eines (ideal-)symmetrischen Strömungskörpers, die Frequenz der zeitlichen Wirbelentwicklung im Nachlauf des Strömungskörpers, beispielsweise einer Karman'schen Wirbelstraße⁴ bestimmt.

$$\text{Strouhalzahl} \quad Sr = (f \cdot L \cdot v^{-1}) \quad (\text{F2}) 1)$$

Die Strouhalsimilarität tritt bei der Beschreibung instationärer Strömungszustände auf und ist von der Reynoldszahl abhängig (bzw. der Geschwindigkeit der ungestörten Strömung v [ms^{-1}]). Die Strouhal-Zahl Sr ist das Verhältnis aus dem Produkt aus Wirbelablösefrequenz f : $f = 1/t$ [s^{-1}] und einer Referenzlänge, etwa der der Größe des umströmten Hindernisses L und der Strömungsgeschwindigkeit v . Für die meisten praktischen Anwendungen gilt die Näherung $Sr [-] = 0,2$. Für $Sr [-] = 0$ kann die Strömung als quasistationär betrachtet werden. Dies werden wir in den nachfolgenden Betrachtungen als vorausgesetzt ansehen.

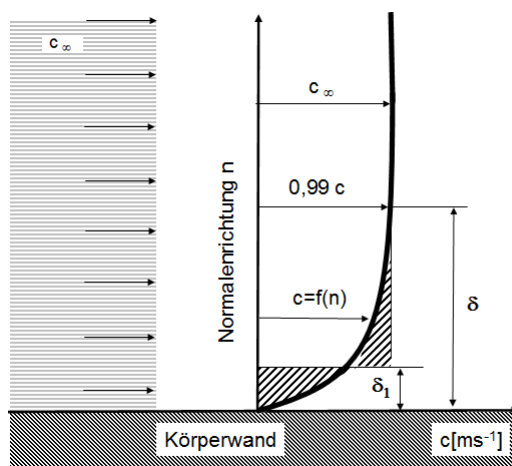
Am Beispiel des Ablösegebarens der "idealen" auftriebslosen Geradeausfahrt einer Rudertragfläche lassen sich die physikalischen Phänomene in der Grenzschicht einer Profilkontur studieren mit dem Ziel generaler Gestaltungsempfehlungen für den Entwurf leistungsfähiger Leit- und Steuerflächen von Seefahrzeugen (Handbuch Laminarprofile für Rudertragflächen). Die potentialtheoretischen Betrachtungen werden

³ **Vincent Strouhal** auch **Čeněk Strouhal** (* 10.4.1850 in Seč; † 23. Januar 1922 in Prag) war ein tschechischer Physiker auf dem Gebiet der (Hydrodynamik) und ein Fachmann der Experimentalphysik.

⁴ **Theodore von Kármán** (* 11. Mai 1881 in Budapest als *Kármán Tódor*; † 7. Mai 1963 in Aachen) war ein österreichischer (österreichisch-ungarischer)/amerikanischer Physiker und Luftfahrttechniker.

zu dem NACA-Standardprofil⁵ NACA0016 durchgeführt, das derzeit Gegenstand mess- und simulationstechnischer Untersuchungen in unserem Hause ist [Voss-12-1] [Voss-12-2] [Voss-13].

Grenzschichtdicken (boundary layer thickness). Die Definition einer Grenzschicht bzw. einer in Normalenrichtung zur Profilkontur beschriebenen Dicke δ der Strömungsgrenzschicht ist eine Konvention und in gewisser Weise willkürlich, da sich der Übergang der Geschwindigkeit in die Außenströmung asymptotisch vollzieht⁶. In der Literatur wird als Grenzschichtdicke der Abstand von der Wandkontur definiert, an dem sich die Geschwindigkeit nur noch um 1% von der Außenströmung unterscheidet (Definition nach Schlichting⁷). Für diesen Abstand zur Wandkontur hat sich der Begriff der Grenzschichtdicke δ_{99} [m] etabliert.



(D3)

Figur D3: Grenzschichtdicke.

Der phänomenologischen Grenzschichtdicke δ_{99} [m] werden folgend weitere, physikalisch begründbare Grenzschichtdicken zur Charakterisierung der der Konturwand des Profils nahen Außenströmung beigelegt. Die Idee der Verdrängungsdicke δ_1 [m] ist die einer virtuellen

⁵ Profilsystematik, NACA (National Advisory Committee for Aeronautics, später NASA)

⁶ Siegloch, H. (2009) Technische Fluidodynamik. S. 96 ff. 7. Auflage. Springer Verlag Heidelberg, London, N.Y.

⁷ Schlichting, H. Grenzschichttheorie, Springer Verlag Berlin.

und Schlichting, H (2000) Boundary-Layer Theory, Springer ISBN 3540662707

Hüllkurve um die Profilkontur, die eine intakte Außenströmung von einem konturnahen und wenig homogenen Strömungsbereich (scheinbar) separiert. Die Impulsverlustdicke δ_2 [m] und die Energieverlustdicke δ_3 [m] beschreiben jene Bereiche um eine Kontur in denen Impuls- und Energie-Wechselwirkungen beobachtbar, messbar und in einer mathematischen (und numerischen) Weise beschreibbar werden. Wir sprechen in diesem Zusammenhang von Gebieten und Flächen, weil sich die Betrachtungen auf eine Profilkontur (zweidimensionale Profilkontur, im Englischen: wing section) beziehen. Der reale Flügel bildet freilich eine - im treffenden Sinne - räumliche Grenzschicht aus, deren Dicke über eine Hüllfläche um den Tragflügel variiert. Für die Entwicklung neuartiger Profilkonturen ist aber zunächst die Betrachtung des ebenen Falls (Profilkontur) vorteilhaft.

In realen Grenzschichten ist die Geschwindigkeit der Strömung aufgrund der Haftbedingung nahe der Körperwand gegenüber einem fiktiven idealisierten Fall (ohne Haftbedingung) vermindert. Dies hat eminente energetische Konsequenzen. Anders als in dem realistischen Fall einer Strömung, die von Verharren und Haftung des Mediums an den Körperwänden gekennzeichnet sei, ist die Impulshaltigkeit der Strömung und die kinetische Energie in der "Nähe der Wandkontur" des Profils (also in der so genannten Grenzschicht mit der Schichtdicke δ_{99} [m]) vermindert.

Abgeleitete Grenzschichtdicken δ_1 δ_2 δ_3 . Gegenüber dem idealisierten Fall ohne Grenzschicht wird die gesamte Außenströmung im realen Fall (Strömung mit Haftbedingung) nach außen gedrängt. Die Breite dieser Verrückung wird in Normalenrichtung zur Profilkörperkontur und in der Einheit [m] gemessen oder auf die Profiltiefe t normiert (δ_1/t) angegeben. Der Betrag der Verdrängungsdicke δ_1 [m] ist abhängig von der (tatsächlichen) Lauflänge der Strömung, also nicht normiert. Die Verdrängungsdicke δ_1 [m] ist wie die Grenzschichtdicke δ_{99} [m] eine definitorische Größe, für die folgende Annahme gilt: Man findet die Verdrängungsdicke in einem Geschwindigkeitsgradienten senkrecht zur Profilkörperkontur gerade dort, wo der Flächeninhalt der Geschwindigkeitskurve (das Integral unter der Kurve) im Gleichgewicht steht. Dies ist schematisch in obiger Skizze angedeutet. Die Verdrängungsdicke δ_1 spannt somit eine (fiktive) Hüllkontur des Profils auf, um die eine Potentialströmung verdrängt würde, wenn sie die gleiche Masse wie die Grenzschichtströmung transportieren würde. Außerhalb dieser Hüllkontur besitzt die Außenströmung die Qualität einer Potentialströmung. Mit der Geschwindigkeit $c(n)$ im Innern der Hüllkurve, die in Normalenrichtung (n) von der Konturwand variiert, der Geschwindigkeit V der idealisierten Potentialströmung außerhalb der

Hüllkurve und den Bereichsgrenzen $\{0.. \delta_{99}\}$ erhalten wir eine Formulierung der Verdrängungsdicke δ_1 als Integral über eine Kurve der dimensionslosen Geschwindigkeit (c/V) in den identifizierten Bereichsgrenzen:

$$\text{Verdrängungsdicke } \delta_1 = \int_0^{\delta} (1 - (c(n)/V)) dn \quad (\text{F4})$$

Mit einer Similaritätsbetrachtung⁸ lässt sich der Gradient der dimensionslosen Geschwindigkeit $(c(n)/V)$ der über die Normalenrichtung (n) senkrecht der Konturwand variiert, weiter auswerten.

Größen und Einheiten zur Dimensionsanalyse

(T5)

Größe	Symbol	Einheit	Dimension
Länge	n	[m]	L
Volumenelement	(dx dy dz)	[m ³],	L ³
Fläche	A _{yz}	[m ²],	L ²
Geschwindigkeit	c, v, V	[m/s]	L • T ⁻¹
Beschleunigung	a	[m/s ²]	L • T ⁻²
Impuls	I	[kg m/s]	M • L • T ⁻¹
Energie, Arbeit	W	[kg m ² /s ²], [J]	M • L ² • T ⁻²
Leistung	P	[kg m ² /s ³], [W]	M • L ² • T ⁻³
Dyn. Viskosität	μ	[N s /m ²]	M • L ⁻¹ • T ⁻¹
Kin. Viskosität	ν	[m ² /s]	L ² • T ⁻¹

Eine Dimensionenbetrachtung über den Impuls und über die Energie führt zu zwei weiteren Formulierungen für Grenzschichtdicken.

$$\text{Impulsaustauschdicke}^9 \quad \delta_2 = \int_0^{\delta} (c(n)/V) \cdot (1 - (c(n)/V)) dn \quad (\text{F6})$$

Die Impulsaustauschdicke δ_2 beschreibt die Dicke einer Grenzschicht, bei der eine Potentialströmung den gleichen Impulstransport wie die

⁸ siehe auch: Dienst, Mi.(2012) Methoden in der Bionik. Kennzahl für die Fluid-Struktur Wechselwirkung. GRIN Verlag GmbH München, ISBN (Buch): 978-3-656-08838-7, (e-Book): 978-3-656-08872-1 und Dienst, Mi.(2011) Methoden in der Bionik. Die reynoldsbasierte fluidische Fitness. GRIN Verlag GmbH München, ISBN (Buch): 978-3-640-90894-3

⁹ In der Literatur als Impulsverlustdicke bezeichnet. Siehe hierzu auch: Schlichting, H. (2000) Boundary-Layer Theory, Springer ISBN 3540662707

Grenzschichtströmung hätte. In diesem Zusammenhang ist noch eine auf ein Längenmaß aus der Grenzschichtgeometrie bezogene, spezifische Geschwindigkeit von Belang, die lokale Reynoldszahl:

$$\text{Lokale Reynoldszahl} \quad \text{Re}_{\delta_2} = v/V \cdot \delta_2 / \nu \quad [-] \quad (\text{F7})$$

Des Weiteren ist die Energieverlustdicke δ_3 die ein Maß für den Energieverlust der Grenzschichtströmung, verglichen mit der idealen Potentialströmung.

$$\text{Energieverlustdicke} \quad \delta_3 = \int_0^{\delta} (c(n)/V) \cdot (1 - (c(n)/V)^2) \, dn \quad (\text{F8})$$

Die Verdrängungsdicke δ_1 , die Impulsaustauschdicke δ_2 und die Energieverlustdicke δ_3 sind fester Bestandteil der Grenzschichttheorie. Es ist aber in der Entwicklungspraxis zu beachten, dass alle drei Dickenmaße synthetische Formulierungen sind, den gleichen (letztendlich phänomenologischen) Geschwindigkeitsgradienten (c/V) auswerten und am Modellsystem des ebenen Plattenprofils entworfen wurden.

Da wir in diesem Aufsatz auf der Suche nach Kriterien für die charakteristischen Stalleigenschaften (ebenfalls synthetischer) Profilkonturen sind, kommt die Energieverlustdicke δ_3 die rein mathematisch betrachtet eine generalisierte Norm zweiten Grades über den Geschwindigkeitsgradienten darstellt, vor dem Hintergrund einer Sensitivitätsbetrachtung der Grenzschicht unseren Erfordernissen am ehesten nach. Letztendlich ist es der Energieaustausch, der eine Strömung in den Ablösezustand zwingt.

Grenzschichtdickenverfolgung. Unter Stall wird der durch Strömungsablösung hervorgerufene Einbruch des Auftriebs (loss of Lift) bzw. der Querkraft einer Kraft- und/oder Arbeitstragfläche verstanden: *In fluid dynamics, a "stall" is a reduction in the lift coefficient generated by a foil as angle of attack increases¹. This occurs when the critical angle of attack of the foil is exceeded. The critical angle of attack is typically about 15 degrees, but it may vary significantly depending on the fluid, foil, and Reynolds number [w-2].*

Im deutschsprachigem Raum beschreibt der Begriff des Stalls (Stall, stalling) die Ursache des Einbruchs der Querkraft einer Kraft- und/oder Arbeitstragfläche, bzw. der Strömungsablösung, den Abriss der

Strömung selbst. Dieser Argumentation folgend besitzt die Stall-Ursache Strömungsablösung einen Zeitpunkt oder einen Ort auf der Profilkontur, der im Rahmen einer messtechnischen oder numerischen Grenzschichtanalyse terminiert und/oder lokalisiert werden kann. Die Verfolgung der für einen Strömungszustand ermittelbaren Größen Verdrängungsdicke δ_1 , Impulsaustauschdicke δ_2 und Energieverlustdicke δ_3 liefert Charakteristiken einer Profilkontur für das Stall-Verhalten im (idealisierten) Betrieb.

x/t [-]	y/t [-]
0,39604415	0,07690138
0,44773577	0,07381149
0,50000000	0,06974700
0,55226423	0,06488268
0,60395585	0,05939522
0,65450850	0,05345697
0,70336832	0,04723245
0,75000000	0,04087742
0,79389263	0,03453981
0,83456530	0,02836171
0,87157241	0,02248112
0,90450850	0,01703285
0,93301270	0,01214764
0,95677273	0,00794945
0,97552826	0,00455108
0,98907380	0,00204871
0,99726095	0,00051616
1,00000000	0,00000000



Tabelle T9:
Koordinaten und Kontur eines
symmetrischen Standardprofils der
vierstelligen NACA-Serie.

Profilkontur NACA0016
Profilkordinaten (x, y) bezogen auf die
Profiltiefe t: x/t [-] und y/t [-]

Die nachfolgenden potentialtheoretischen Betrachtungen werden zu dem symmetrischen Standardprofil der vierstelligen NACA-Serie¹⁰, NACA0016 durchgeführt. Das Das Profil NACA0016 ist symmetrisch. Die beiden führenden Nullen geben an, dass es keine Profیلwölbung hat. Die

¹⁰ Für die vierstellige NACA-Serie wurden 78 Profile im Windkanal getestet. Die vier Ordnungsziffern repräsentieren drei geometrische Werte des Profils (Profیلwölbung, Wölbungsrücklage und maximale Profildicke), die für die Eigenschaften des Profils ausschlaggebend sind. Die Kontur der vierstelligen NACA-Serie ist geschlossen beschreibbar.

16 gibt an, dass das Verhältnis Profildicke zu Länge der Profilsehne 16 % beträgt. Folglich hat das Profil bei einer Länge von 100 % (Länge der Profilsehne) eine Profildicke von 16 %. Die Kontur der Standardprofile der vierstelligen NACA-Serie sind definiert:

$$\text{Kontur: } y(x)_{\text{NACA}} = y_{\text{MAX}} \cdot (a_0 \cdot x^{1/2} + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + a_4 \cdot x^4) \quad (\text{F10})$$

Ein erster quantitativer Aspekt bei der Beschreibung der Stall-Strömungsverhältnisse um eine Profilkontur liefert die Ermittlung der Druck- und Geschwindigkeitsverteilung auf der Hüllkontur $v(x, \delta_{99})$ aus der Potentialtheorie mit Hilfe von Singularitätenverfahren oder konformen Abbildungen. Für unsere späteren Betrachtungen ist dabei von Bedeutung, dass die Separation (Ablösung) phänomenologisch mit der Druckverteilung auf der Profilkontur zusammenhängt. Eine Beschreibung der Druckverteilung erhalten wir aus potentialtheoretischen Betrachtungen, den Zusammenhang von Druck- und Geschwindigkeitsverteilung liefert die Bernoulli-Gleichung (in ihrer allgemeinen Form). Für die reibungsfreie Außenströmung gilt die Bernoulli-Gleichung in differentieller Form entlang einer Stromlinie auf der Hüllkontur (x7).

$$\text{Bernoulli: } v^2/(2g) + p/(\rho g) + z = \text{const}$$

$$\begin{aligned} \text{differentielle Form: } & \rho \cdot v \cdot dv/dx = - dp/dx & (\text{F11}) \\ \text{dimensionslos: } & v \cdot dv/dx = - dp/dx \end{aligned}$$

und angewandt

$$\text{auf die Hüllkontur: } v(x, \delta_{99}) \cdot dv(x, \delta_{99}) / dx(\delta_{99}) = - dp(x, \delta_{99}) / dx(\delta_{99})$$

Bei komplizierter Geometrie wird die Druckverteilung in der Regel experimentell ermittelt. Hierbei kommt im Rahmen der Grenzschichttheorie der glückliche Umstand zum Tragen, dass der Druck an der Wandkontur $p(x,y)$ gleich dem Druck $p_{\pm}(x, \delta_{99})$ am Außenrand der Grenzschichtströmung ist. Aus der Druckverteilung lässt sich durch Integration der Bernoulli-Gleichung die Geschwindigkeitsverteilung $\pm v(x, \delta_{99})$ ermitteln. Das Diagramm (x8) zeigt den berechneten Geschwindigkeitsverlauf $v/V[-]$ und Druckverlauf $cp[-]$ über die Profilkontur NACA 0016 im auftriebslosen Fall mit dem Anstellwinkel ($\alpha=0^\circ$).

Die vierstellige NACA-Serie definiert das Profil durch:

- die 1. Ziffer, für die die maximale Profilwölbung – angegeben in Prozent, bezogen auf die Profelsehne (also: bezogen auf die Länge der Profelsehne).
- die 2. Ziffer, für die Wölbungsrücklage – in Zehnteln der der Profelsehne (also: in Zehnteln der Länge der Profelsehne).
- die 3. und 4. Ziffer bezeichnet die maximale Profildicke – angegeben in Prozent, bezogen auf die Profelsehne.

Die Dickenrücklage der vierstelligen NACA-Profile liegt immer bei 30 %.

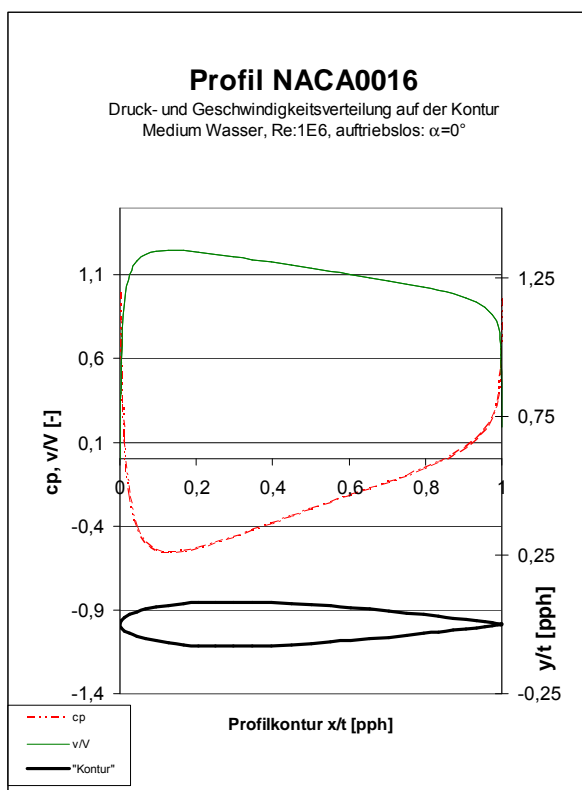
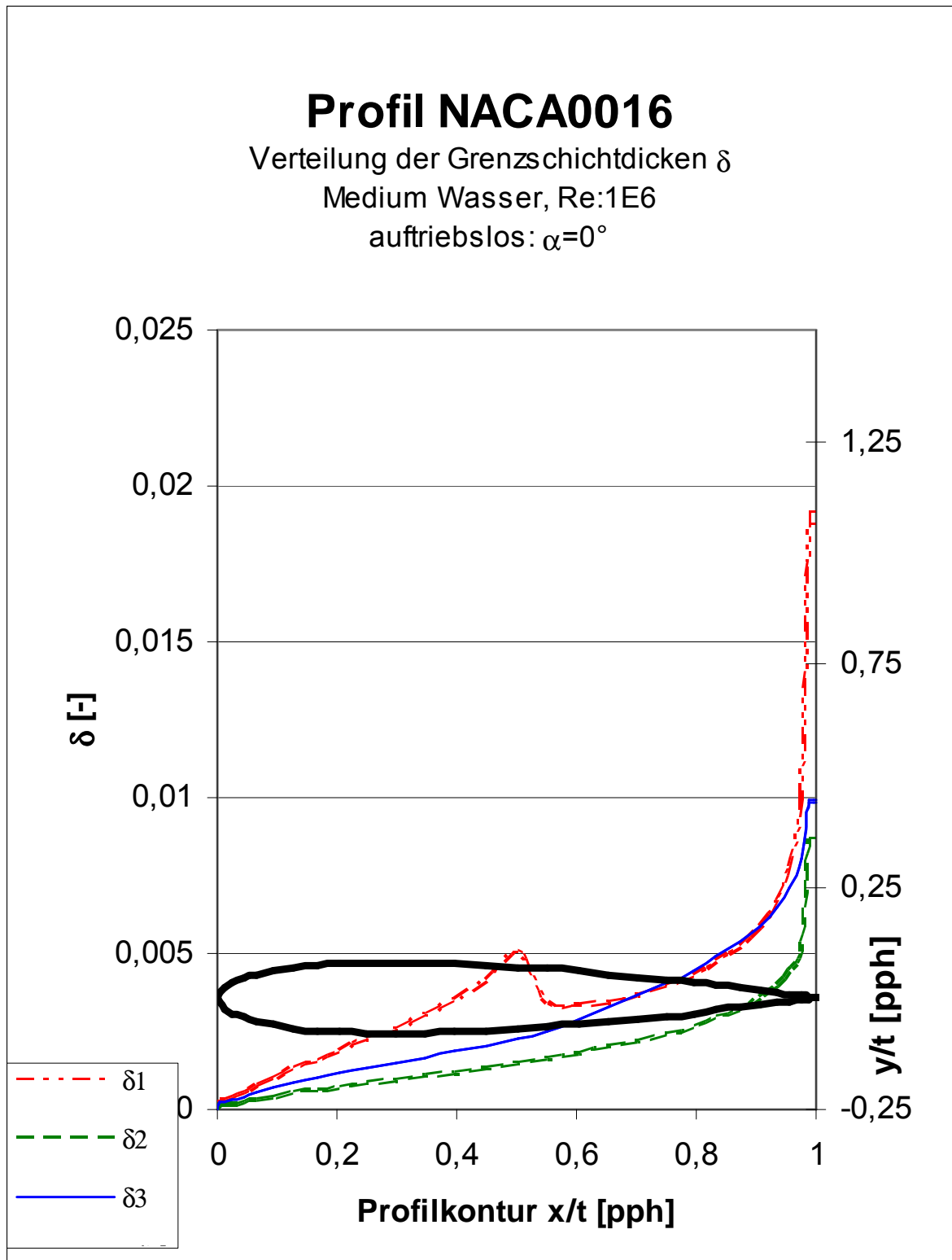


Diagramm (D12)

Geschwindigkeitsverlauf v/V [–] und Druck-verlauf cp [–] über die (obere) Kontur y/t [–] des Standardprofils NACA0016 im auftriebslosen Zustand: Anstellwinkel ($\alpha=0^\circ$).

In der Tabelle T13 sind die berechneten charakteristischen Integral- und Mittelwerte und die Verläufe u.A. der Grenzschichtdicken über die Profilkontur des NACA-Standardprofils NACA0016 im auftriebslosen Fall wiedergegeben. Diagramm D14 zeigt die Grenzschichtdicken über die Kontur.

α	Re	Mach	Λ	Ca	Cw	Cm 0.25					
[°]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]					
0,000	100000	0,000	∞	0,000	0,01410	-0,000					
x/l	y/l	v/V	δ_1	δ_2	δ_3	Re δ_2	C _f	H ₁₂	H ₃₂	Zust.	y1
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
1,0000	0,0000	0,1906	0,019201	0,008728	0,009909	166,3	0,0000	2,1998	1,1353	abgel.	0,0000
0,9973	0,0005	0,6749	0,019201	0,008728	0,009909	589,1	0,0000	2,1998	1,1353	abgel.	0,0000
0,9891	0,0020	0,8060	0,019201	0,008728	0,009909	703,5	0,0000	2,1998	1,1353	turb.	0,0000
0,9755	0,0046	0,8649	0,009888	0,005094	0,008028	460,8	0,0019	1,9409	1,5758	turb.	0,0321
0,9568	0,0079	0,9052	0,007842	0,004422	0,007136	414,3	0,0026	1,7735	1,6137	turb.	0,0279
0,9330	0,0121	0,9369	0,006685	0,003952	0,006463	380,7	0,0030	1,6915	1,6354	turb.	0,0259
0,9045	0,0170	0,9636	0,005866	0,003568	0,005884	352,1	0,0033	1,6441	1,6490	turb.	0,0247
0,8716	0,0225	0,9871	0,005236	0,003237	0,005363	326,4	0,0035	1,6178	1,6570	turb.	0,0240
0,8346	0,0284	1,0083	0,004743	0,002951	0,004900	303,3	0,0036	1,6071	1,6604	turb.	0,0236
0,7939	0,0345	1,0281	0,004325	0,002687	0,004459	281,2	0,0036	1,6097	1,6596	turb.	0,0234
0,7500	0,0409	1,0468	0,003968	0,002438	0,004034	259,7	0,0036	1,6273	1,6542	turb.	0,0235
0,7034	0,0472	1,0651	0,003681	0,002211	0,003634	239,5	0,0035	1,6646	1,6432	turb.	0,0240
0,6545	0,0535	1,0831	0,003466	0,001998	0,003244	220,0	0,0032	1,7351	1,6239	turb.	0,0252
0,6040	0,0594	1,1012	0,003365	0,001803	0,002871	201,8	0,0026	1,8662	1,5923	turb.	0,0276
0,5523	0,0649	1,1196	0,003462	0,001630	0,002516	185,5	0,0018	2,1236	1,5431	turb.	0,0331
0,5000	0,0697	1,1381	0,005074	0,001482	0,002255	171,3	0,0007	3,4246	1,5223	lam.	0,0553
0,4477	0,0738	1,1567	0,004178	0,001339	0,002053	157,3	0,0013	3,1195	1,5332	lam.	0,0397
0,3960	0,0769	1,1751	0,003550	0,001204	0,001857	143,6	0,0018	2,9494	1,5426	lam.	0,0330
0,3455	0,0789	1,1930	0,003043	0,001075	0,001667	130,0	0,0024	2,8312	1,5510	lam.	0,0287
0,2966	0,0795	1,2096	0,002606	0,000951	0,001482	116,5	0,0031	2,7402	1,5585	lam.	0,0255
0,2500	0,0788	1,2244	0,002232	0,000837	0,001309	103,4	0,0038	2,6686	1,5650	lam.	0,0228
0,2061	0,0766	1,2363	0,001894	0,000726	0,001141	90,4	0,0048	2,6072	1,5710	lam.	0,0205
0,1654	0,0729	1,2444	0,001583	0,000620	0,000978	77,3	0,0060	2,5539	1,5769	lam.	0,0182
0,1284	0,0678	1,2470	0,001306	0,000521	0,000825	64,8	0,0077	2,5047	1,5828	lam.	0,0161
0,0955	0,0612	1,2417	0,001039	0,000424	0,000674	51,9	0,0103	2,4516	1,5895	lam.	0,0139
0,0670	0,0534	1,2240	0,000794	0,000333	0,000531	39,4	0,0148	2,3877	1,5979	lam.	0,0116
0,0432	0,0444	1,1847	0,000578	0,000250	0,000403	27,8	0,0234	2,3093	1,6090	lam.	0,0092
0,0245	0,0345	1,1027	0,000402	0,000179	0,000290	16,7	0,0422	2,2459	1,6185	lam.	0,0069
0,0109	0,0237	0,9289	0,000303	0,000135	0,000219	7,7	0,0921	2,2352	1,6202	lam.	0,0047
0,0027	0,0121	0,5712	0,000303	0,000135	0,000219	0,4	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,0000	0,0000	0,0000	0,000001	0,000000	0,000001	0,0	0,0000	2,2364	1,6200	lam.	0,0000
0,0027	-0,0121	0,5712	0,000303	0,000135	0,000219	0,4	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,0109	-0,0237	0,9289	0,000303	0,000135	0,000219	7,7	0,0921	2,2352	1,6202	lam.	0,0047
0,0245	-0,0345	1,1027	0,000402	0,000179	0,000290	16,7	0,0422	2,2459	1,6185	lam.	0,0069
0,0432	-0,0444	1,1847	0,000578	0,000250	0,000403	27,8	0,0234	2,3093	1,6090	lam.	0,0092
0,0670	-0,0534	1,2240	0,000794	0,000333	0,000531	39,4	0,0148	2,3877	1,5979	lam.	0,0116
0,0955	-0,0612	1,2417	0,001039	0,000424	0,000674	51,9	0,0103	2,4516	1,5895	lam.	0,0139
0,1284	-0,0678	1,2470	0,001306	0,000521	0,000825	64,8	0,0077	2,5047	1,5828	lam.	0,0161
0,1654	-0,0729	1,2444	0,001583	0,000620	0,000978	77,3	0,0060	2,5539	1,5769	lam.	0,0182
0,2061	-0,0766	1,2363	0,001894	0,000726	0,001141	90,4	0,0048	2,6072	1,5710	lam.	0,0205
0,2500	-0,0788	1,2244	0,002232	0,000837	0,001309	103,4	0,0038	2,6686	1,5650	lam.	0,0228
0,2966	-0,0795	1,2096	0,002606	0,000951	0,001482	116,5	0,0031	2,7402	1,5585	lam.	0,0255
0,3455	-0,0789	1,1930	0,003043	0,001075	0,001667	130,0	0,0024	2,8312	1,5510	lam.	0,0287
0,3960	-0,0769	1,1751	0,003550	0,001204	0,001857	143,6	0,0018	2,9494	1,5426	lam.	0,0330
0,4477	-0,0738	1,1567	0,004178	0,001339	0,002053	157,3	0,0013	3,1195	1,5332	lam.	0,0397
0,5000	-0,0697	1,1381	0,005074	0,001482	0,002255	171,3	0,0007	3,4246	1,5223	lam.	0,0553
0,5523	-0,0649	1,1196	0,003462	0,001630	0,002516	185,5	0,0018	2,1236	1,5431	turb.	0,0331
0,6040	-0,0594	1,1012	0,003365	0,001803	0,002871	201,8	0,0026	1,8662	1,5923	turb.	0,0276
0,6545	-0,0535	1,0831	0,003466	0,001998	0,003244	220,0	0,0032	1,7351	1,6239	turb.	0,0252
0,7034	-0,0472	1,0651	0,003681	0,002211	0,003634	239,5	0,0035	1,6646	1,6432	turb.	0,0240
0,7500	-0,0409	1,0468	0,003968	0,002438	0,004034	259,7	0,0036	1,6273	1,6542	turb.	0,0235
0,7939	-0,0345	1,0281	0,004325	0,002687	0,004459	281,2	0,0036	1,6097	1,6596	turb.	0,0234
0,8346	-0,0284	1,0083	0,004743	0,002951	0,004900	303,3	0,0036	1,6071	1,6604	turb.	0,0236
0,8716	-0,0225	0,9871	0,005236	0,003237	0,005363	326,4	0,0035	1,6178	1,6570	turb.	0,0240
0,9045	-0,0170	0,9636	0,005866	0,003568	0,005884	352,1	0,0033	1,6441	1,6490	turb.	0,0247
0,9330	-0,0121	0,9369	0,006685	0,003952	0,006463	380,7	0,0030	1,6915	1,6354	turb.	0,0259
0,9568	-0,0079	0,9052	0,007842	0,004422	0,007136	414,3	0,0026	1,7735	1,6137	turb.	0,0279
0,9755	-0,0046	0,8649	0,009888	0,005094	0,008028	460,8	0,0019	1,9409	1,5758	turb.	0,0321
0,9891	-0,0020	0,8060	0,018777	0,008657	0,009866	697,8	0,0000	2,1690	1,1397	turb.	0,0000
0,9973	-0,0005	0,6749	0,018777	0,008657	0,009866	584,3	0,0000	2,1690	1,1397	abgel.	0,0000
1,0000	0,0000	0,1906	0,018777	0,008657	0,009866	165,0	0,0000	2,1690	1,1397	abgel.	0,0000



Figur D14: NACA0016, Grenzschichtdicken. $Re: 10E6$, $a=0^\circ$.

Querkraft generierendes, symmetrisches Profil und Grenzen der potentialtheoretischen Untersuchungen.

Beim Manövrieren oder in Fahrt bilden symmetrisch profilierte Kraft- und Arbeitstragflächen dann ein Querkraft generierendes System, wenn die Anströmung nichtaxial erfolgt. Dabei ist die Variation des Auftriebs (Querkraft, Lift) eines symmetrischen Profils über den Anstellwinkel selbst symmetrisch. Den entscheidenden aber wahrscheinlich nicht einzigen Einfluss auf das Stallverhalten symmetrisch profilierter Kraft- und Arbeitstragflächen nimmt der Anstellwinkel des Profils in der Strömung. Im Diagramm (D16) ist das Auftriebsgebaren des Standardprofils NACA0016 und der maximale Anstellwinkels α_{STALL} , bei dem gerade ein Strömungsabriss auftritt, leicht zu identifizieren. Diagramm (D17) zeigt die Auftriebs- Widerstandspolare des Profils. Die Tabelle (T15) listet neben den Integralwerten der Auftriebs- und Widerstandsbeiwertes den Transitionspunkt T und den Separationspunkt S in Abhängigkeit vom Anstellwinkel für die Ober- und die Unterseite der Profilkontur dar.

Die Tabelle (T15) listet neben den Integralwerten der Auftriebs- und Widerstandsbeiwertes den Transitionspunkt T und den Separationspunkt S in Abhängigkeit vom Anstellwinkel für die Oberseite und der Unterseite der Profilkontur dar.

Tabelle (T15) und das Diagramm (D18) sollen nun einen tieferen Einblick in das Stallverhalten des Kraft- und Arbeitstragflächenprofils ermöglichen. Über den Anstellwinkel aufgetragen ist in der Figur D18 die Kurve der Transitionspunkte und der Separation aufgetragen. Für das Profil NACA0016 zeigt sich bei einer Geschwindigkeit von $Re=10E6$ ein ausgeprägter Bereich turbulenter Grenzschicht. Lediglich für Anstellwinkel bis etwa 10° existiert ein Bereich laminarer Grenzschicht, der auch im Fall der auftriebslosen Anströmung nicht an eine Profiltiefe x/t von 20% heranreicht.

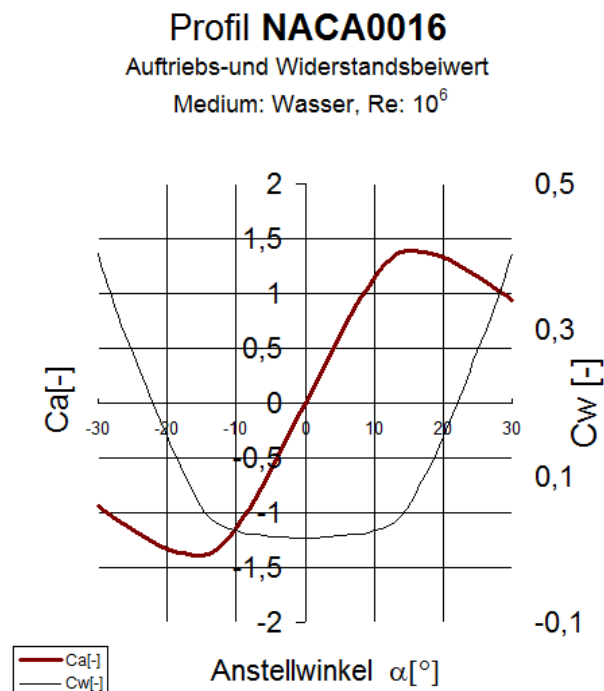
Das Diagramm weist eventuell auf eine Korrelation des Stall-Phänomens mit der Lauflänge über der Profilkontur bei der eben noch keine Separation auftritt hin. Stall wird (phänomenologisch) spürbar, wenn der Auftrieb am Profil "einbricht". Mit der Variation des Anstellwinkels haben wir zunächst einmal "eine" Möglichkeit, das Auftriebsgebaren einer Querkraft generierenden Tragfläche zu untersuchen. Hilfreich ist hier die in das Diagramm (D18) aufgenommene Kurve des Auftriebsbeiwertes. Das Maximum des Auftriebsbeiwertes von (bescheidenen) $c_A= 1,4$ tritt gerade dort auf, wo der Separationspunkt die Marke der 50%-Profiltiefe passiert. Der Anstellwinkel beträgt für diesen Fall etwa $\alpha=17^\circ$.

Um zu ermitteln, ob der Separationspunkt mit der Anströmgeschwindigkeit variiert werden nun die Transitions- und Separationkurven für drei verschiedene Reynoldszahlen berechnet. Beim Manövrieren können die Anströmgeschwindigkeiten bei Leit- und Steuertragflächen von Seefahrzeugen sehr klein werden. So sind hier Reynoldszahlen $Re < 50000$ durchaus interessant. Das Diagramm (D19) zeigt Transitions- und Separationkurven des Profils, T und S bei $Re: 10E5$ und das Diagramm (D20) zeigt Transitions- und Separationkurven des Profils bei $Re: 10E4$. Bei sehr kleinen Geschwindigkeiten ist die laminare Anlaufstrecke erwartungsgemäß (relativ) lang; sie reicht hier fast bis in die Hälfte der Profiltiefe. Der turbulente Bereich ist vergleichsweise kurz: es kommt rasch zur Separation aus der turbulenten Grenzschicht. Das Minimum der Separationskurve liegt im anströmungsfreien Fall bei 80% der Profiltiefe. Die berechnete Tragfähigkeit des Profils liegt aber dennoch bei etwa $\alpha = 17^\circ$. Hier arbeitet der Tragflügel schon lange im voll abgelösten Zustand. Dieser Exkurs in die kleinen Reynoldszahlen stellt die anfangs gehegte Hoffnung auf eine von Separationskurven und Transition getragene Stallvoraussage bei kleinen Geschwindigkeiten mit der potentialtheoretischen Methode deutlich infrage.

Zusammenfassung. Der Untersuchung des NACA-Standardprofils NACA0016 hinsichtlich der Transitions- und Separationseigenschaften unter Variation der Anströmrichtung mit potentialtheroretischen Methoden werden generelle Erläuterungen zu laminaren und turbulenten Grenzschichten vorangestellt. Es sollen in dieser Arbeit Methoden bereitgestellt werden, die erste Aussagen über das Stallverhalten von Profilen für Leit- und Steuertragflächen von Seefahrzeugen liefern. Die Methoden werden an einem Standardprofil der vierstelligen NACA-Reihe erprobt und sollen fürderhin geeignet sein, synthetische Profile für Kraft- und Arbeitstragflächen in unterschiedlichen Medien zu untersuchen. Es zeigt sich, dass die Aussagekraft von Strömungssimulationen mit der Potentialtheorie dort beschränkt ist, wo eine Korrelation der Transitions- und Separationseigenschaften auf einer Tragflächen-Profiloberfläche mit phänomenologischen Stallkriterien, etwa dem "Einbruch" der Quer- oder Auftriebskraft am Tragflügel hergestellt werden soll. Integral- und Mittelwerte stellen aber äußerst hilfreiche erste Informationen bei der Entwicklung synthetischer Profile für Kraft- und Arbeitstragflächen von Leit- und Steuertragflächen von Seefahrzeugen dar.

Tabelle (T15) Integralwerte der Profilkontur NACA0016

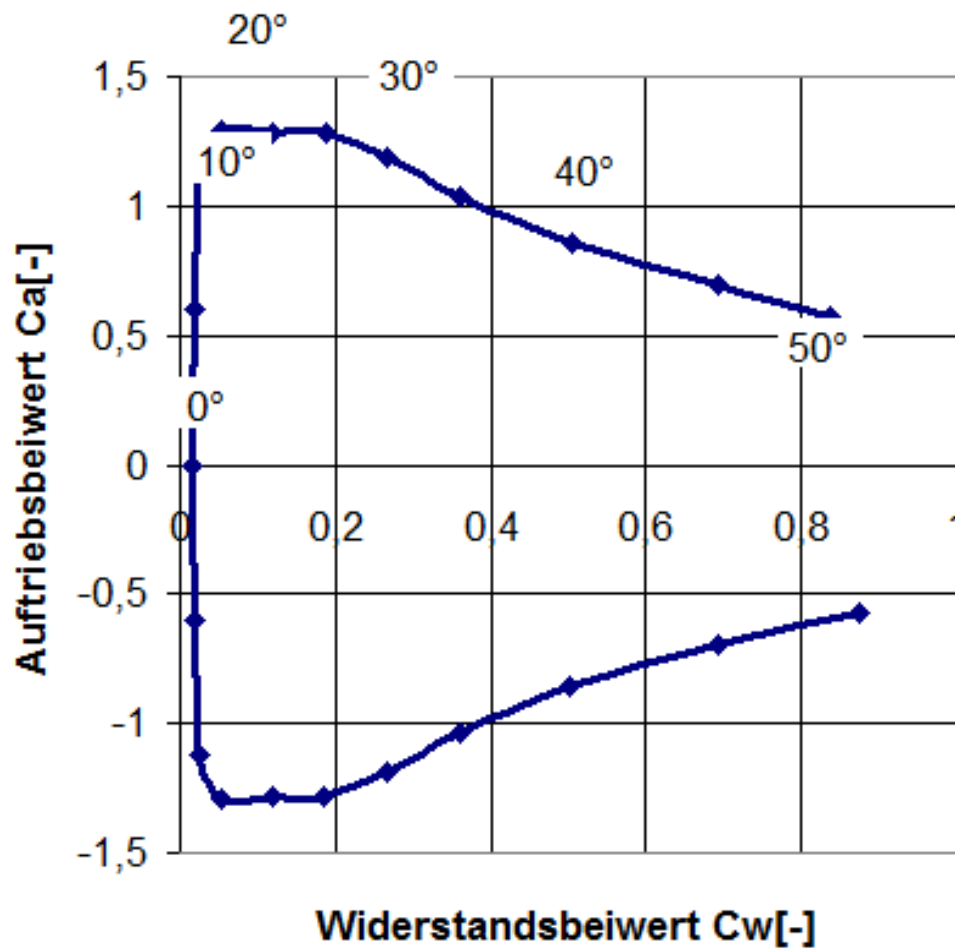
α [°]	Ca [-]	Cw [-]	Cm 0.25 [-]	T.U. [-]	T.L. [-]	S.U. [-]	S.L. [-]	GZ [-]	N.P. [-]	D.P. [-]
-30,0	-1,182	0,45642	0,178	0,979	0,006	0,990	0,014	-2,590	-0,014	0,401
-25,0	-1,277	0,30063	0,153	0,971	0,007	0,986	0,019	-4,247	-0,540	0,370
-20,0	-1,248	0,18583	0,126	0,957	0,009	0,982	0,025	-6,718	0,497	0,351
-15,0	-1,050	0,11297	0,097	0,921	0,015	0,982	0,043	-9,293	0,481	0,342
-10,0	-0,942	0,04545	0,055	0,846	0,030	0,983	0,652	-20,729	0,429	0,308
-5,0	-0,585	0,02475	0,014	0,660	0,153	0,989	0,950	-23,626	0,308	0,273
0,0	0,000	0,02083	-0,000	0,392	0,392	0,982	0,983	0,000	0,273	0,250
5,0	0,585	0,02476	-0,014	0,153	0,660	0,950	0,989	23,618	0,309	0,273
10,0	0,941	0,04554	-0,055	0,030	0,846	0,651	0,983	20,664	0,429	0,309
15,0	1,050	0,11318	-0,097	0,015	0,921	0,043	0,982	9,278	0,479	0,342
20,0	1,249	0,18401	-0,126	0,009	0,957	0,024	0,982	6,787	0,497	0,351
25,0	1,277	0,29707	-0,153	0,006	0,971	0,019	0,986	4,299	-0,535	0,370
30,0	1,182	0,44758	-0,178	0,005	0,979	0,014	0,990	2,641	-0,013	0,401



Figur D16
Auftrieb und Widerstand. Integralwerte der Profilkontur NACA0016

Profil NACA0016

Polare: Auftriebs- über Widerstandsbeiwert
Medium Wasser Re: 1E6

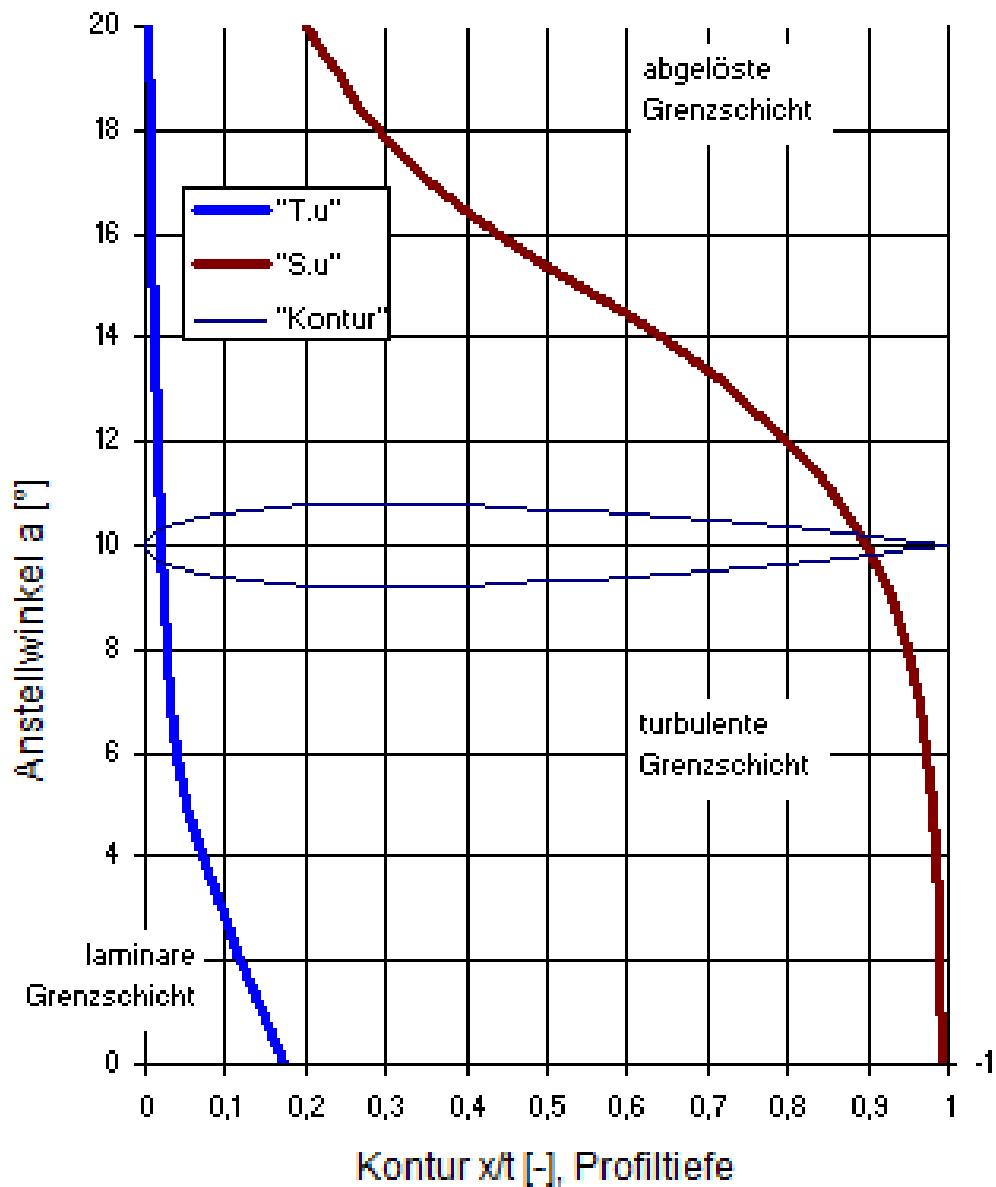


Figur D17

Polare: Auftrieb und Widerstand der Profilkontur NACA0016

Profil NACA0016

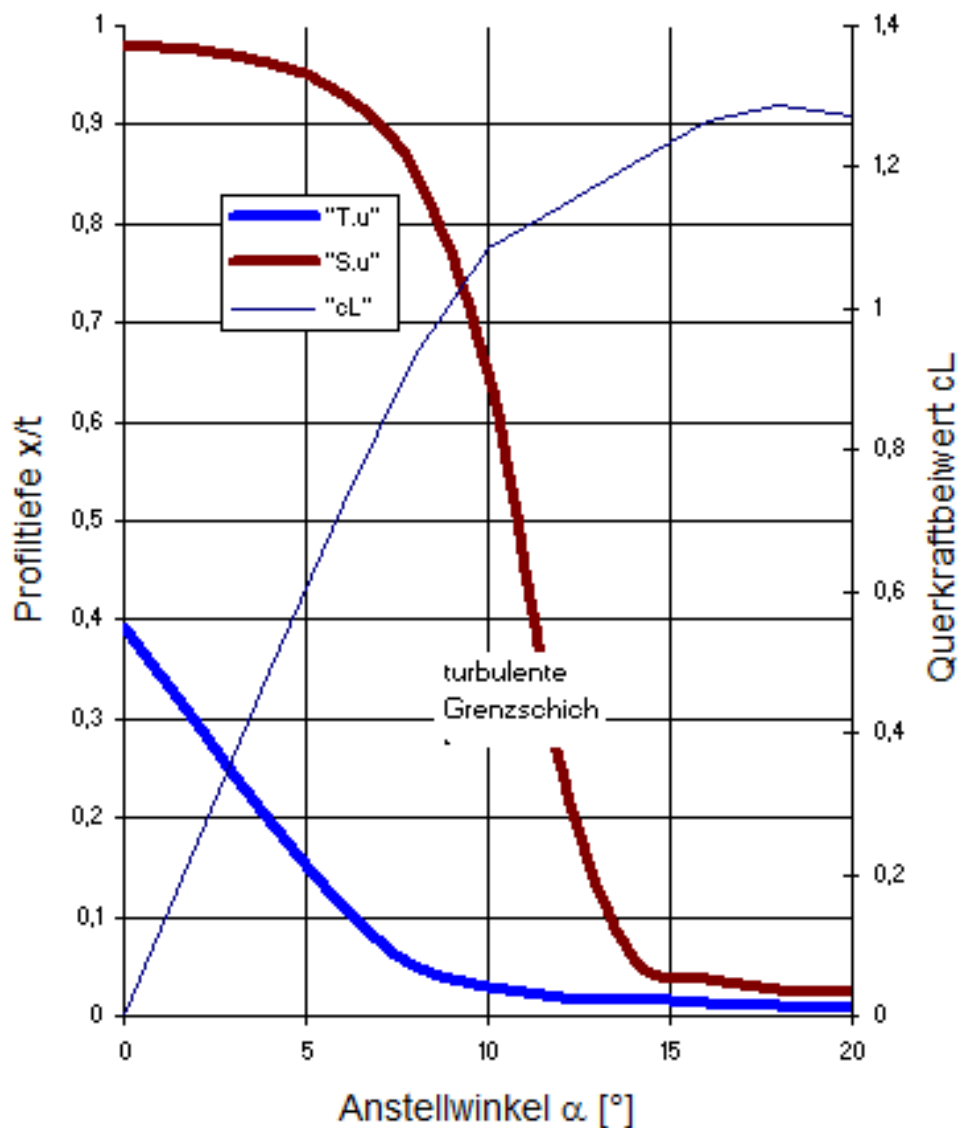
Profiloberseite: Transition T und Separation S
Variation der Anstellwinkel α , Wasser, Re: 1E6



Figur D18:
Profilkontur NACA0016, Re: 10E6, Medium: Wasser.
Transitionsunkt und Separationspunkt über Variation des Anstellwinkels.

Profil NACA0016

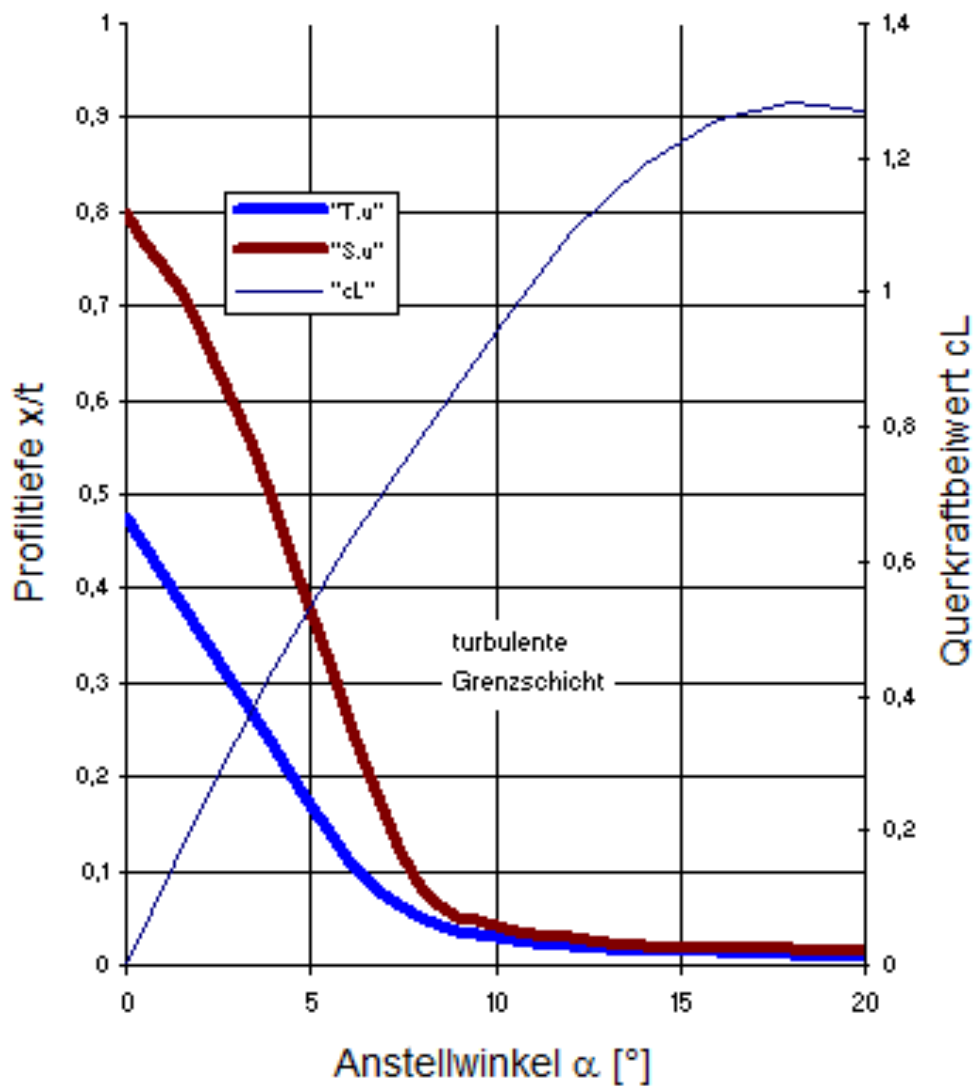
Profiloberseite: Transition T und Separation S
Variation der Anstellwinkel α , Wasser, $Re: 1E5$



Figur D19:
Profilkontur NACA0016, $Re: 10E5$, Medium: Wasser.
Transitionspunkt und Separationspunkt über Variation des Anstellwinkels.

Profil NACA0016

Profiloberseite: Transition T und Separation S
Variation der Anstellwinkel α , Wasser, Re: 1E4

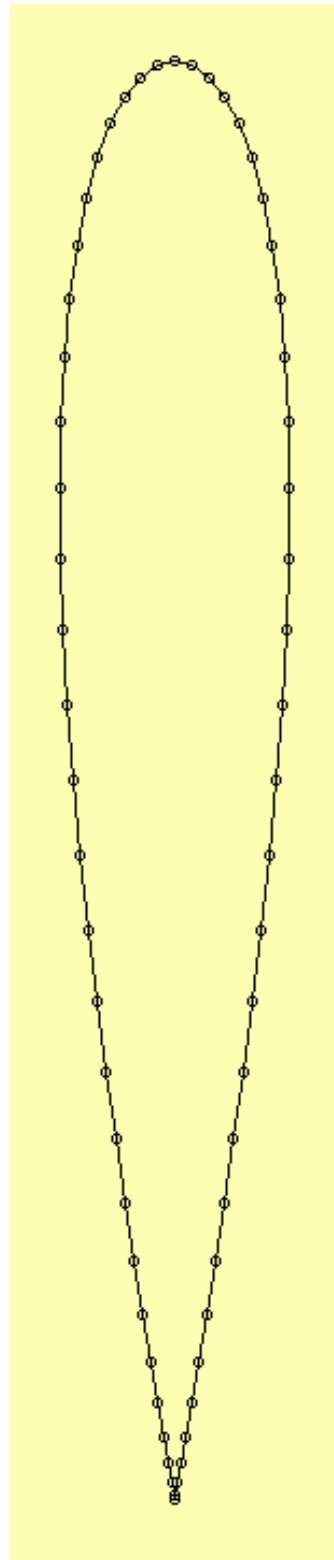


Figur D20:
Profilkontur NACA0016, Re: 10E4, Medium: Wasser.
Transitionspunkt und Separationspunkt über Variation des Anstellwinkels.

NACA0016 Referenzmessung

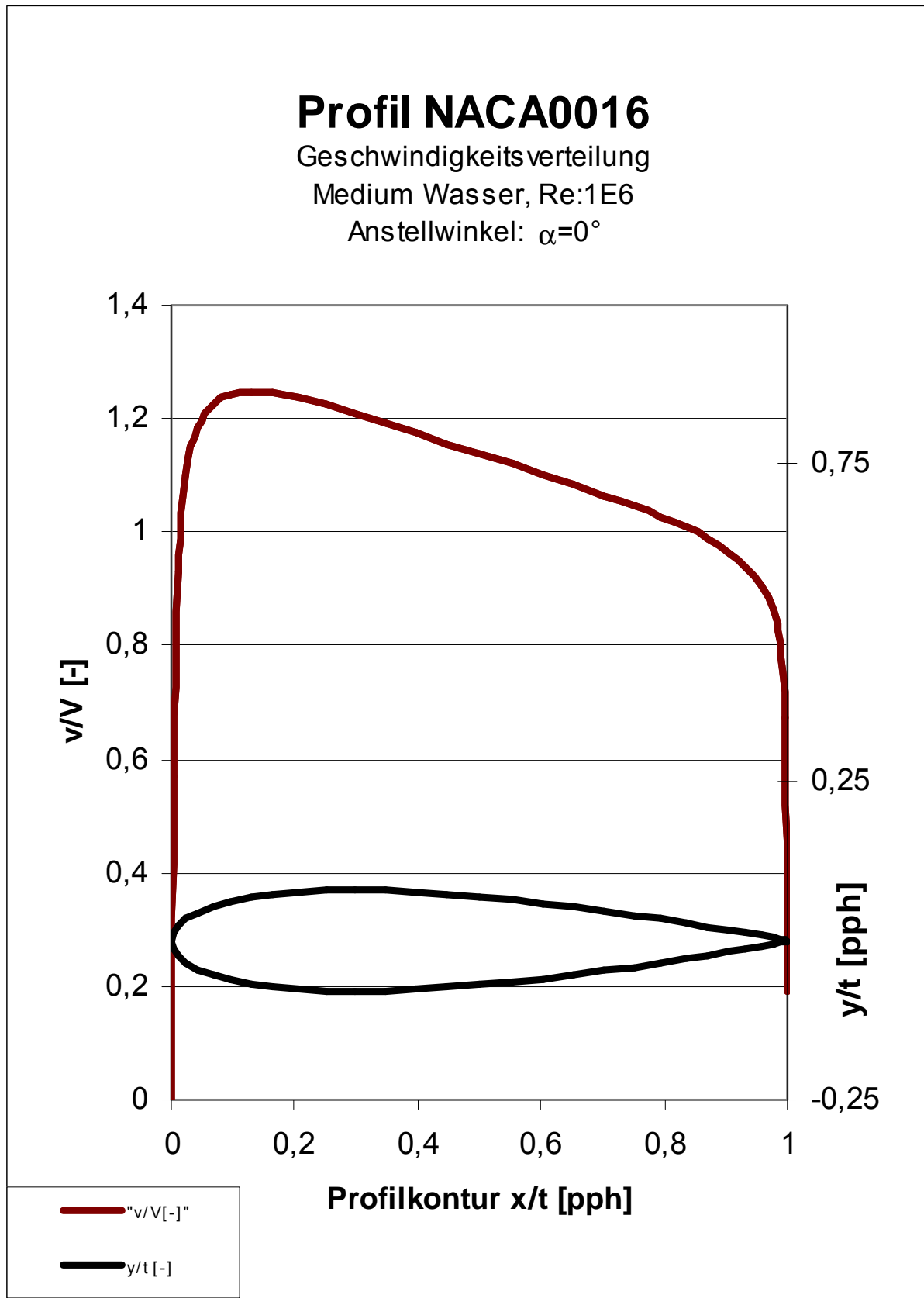
Oberfläche NACA-Standard

x/t	y/t
1,00000000	0,00000000
0,99726095	0,00051616
0,98907380	0,00204871
0,97552826	0,00455108
0,95677273	0,00794945
0,93301270	0,01214764
0,90450850	0,01703285
0,87157241	0,02248112
0,83456530	0,02836171
0,79389263	0,03453981
0,75000000	0,04087742
0,70336832	0,04723245
0,65450850	0,05345697
0,60395585	0,05939522
0,55226423	0,06488268
0,50000000	0,06974700
0,44773577	0,07381149
0,39604415	0,07690138
0,34549150	0,07885253
0,29663168	0,07952160
0,25000000	0,07879656
0,20610737	0,07660591
0,16543470	0,07292505
0,12842759	0,06777865
0,09549150	0,06123815
0,06698730	0,05341439
0,04322727	0,04444574
0,02447174	0,03448331
0,01092620	0,02367460
0,00273905	0,01214803
0,00000000	0,00000000
0,00273905	-0,01214803
0,01092620	-0,02367460
0,02447174	-0,03448330
0,04322727	-0,04444574
0,06698730	-0,05341439
0,09549150	-0,06123815
0,12842759	-0,06777865
0,16543470	-0,07292505
0,20610737	-0,07660591
0,25000000	-0,07879656
0,29663168	-0,07952160
0,34549150	-0,07885253
0,39604415	-0,07690138
0,44773577	-0,07381149
0,50000000	-0,06974700
0,55226423	-0,06488268
0,60395585	-0,05939522
0,65450850	-0,05345697
0,70336832	-0,04723245
0,75000000	-0,04087742
0,79389263	-0,03453981
0,83456530	-0,02836171
0,87157241	-0,02248112
0,90450850	-0,01703285
0,93301270	-0,01214764
0,95677273	-0,00794945
0,97552826	-0,00455108
0,98907380	-0,00204871
0,99726095	-0,00051616
1,00000000	0,00000000



Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

α [°]	Re [-]	Mach [-]	Λ [-]	Ca [-]	Cw [-]	Cm 0.25 [-]						
0,000	100000	0,000	∞	0,000	0,02082	-0,000						
x/l [-]	y/l [-]	v/V [-]	δ_1 [-]	δ_2 [-]	δ_3 [-]	Re δ_2 [-]	C _f [-]	H ₁₂ [-]	H ₃₂ [-]	Zust. [-]	y1 [%]	
1,0000	0,0000	0,1906	0,020954	0,009195	0,010956	175,2	0,0000	2,2789	1,1916	abgel.	0,0000	
0,9973	0,0005	0,6749	0,020954	0,009195	0,010956	620,6	0,0000	2,2789	1,1916	abgel.	0,0000	
0,9891	0,0020	0,8060	0,020954	0,009195	0,010956	741,1	0,0000	2,2789	1,1916	turb.	0,0000	
0,9755	0,0046	0,8649	0,009986	0,005377	0,008569	486,3	0,0022	1,8573	1,5937	turb.	0,0303	
0,9568	0,0079	0,9052	0,008012	0,004678	0,007622	438,2	0,0028	1,7128	1,6294	turb.	0,0268	
0,9330	0,0121	0,9369	0,006859	0,004186	0,006910	403,2	0,0032	1,6384	1,6507	turb.	0,0250	
0,9045	0,0170	0,9636	0,006025	0,003784	0,006299	373,3	0,0035	1,5925	1,6649	turb.	0,0239	
0,8716	0,0225	0,9871	0,005371	0,003435	0,005752	346,4	0,0038	1,5635	1,6744	turb.	0,0231	
0,8346	0,0284	1,0083	0,004846	0,003134	0,005266	322,1	0,0039	1,5463	1,6803	turb.	0,0226	
0,7939	0,0345	1,0281	0,004387	0,002854	0,004804	298,7	0,0041	1,5372	1,6834	turb.	0,0222	
0,7500	0,0409	1,0468	0,003974	0,002588	0,004358	275,6	0,0041	1,5355	1,6840	turb.	0,0220	
0,7034	0,0472	1,0651	0,003610	0,002342	0,003938	253,6	0,0042	1,5417	1,6819	turb.	0,0219	
0,6545	0,0535	1,0831	0,003281	0,002105	0,003527	231,7	0,0042	1,5589	1,6761	turb.	0,0220	
0,6040	0,0594	1,1012	0,002998	0,001881	0,003131	210,5	0,0040	1,5942	1,6645	turb.	0,0224	
0,5523	0,0649	1,1196	0,002784	0,001672	0,002747	190,3	0,0036	1,6651	1,6431	turb.	0,0234	
0,5000	0,0697	1,1381	0,002695	0,001491	0,002394	172,4	0,0030	1,8081	1,6058	turb.	0,0259	
0,4477	0,0738	1,1567	0,002851	0,001339	0,002064	157,3	0,0019	2,1302	1,5422	turb.	0,0326	
0,3960	0,0769	1,1751	0,003550	0,001204	0,001857	143,6	0,0018	2,9494	1,5426	lam.	0,0330	
0,3455	0,0789	1,1930	0,003043	0,001075	0,001667	130,0	0,0024	2,8312	1,5510	lam.	0,0287	
0,2966	0,0795	1,2096	0,002606	0,000951	0,001482	116,5	0,0031	2,7402	1,5585	lam.	0,0255	
0,2500	0,0788	1,2244	0,002232	0,000837	0,001309	103,4	0,0038	2,6686	1,5650	lam.	0,0228	
0,2061	0,0766	1,2363	0,001894	0,000726	0,001141	90,4	0,0048	2,6072	1,5710	lam.	0,0205	
0,1654	0,0729	1,2444	0,001583	0,000620	0,000978	77,3	0,0060	2,5539	1,5769	lam.	0,0182	
0,1284	0,0678	1,2470	0,001306	0,000521	0,000825	64,8	0,0077	2,5047	1,5828	lam.	0,0161	
0,0955	0,0612	1,2417	0,001039	0,000424	0,000674	51,9	0,0103	2,4516	1,5895	lam.	0,0139	
0,0670	0,0534	1,2240	0,000794	0,000333	0,000531	39,4	0,0148	2,3877	1,5979	lam.	0,0116	
0,0432	0,0444	1,1847	0,000578	0,000250	0,000403	27,8	0,0234	2,3093	1,6090	lam.	0,0092	
0,0245	0,0345	1,1027	0,000402	0,000179	0,000290	16,7	0,0422	2,2459	1,6185	lam.	0,0069	
0,0109	0,0237	0,9289	0,000303	0,000135	0,000219	7,7	0,0921	2,2352	1,6202	lam.	0,0047	
0,0027	0,0121	0,5712	0,000303	0,000135	0,000219	0,4	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414	
0,0000	0,0000	0,0000	0,000001	0,000000	0,000001	0,0	0,0000	2,2364	1,6200	lam.	0,0000	
0,0027	-0,0121	0,5712	0,000303	0,000135	0,000219	0,4	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414	
0,0109	-0,0237	0,9289	0,000303	0,000135	0,000219	7,7	0,0921	2,2352	1,6202	lam.	0,0047	
0,0245	-0,0345	1,1027	0,000402	0,000179	0,000290	16,7	0,0422	2,2459	1,6185	lam.	0,0069	
0,0432	-0,0444	1,1847	0,000578	0,000250	0,000403	27,8	0,0234	2,3093	1,6090	lam.	0,0092	
0,0670	-0,0534	1,2240	0,000794	0,000333	0,000531	39,4	0,0148	2,3877	1,5979	lam.	0,0116	
0,0955	-0,0612	1,2417	0,001039	0,000424	0,000674	51,9	0,0103	2,4516	1,5895	lam.	0,0139	
0,1284	-0,0678	1,2470	0,001306	0,000521	0,000825	64,8	0,0077	2,5047	1,5828	lam.	0,0161	
0,1654	-0,0729	1,2444	0,001583	0,000620	0,000978	77,3	0,0060	2,5539	1,5769	lam.	0,0182	
0,2061	-0,0766	1,2363	0,001894	0,000726	0,001141	90,4	0,0048	2,6072	1,5710	lam.	0,0205	
0,2500	-0,0788	1,2244	0,002232	0,000837	0,001309	103,4	0,0038	2,6686	1,5650	lam.	0,0228	
0,2966	-0,0795	1,2096	0,002606	0,000951	0,001482	116,5	0,0031	2,7402	1,5585	lam.	0,0255	
0,3455	-0,0789	1,1930	0,003043	0,001075	0,001667	130,0	0,0024	2,8312	1,5510	lam.	0,0287	
0,3960	-0,0769	1,1751	0,003550	0,001204	0,001857	143,6	0,0018	2,9494	1,5426	lam.	0,0330	
0,4477	-0,0738	1,1567	0,002851	0,001339	0,002064	157,3	0,0019	2,1302	1,5422	turb.	0,0326	
0,5000	-0,0697	1,1381	0,002695	0,001491	0,002394	172,4	0,0030	1,8081	1,6058	turb.	0,0259	
0,5523	-0,0649	1,1196	0,002784	0,001672	0,002747	190,3	0,0036	1,6651	1,6431	turb.	0,0234	
0,6040	-0,0594	1,1012	0,002998	0,001881	0,003131	210,5	0,0040	1,5942	1,6645	turb.	0,0224	
0,6545	-0,0535	1,0831	0,003281	0,002105	0,003527	231,7	0,0042	1,5589	1,6761	turb.	0,0220	
0,7034	-0,0472	1,0651	0,003610	0,002342	0,003938	253,6	0,0042	1,5417	1,6819	turb.	0,0219	
0,7500	-0,0409	1,0468	0,003974	0,002588	0,004358	275,6	0,0041	1,5355	1,6840	turb.	0,0220	
0,7939	-0,0345	1,0281	0,004387	0,002854	0,004804	298,7	0,0041	1,5372	1,6834	turb.	0,0222	
0,8346	-0,0284	1,0083	0,004846	0,003134	0,005266	322,1	0,0039	1,5463	1,6803	turb.	0,0226	
0,8716	-0,0225	0,9871	0,005371	0,003435	0,005752	346,4	0,0038	1,5635	1,6744	turb.	0,0231	
0,9045	-0,0170	0,9636	0,006025	0,003784	0,006299	373,3	0,0035	1,5925	1,6649	turb.	0,0239	
0,9330	-0,0121	0,9369	0,006859	0,004186	0,006910	403,2	0,0032	1,6384	1,6507	turb.	0,0250	
0,9568	-0,0079	0,9052	0,008012	0,004678	0,007622	438,2	0,0028	1,7128	1,6294	turb.	0,0268	
0,9755	-0,0046	0,8649	0,009986	0,005377	0,008569	486,3	0,0022	1,8573	1,5937	turb.	0,0303	
0,9891	-0,0020	0,8060	0,021420	0,009167	0,011008	738,8	0,0000	2,3367	1,2008	turb.	0,0000	
0,9973	-0,0005	0,6749	0,021420	0,009167	0,011008	618,7	0,0000	2,3367	1,2008	abgel.	0,0000	
1,0000	0,0000	0,1906	0,021420	0,009167	0,011008	174,7	0,0000	2,3367	1,2008	abgel.	0,0000	



Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

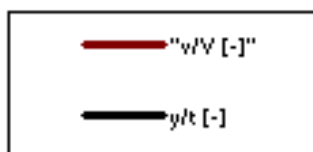
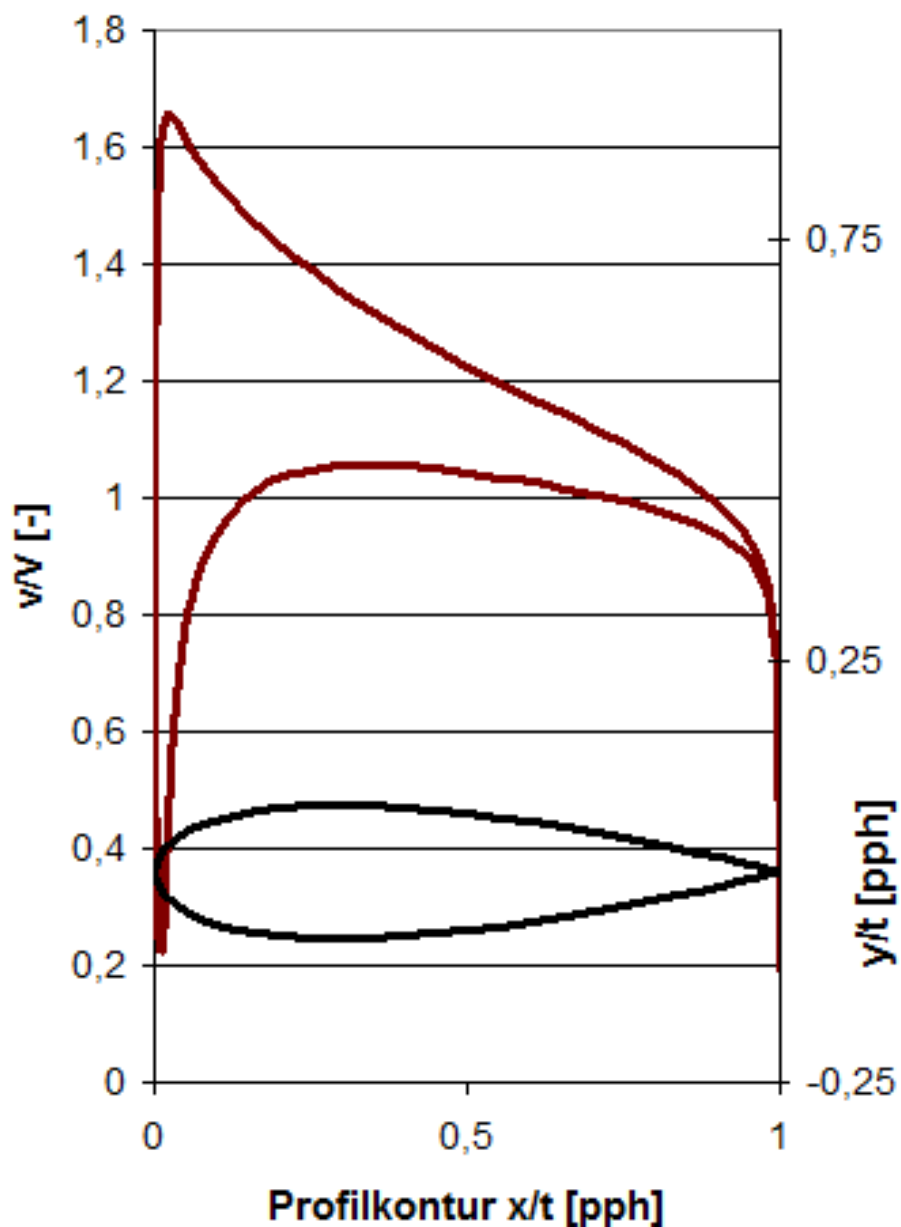
α [°]	Re	Mach	Λ [-]	Ca	Cw	Cm 0.25 [-]					
5,000	100000	0,000	∞	0,585	0,02476	-0,014					
x/l [-]	y/l [-]	v/V [-]	δ_1 [-]	δ_2 [-]	δ_3 [-]	Re δ_2 [-]	C _f [-]	H ₁₂ [-]	H ₃₂ [-]	Zust. [-]	y1 [%]
1,0000	0,0000	0,1898	0,024585	0,015561	0,012811	295,4	0,0000	1,5799	0,8233	abgel.	0,0000
0,9973	0,0005	0,6761	0,024585	0,015561	0,012811	1052,0	0,0000	1,5799	0,8233	abgel.	0,0000
0,9891	0,0020	0,8096	0,024585	0,015561	0,012811	1259,8	0,0000	1,5799	0,8233	abgel.	0,0000
0,9755	0,0046	0,8722	0,024585	0,015561	0,012811	1357,3	0,0000	1,5799	0,8233	abgel.	0,0000
0,9568	0,0079	0,9166	0,024585	0,015561	0,012811	1426,3	0,0000	1,5799	0,8233	turb.	0,0000
0,9330	0,0121	0,9528	0,013640	0,006786	0,010604	667,7	0,0016	2,0098	1,5626	turb.	0,0353
0,9045	0,0170	0,9844	0,011161	0,006021	0,009602	610,0	0,0021	1,8537	1,5947	turb.	0,0311
0,8716	0,0225	1,0131	0,009527	0,005410	0,008748	562,6	0,0024	1,7609	1,6170	turb.	0,0286
0,8346	0,0284	1,0399	0,008321	0,004894	0,007993	521,4	0,0027	1,7001	1,6330	turb.	0,0271
0,7939	0,0345	1,0657	0,007339	0,004430	0,007288	483,1	0,0030	1,6568	1,6453	turb.	0,0259
0,7500	0,0409	1,0909	0,006500	0,004001	0,006620	446,5	0,0032	1,6248	1,6549	turb.	0,0250
0,7034	0,0472	1,1162	0,005783	0,003611	0,006001	412,2	0,0034	1,6015	1,6621	turb.	0,0243
0,6545	0,0535	1,1419	0,005130	0,003239	0,005403	378,4	0,0036	1,5836	1,6678	turb.	0,0237
0,6040	0,0594	1,1685	0,004536	0,002888	0,004830	345,4	0,0037	1,5703	1,6722	turb.	0,0232
0,5523	0,0649	1,1962	0,003986	0,002553	0,004277	312,8	0,0039	1,5612	1,6752	turb.	0,0228
0,5000	0,0697	1,2252	0,003494	0,002244	0,003763	281,7	0,0040	1,5567	1,6767	turb.	0,0224
0,4477	0,0738	1,2557	0,003043	0,001953	0,003274	251,4	0,0041	1,5582	1,6763	turb.	0,0221
0,3960	0,0769	1,2875	0,002642	0,001684	0,002817	222,4	0,0041	1,5688	1,6727	turb.	0,0220
0,3455	0,0789	1,3208	0,002297	0,001440	0,002396	195,1	0,0041	1,5957	1,6640	turb.	0,0222
0,2966	0,0795	1,3552	0,002021	0,001220	0,002008	169,7	0,0038	1,6561	1,6457	turb.	0,0229
0,2500	0,0788	1,3908	0,001850	0,001036	0,001669	147,8	0,0032	1,7860	1,6111	turb.	0,0250
0,2061	0,0766	1,4275	0,001847	0,000883	0,001368	129,3	0,0021	2,0920	1,5487	turb.	0,0310
0,1654	0,0729	1,4652	0,002435	0,000749	0,001145	112,7	0,0014	3,2497	1,5277	lam.	0,0377
0,1284	0,0678	1,5043	0,001891	0,000623	0,000958	96,3	0,0024	3,0355	1,5374	lam.	0,0289
0,0955	0,0612	1,5450	0,001454	0,000506	0,000782	80,2	0,0037	2,8760	1,5475	lam.	0,0233
0,0670	0,0534	1,5870	0,001064	0,000392	0,000613	63,8	0,0059	2,7114	1,5610	lam.	0,0185
0,0432	0,0444	1,6274	0,000720	0,000286	0,000452	47,3	0,0103	2,5204	1,5810	lam.	0,0139
0,0245	0,0345	1,6546	0,000468	0,000201	0,000322	32,8	0,0192	2,3310	1,6059	lam.	0,0102
0,0109	0,0237	1,6263	0,000321	0,000143	0,000232	20,4	0,0349	2,2418	1,6192	lam.	0,0076
0,0027	0,0121	1,4257	0,000289	0,000129	0,000210	12,0	0,0599	2,2294	1,6211	lam.	0,0058
0,0000	0,0000	0,9263	0,000845	0,000364	0,000584	10,5	0,0607	2,3226	1,6069	lam.	0,0057
0,0027	-0,0121	0,2877	0,000102	0,000046	0,000074	1,0	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,0109	-0,0237	0,2245	0,000001	0,000000	0,000001	0,0	0,0000	2,2364	1,6200	lam.	0,0000
0,0245	-0,0345	0,5425	0,000100	0,000045	0,000073	1,1	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,0432	-0,0444	0,7329	0,000476	0,000213	0,000344	11,5	0,0615	2,2394	1,6195	lam.	0,0057
0,0670	-0,0534	0,8517	0,000654	0,000289	0,000466	21,1	0,0325	2,2673	1,6152	lam.	0,0079
0,0955	-0,0612	0,9289	0,000849	0,000368	0,000592	31,4	0,0207	2,3072	1,6092	lam.	0,0098
0,1284	-0,0678	0,9801	0,001061	0,000452	0,000726	42,1	0,0147	2,3444	1,6039	lam.	0,0117
0,1654	-0,0729	1,0140	0,001283	0,000539	0,000862	52,9	0,0111	2,3804	1,5989	lam.	0,0134
0,2061	-0,0766	1,0358	0,001519	0,000629	0,001003	63,8	0,0088	2,4148	1,5943	lam.	0,0151
0,2500	-0,0788	1,0486	0,001771	0,000723	0,001149	74,9	0,0072	2,4494	1,5898	lam.	0,0167
0,2966	-0,0795	1,0548	0,002037	0,000820	0,001299	85,9	0,0059	2,4856	1,5852	lam.	0,0183
0,3455	-0,0789	1,0561	0,002325	0,000921	0,001456	97,2	0,0050	2,5240	1,5805	lam.	0,0200
0,3960	-0,0769	1,0538	0,002636	0,001028	0,001619	108,5	0,0042	2,5652	1,5756	lam.	0,0218
0,4477	-0,0738	1,0490	0,002964	0,001135	0,001782	119,6	0,0036	2,6122	1,5705	lam.	0,0236
0,5000	-0,0697	1,0423	0,003323	0,001247	0,001951	130,8	0,0030	2,6654	1,5654	lam.	0,0256
0,5523	-0,0649	1,0344	0,003700	0,001359	0,002120	141,6	0,0026	2,7227	1,5601	lam.	0,0277
0,6040	-0,0594	1,0256	0,004102	0,001472	0,002288	152,2	0,0022	2,7875	1,5545	lam.	0,0301
0,6545	-0,0535	1,0161	0,004554	0,001588	0,002459	162,9	0,0018	2,8677	1,5482	lam.	0,0331
0,7034	-0,0472	1,0058	0,005071	0,001705	0,002628	173,3	0,0015	2,9734	1,5411	lam.	0,0370
0,7500	-0,0409	0,9948	0,003458	0,001830	0,002905	184,1	0,0026	1,8897	1,5873	turb.	0,0278
0,7939	-0,0345	0,9826	0,003449	0,001981	0,003213	197,0	0,0032	1,7414	1,6223	turb.	0,0250
0,8346	-0,0284	0,9690	0,003583	0,002150	0,003531	211,2	0,0036	1,6665	1,6427	turb.	0,0237
0,8716	-0,0225	0,9535	0,003813	0,002339	0,003866	226,6	0,0037	1,6307	1,6532	turb.	0,0232
0,9045	-0,0170	0,9355	0,004129	0,002548	0,004219	242,9	0,0037	1,6206	1,6562	turb.	0,0232
0,9330	-0,0121	0,9138	0,004569	0,002798	0,004624	261,7	0,0036	1,6329	1,6524	turb.	0,0237
0,9568	-0,0079	0,8869	0,005169	0,003094	0,005077	282,7	0,0033	1,6709	1,6412	turb.	0,0246
0,9755	-0,0046	0,8511	0,006162	0,003506	0,005672	310,7	0,0028	1,7575	1,6177	turb.	0,0267
0,9891	-0,0020	0,7963	0,014951	0,005904	0,007855	470,1	0,0000	2,5324	1,3304	turb.	0,0000
0,9973	-0,0005	0,6687	0,014951	0,005904	0,007855	394,8	0,0000	2,5324	1,3304	abgel.	0,0000
1,0000	0,0000	0,1898	0,014951	0,005904	0,007855	112,1	0,0000	2,5324	1,3304	abgel.	0,0000

Profil NACA0016

Geschwindigkeitsverteilung

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha = 5^\circ$

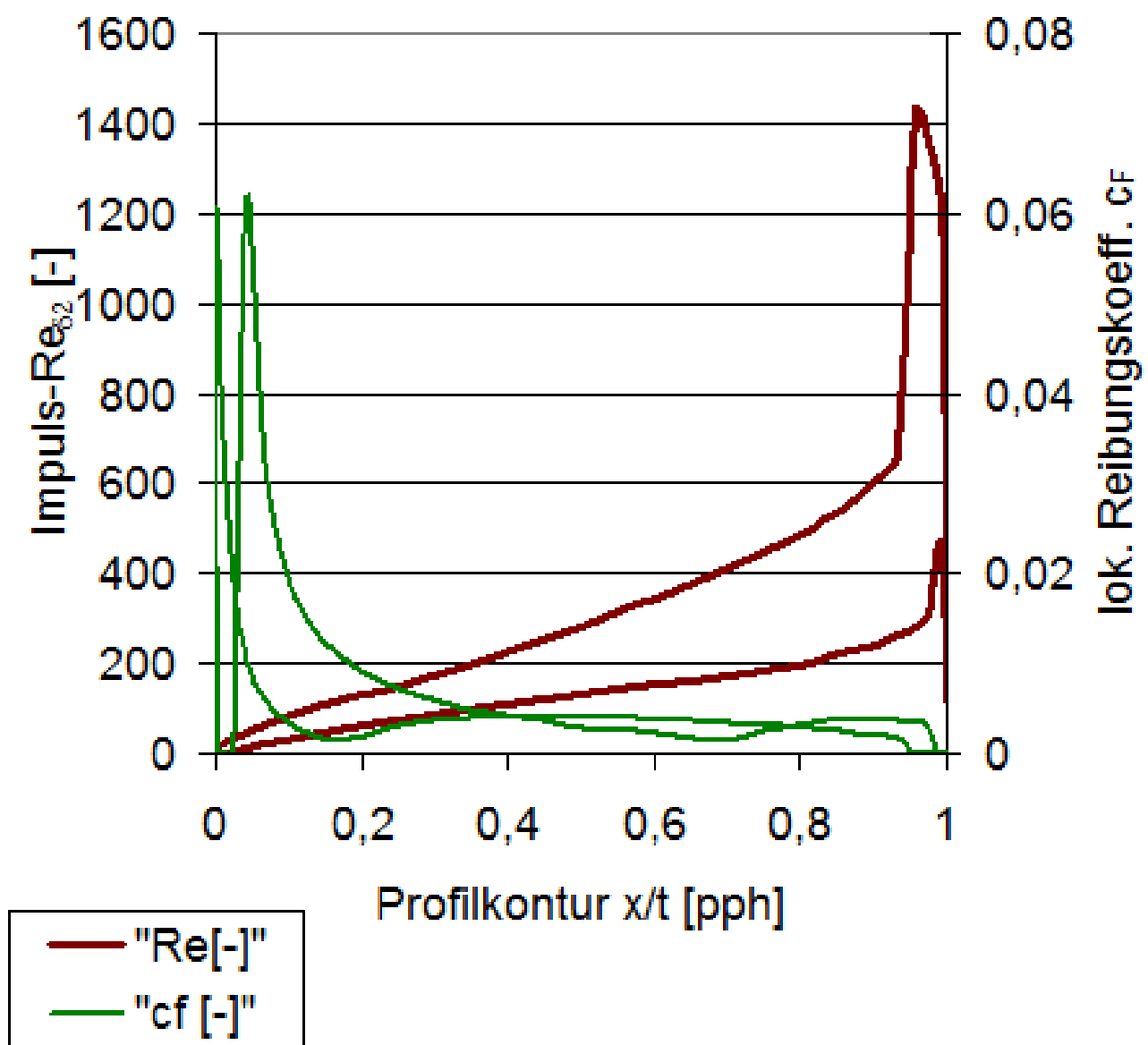


Profil NACA0016

lokale Impulsaustausch-Reynoldszahl $Re_{\delta 2}$

und lokaler Reibungskoeffizient c_F

Wasser, $Re: 1E6$, Anstellwinkel: $\alpha = 5^\circ$

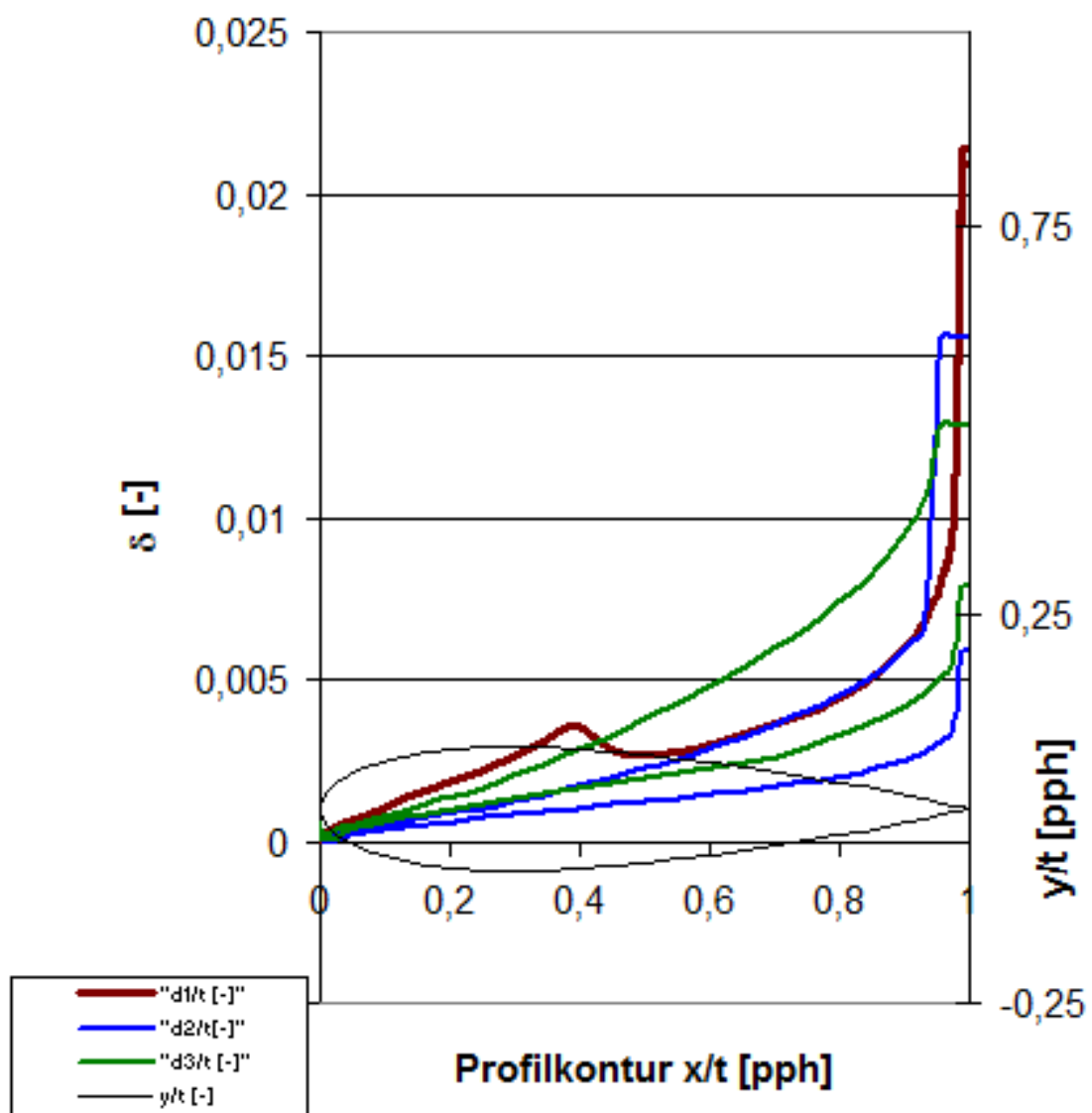


Profil NACA0016

Grenzschichtdicken

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha=5^\circ$



Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

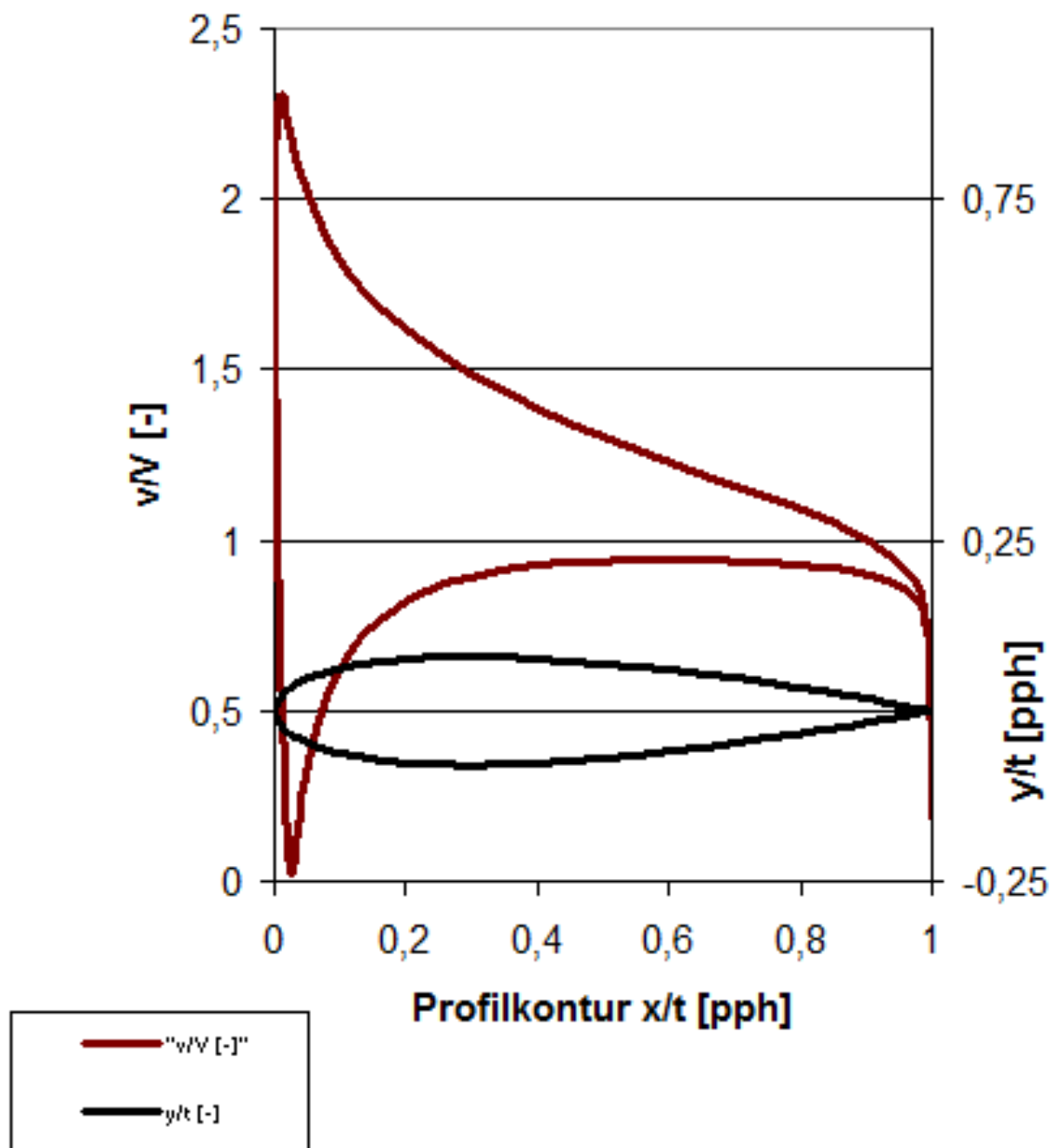
α [°]	Re [-]	Mach [-]	Λ [-]	Ca [-]	Cw [-]	Cm 0.25 [-]						
10,000	100000	0,000	∞	0,941	0,04554	-0,055						
x/l [-]	y/l [-]	v/V [-]	δ_1 [-]	δ_2 [-]	δ_3 [-]	Re δ_2 [-]	C _f [-]	H ₁₂ [-]	H ₃₂ [-]	Zust. [-]	y1 [%]	
1,0000	0,0000	0,1877	0,016751	0,028420	0,008723	533,4	0,0000	0,5894	0,3069	abgel.	0,0000	
0,9973	0,0005	0,6720	0,016751	0,028420	0,008723	1910,0	0,0000	0,5894	0,3069	abgel.	0,0000	
0,9891	0,0020	0,8070	0,016751	0,028420	0,008723	2293,6	0,0000	0,5894	0,3069	abgel.	0,0000	
0,9755	0,0046	0,8729	0,016751	0,028420	0,008723	2480,7	0,0000	0,5894	0,3069	abgel.	0,0000	
0,9568	0,0079	0,9211	0,016751	0,028420	0,008723	2617,7	0,0000	0,5894	0,3069	abgel.	0,0000	
0,9330	0,0121	0,9615	0,016751	0,028420	0,008723	2732,6	0,0000	0,5894	0,3069	abgel.	0,0000	
0,9045	0,0170	0,9977	0,016751	0,028420	0,008723	2835,5	0,0000	0,5894	0,3069	abgel.	0,0000	
0,8716	0,0225	1,0314	0,016751	0,028420	0,008723	2931,3	0,0000	0,5894	0,3069	abgel.	0,0000	
0,8346	0,0284	1,0636	0,016751	0,028420	0,008723	3022,9	0,0000	0,5894	0,3069	abgel.	0,0000	
0,7939	0,0345	1,0952	0,016751	0,028420	0,008723	3112,6	0,0000	0,5894	0,3069	abgel.	0,0000	
0,7500	0,0409	1,1267	0,016751	0,028420	0,008723	3202,2	0,0000	0,5894	0,3069	abgel.	0,0000	
0,7034	0,0472	1,1588	0,016751	0,028420	0,008723	3293,5	0,0000	0,5894	0,3069	abgel.	0,0000	
0,6545	0,0535	1,1921	0,016751	0,028420	0,008723	3387,9	0,0000	0,5894	0,3069	turb.	0,0000	
0,6040	0,0594	1,2269	0,010121	0,004624	0,007086	584,2	0,0013	2,1886	1,5322	turb.	0,0397	
0,5523	0,0649	1,2637	0,008255	0,004042	0,006292	526,5	0,0016	2,0426	1,5567	turb.	0,0352	
0,5000	0,0697	1,3030	0,006821	0,003512	0,005534	472,4	0,0019	1,9422	1,5759	turb.	0,0323	
0,4477	0,0738	1,3451	0,005697	0,003042	0,004839	422,8	0,0022	1,8728	1,5906	turb.	0,0302	
0,3960	0,0769	1,3901	0,004761	0,002612	0,004184	375,6	0,0024	1,8227	1,6020	turb.	0,0287	
0,3455	0,0789	1,4385	0,003977	0,002224	0,003580	331,3	0,0026	1,7886	1,6101	turb.	0,0275	
0,2966	0,0795	1,4906	0,003307	0,001870	0,003021	289,3	0,0028	1,7681	1,6152	turb.	0,0267	
0,2500	0,0788	1,5467	0,002749	0,001561	0,002524	250,9	0,0029	1,7611	1,6170	turb.	0,0261	
0,2061	0,0766	1,6078	0,002265	0,001282	0,002070	214,5	0,0030	1,7678	1,6153	turb.	0,0257	
0,1654	0,0729	1,6750	0,001846	0,001030	0,001657	180,2	0,0030	1,7925	1,6093	turb.	0,0257	
0,1284	0,0678	1,7503	0,001498	0,000814	0,001301	149,4	0,0029	1,8402	1,5980	turb.	0,0261	
0,0955	0,0612	1,8366	0,001197	0,000620	0,000978	120,1	0,0027	1,9316	1,5783	turb.	0,0273	
0,0670	0,0534	1,9379	0,000968	0,000459	0,000710	94,5	0,0022	2,1079	1,5457	turb.	0,0303	
0,0432	0,0444	2,0578	0,001065	0,000327	0,000499	71,7	0,0022	3,2581	1,5269	lam.	0,0302	
0,0245	0,0345	2,1938	0,000548	0,000218	0,000345	50,4	0,0097	2,5169	1,5814	lam.	0,0143	
0,0109	0,0237	2,3112	0,000333	0,000147	0,000237	33,3	0,0205	2,2729	1,6144	lam.	0,0099	
0,0027	0,0121	2,2694	0,000275	0,000124	0,000200	22,8	0,0318	2,2293	1,6211	lam.	0,0079	
0,0000	0,0000	1,8456	0,000301	0,000135	0,000218	15,6	0,0462	2,2324	1,6206	lam.	0,0066	
0,0027	-0,0121	1,1443	0,000398	0,000178	0,000289	8,6	0,0831	2,2352	1,6202	lam.	0,0049	
0,0109	-0,0237	0,4816	0,000253	0,000113	0,000183	0,4	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414	
0,0245	-0,0345	0,0218	0,000001	0,000000	0,000001	0,0	0,0000	2,2364	1,6200	lam.	0,0000	
0,0432	-0,0444	0,2756	0,000287	0,000128	0,000208	0,4	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414	
0,0670	-0,0534	0,4729	0,000593	0,000265	0,000430	7,3	0,0975	2,2352	1,6202	lam.	0,0045	
0,0955	-0,0612	0,6090	0,000729	0,000325	0,000527	15,4	0,0462	2,2418	1,6191	lam.	0,0066	
0,1284	-0,0678	0,7058	0,000913	0,000403	0,000650	24,6	0,0278	2,2673	1,6152	lam.	0,0085	
0,1654	-0,0729	0,7760	0,001104	0,000481	0,000775	34,0	0,0194	2,2949	1,6110	lam.	0,0102	
0,2061	-0,0766	0,8273	0,001305	0,000562	0,000903	43,7	0,0146	2,3216	1,6071	lam.	0,0117	
0,2500	-0,0788	0,8648	0,001517	0,000646	0,001036	53,5	0,0115	2,3478	1,6034	lam.	0,0132	
0,2966	-0,0795	0,8919	0,001737	0,000732	0,001170	63,3	0,0094	2,3743	1,5997	lam.	0,0146	
0,3455	-0,0789	0,9112	0,001972	0,000822	0,001311	73,3	0,0078	2,4000	1,5962	lam.	0,0160	
0,3960	-0,0769	0,9244	0,002212	0,000912	0,001452	83,1	0,0067	2,4263	1,5927	lam.	0,0173	
0,4477	-0,0738	0,9332	0,002463	0,001004	0,001596	92,8	0,0058	2,4527	1,5893	lam.	0,0186	
0,5000	-0,0697	0,9386	0,002723	0,001098	0,001742	102,5	0,0050	2,4788	1,5860	lam.	0,0199	
0,5523	-0,0649	0,9414	0,002983	0,001191	0,001885	111,8	0,0044	2,5049	1,5828	lam.	0,0212	
0,6040	-0,0594	0,9421	0,003250	0,001284	0,002028	120,8	0,0040	2,5316	1,5796	lam.	0,0225	
0,6545	-0,0535	0,9413	0,003524	0,001377	0,002170	129,7	0,0036	2,5596	1,5762	lam.	0,0237	
0,7034	-0,0472	0,9390	0,003803	0,001468	0,002308	138,2	0,0032	2,5906	1,5726	lam.	0,0250	
0,7500	-0,0409	0,9351	0,004103	0,001558	0,002444	146,3	0,0028	2,6333	1,5684	lam.	0,0265	
0,7939	-0,0345	0,9297	0,004444	0,001652	0,002583	154,5	0,0025	2,6895	1,5631	lam.	0,0283	
0,8346	-0,0284	0,9224	0,004849	0,001750	0,002723	162,7	0,0021	2,7711	1,5558	lam.	0,0308	
0,8716	-0,0225	0,9127	0,005397	0,001856	0,002868	171,2	0,0016	2,9081	1,5453	lam.	0,0349	
0,9045	-0,0170	0,9002	0,003969	0,001980	0,003096	180,7	0,0022	2,0052	1,5640	turb.	0,0302	
0,9330	-0,0121	0,8838	0,004081	0,002131	0,003371	191,8	0,0025	1,9148	1,5818	turb.	0,0285	
0,9568	-0,0079	0,8618	0,004418	0,002323	0,003681	205,3	0,0025	1,9014	1,5845	turb.	0,0284	
0,9755	-0,0046	0,8307	0,005136	0,002602	0,004083	224,1	0,0022	1,9741	1,5695	turb.	0,0303	
0,9891	-0,0020	0,7805	0,009928	0,004309	0,005158	336,3	0,0000	2,3038	1,1969	turb.	0,0000	
0,9973	-0,0005	0,6573	0,009928	0,004309	0,005158	283,3	0,0000	2,3038	1,1969	abgel.	0,0000	
1,0000	0,0000	0,1877	0,009928	0,004309	0,005158	80,9	0,0000	2,3038	1,1969	abgel.	0,0000	

Profil NACA0016

Geschwindigkeitsverteilung

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha = 10^\circ$

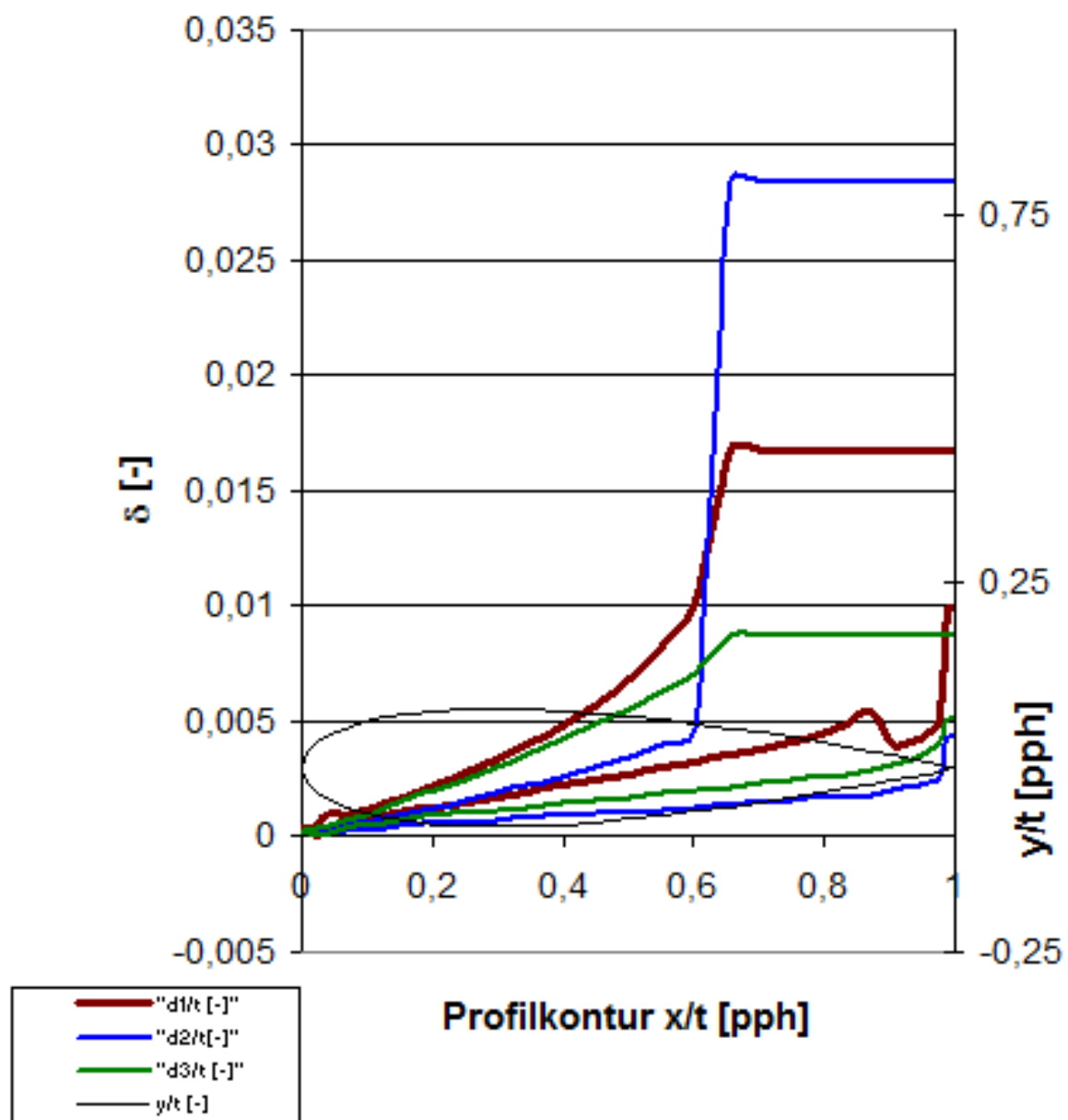


Profil NACA0016

Grenzschichtdicken

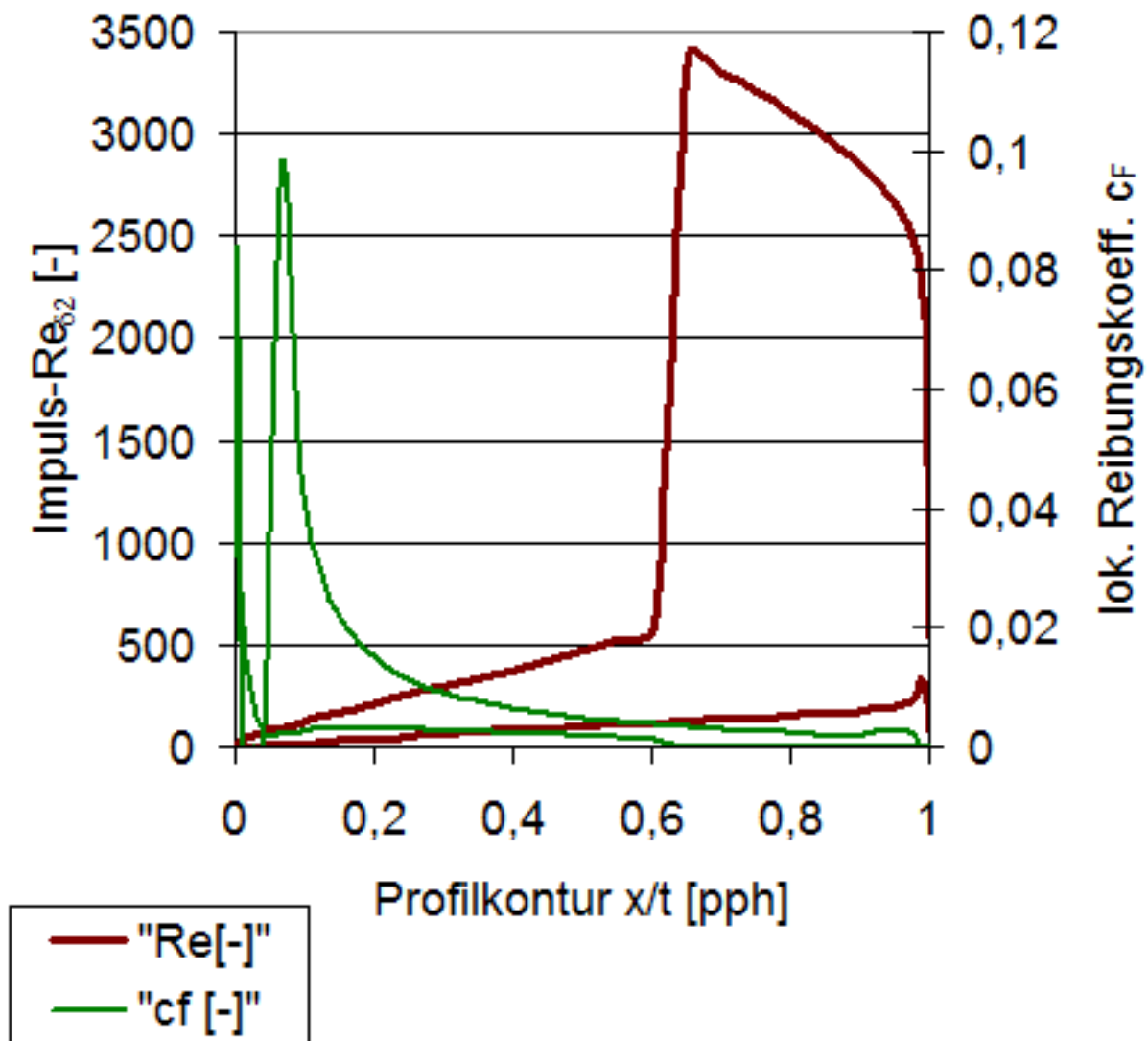
Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha = 10^\circ$



Profil NACA0016

Diagrammfläche δ_2 Impulsaustausch-Reynoldszahl Re_{δ_2}
und lokaler Reibungskoeffizient c_F
Wasser, $Re: 1E6$, Anstellwinkel: $\alpha = 10^\circ$



Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

α [°]	Re [-]	Mach [-]	Λ [-]	Ca [-]	Cw [-]	Cm 0.25 [-]
15,000	100000	0,000	∞	1,050	0,11318	-0,097

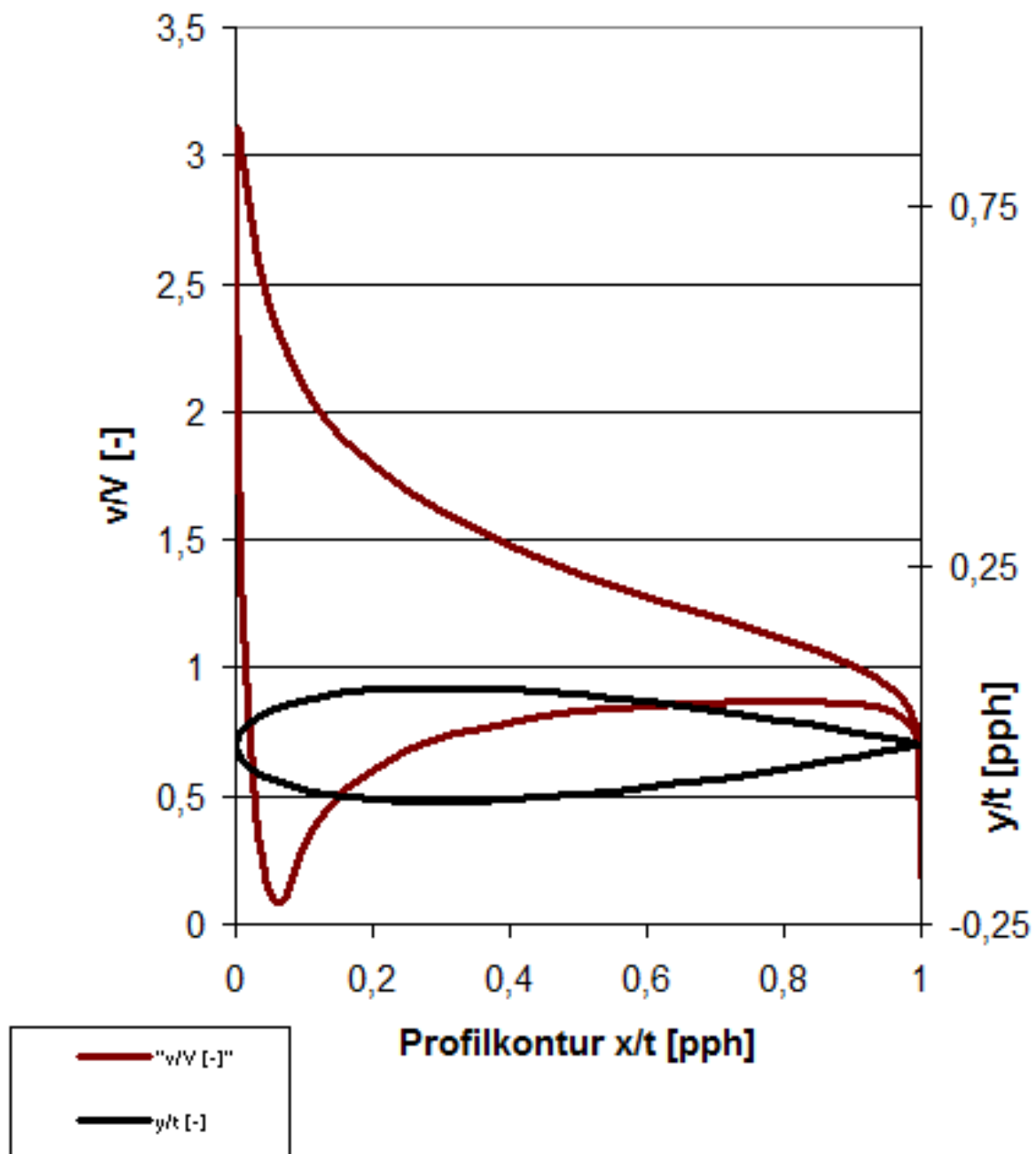
x/l [-]	y/l [-]	v/V [-]	δ_1 [-]	δ_2 [-]	δ_3 [-]	Re δ_2 [-]	C_f [-]	H_12 [-]	H_32 [-]	Zust. [-]	y1 [%]
1,0000	0,0000	0,1841	0,001587	0,046844	0,000830	862,3	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,9973	0,0005	0,6629	0,001587	0,046844	0,000830	3105,3	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,9891	0,0020	0,7983	0,001587	0,046844	0,000830	3739,7	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,9755	0,0046	0,8669	0,001587	0,046844	0,000830	4060,8	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,9568	0,0079	0,9185	0,001587	0,046844	0,000830	4302,6	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,9330	0,0121	0,9629	0,001587	0,046844	0,000830	4510,4	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,9045	0,0170	1,0034	0,001587	0,046844	0,000830	4700,4	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,8716	0,0225	1,0419	0,001587	0,046844	0,000830	4880,4	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,8346	0,0284	1,0792	0,001587	0,046844	0,000830	5055,5	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,7939	0,0345	1,1164	0,001587	0,046844	0,000830	5229,4	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,7500	0,0409	1,1539	0,001587	0,046844	0,000830	5405,5	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,7034	0,0472	1,1926	0,001587	0,046844	0,000830	5586,8	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,6545	0,0535	1,2331	0,001587	0,046844	0,000830	5776,3	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,6040	0,0594	1,2759	0,001587	0,046844	0,000830	5976,9	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,5523	0,0649	1,3217	0,001587	0,046844	0,000830	6191,2	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,5000	0,0697	1,3709	0,001587	0,046844	0,000830	6421,9	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,4477	0,0738	1,4242	0,001587	0,046844	0,000830	6671,7	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,3960	0,0769	1,4822	0,001587	0,046844	0,000830	6943,0	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,3455	0,0789	1,5453	0,001587	0,046844	0,000830	7238,9	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,2966	0,0795	1,6145	0,001587	0,046844	0,000830	7563,0	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,2500	0,0788	1,6908	0,001587	0,046844	0,000830	7920,4	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,2061	0,0766	1,7758	0,001587	0,046844	0,000830	8318,5	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,1654	0,0729	1,8719	0,001587	0,046844	0,000830	8768,8	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,1284	0,0678	1,9829	0,001587	0,046844	0,000830	9288,4	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,0955	0,0612	2,1142	0,001587	0,046844	0,000830	9903,7	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,0670	0,0534	2,2740	0,001587	0,046844	0,000830	10652,3	0,0000	0,0339	0,0177	abgel.	0,0000
0,0432	0,0444	2,4725	0,001587	0,046844	0,000830	11582,1	0,0000	0,0339	0,0177	turb.	0,0000
0,0245	0,0345	2,7163	0,000668	0,000231	0,000357	68,6	0,0042	2,8981	1,5457	lam.	0,0219
0,0109	0,0237	2,9786	0,000343	0,000148	0,000238	46,1	0,0139	2,3171	1,6079	lam.	0,0120
0,0027	0,0121	3,0957	0,000265	0,000119	0,000193	32,7	0,0221	2,2281	1,6213	lam.	0,0095
0,0000	0,0000	2,7508	0,000276	0,000124	0,000202	25,2	0,0291	2,2218	1,6223	lam.	0,0083
0,0027	-0,0121	1,9923	0,000353	0,000158	0,000257	18,7	0,0387	2,2277	1,6213	lam.	0,0072
0,0109	-0,0237	1,1841	0,000473	0,000212	0,000344	12,5	0,0575	2,2317	1,6207	lam.	0,0059
0,0245	-0,0345	0,5860	0,001057	0,000471	0,000762	8,7	0,0814	2,2442	1,6187	lam.	0,0050
0,0432	-0,0444	0,1838	0,000160	0,000072	0,000116	0,7	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,0670	-0,0534	0,0906	0,000001	0,000000	0,000001	0,0	0,0000	2,2364	1,6200	lam.	0,0000
0,0955	-0,0612	0,2845	0,000158	0,000071	0,000114	0,7	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,1284	-0,0678	0,4261	0,000799	0,000357	0,000579	10,2	0,0700	2,2363	1,6200	lam.	0,0053
0,1654	-0,0729	0,5320	0,000981	0,000436	0,000706	18,6	0,0378	2,2484	1,6181	lam.	0,0073
0,2061	-0,0766	0,6126	0,001162	0,000513	0,000828	27,3	0,0251	2,2677	1,6151	lam.	0,0089
0,2500	-0,0788	0,6745	0,001349	0,000590	0,000951	36,1	0,0184	2,2881	1,6120	lam.	0,0104
0,2966	-0,0795	0,7223	0,001544	0,000669	0,001076	45,2	0,0143	2,3081	1,6091	lam.	0,0118
0,3455	-0,0789	0,7593	0,001744	0,000749	0,001203	54,1	0,0117	2,3286	1,6061	lam.	0,0131
0,3960	-0,0769	0,7880	0,001947	0,000829	0,001329	62,9	0,0098	2,3487	1,6032	lam.	0,0143
0,4477	-0,0738	0,8104	0,002156	0,000911	0,001458	71,8	0,0083	2,3677	1,6006	lam.	0,0155
0,5000	-0,0697	0,8277	0,002369	0,000993	0,001587	80,5	0,0073	2,3854	1,5982	lam.	0,0166
0,5523	-0,0649	0,8412	0,002577	0,001073	0,001712	88,8	0,0064	2,4024	1,5959	lam.	0,0176
0,6040	-0,0594	0,8515	0,002787	0,001153	0,001837	97,0	0,0058	2,4184	1,5938	lam.	0,0186
0,6545	-0,0535	0,8593	0,002991	0,001229	0,001956	104,6	0,0052	2,4340	1,5917	lam.	0,0195
0,7034	-0,0472	0,8649	0,003197	0,001305	0,002074	112,1	0,0048	2,4502	1,5896	lam.	0,0205
0,7500	-0,0409	0,8684	0,003402	0,001378	0,002187	119,2	0,0044	2,4686	1,5873	lam.	0,0214
0,7939	-0,0345	0,8697	0,003616	0,001451	0,002299	126,0	0,0040	2,4920	1,5844	lam.	0,0223
0,8346	-0,0284	0,8687	0,003848	0,001524	0,002409	132,6	0,0036	2,5245	1,5804	lam.	0,0234
0,8716	-0,0225	0,8650	0,004130	0,001604	0,002526	139,3	0,0032	2,5745	1,5745	lam.	0,0249
0,9045	-0,0170	0,8581	0,004502	0,001691	0,002647	146,2	0,0027	2,6626	1,5656	lam.	0,0270
0,9330	-0,0121	0,8470	0,005097	0,001799	0,002789	154,3	0,0020	2,8338	1,5507	lam.	0,0314
0,9568	-0,0079	0,8302	0,004101	0,001933	0,002983	163,7	0,0019	2,1217	1,5433	turb.	0,0326
0,9755	-0,0046	0,8040	0,004542	0,002128	0,003278	176,5	0,0018	2,1348	1,5409	turb.	0,0332
0,9891	-0,0020	0,7587	0,007766	0,003525	0,003986	267,5	0,0000	2,2031	1,1308	turb.	0,0000
0,9973	-0,0005	0,6410	0,007766	0,003525	0,003986	225,9	0,0000	2,2031	1,1308	abgel.	0,0000
1,0000	0,0000	0,1841	0,007766	0,003525	0,003986	64,9	0,0000	2,2031	1,1308	abgel.	0,0000

Profil NACA0016

Geschwindigkeitsverteilung

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha = 15^\circ$

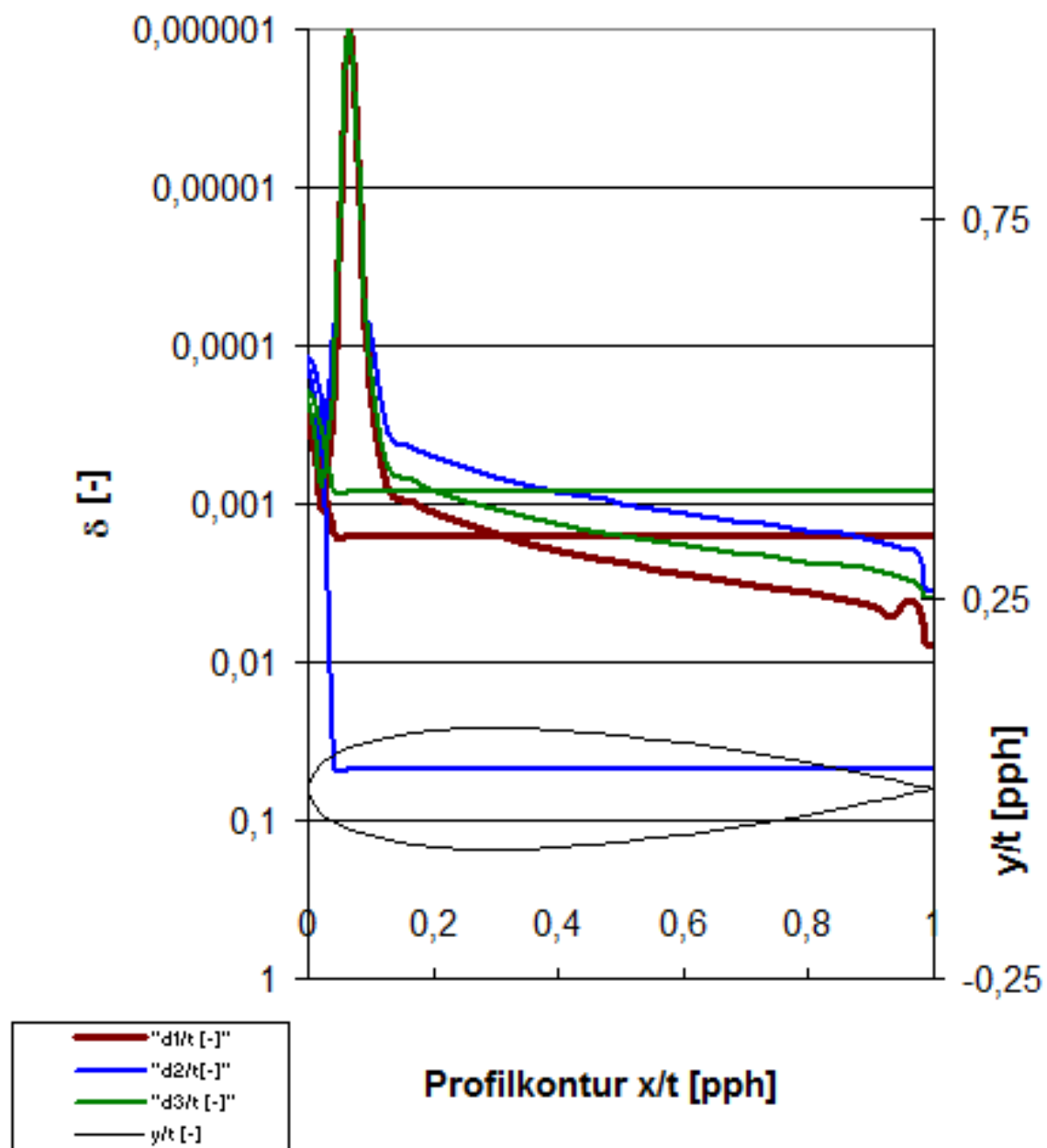


Profil NACA0016

Grenzschichtdicken

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha = 15^\circ$

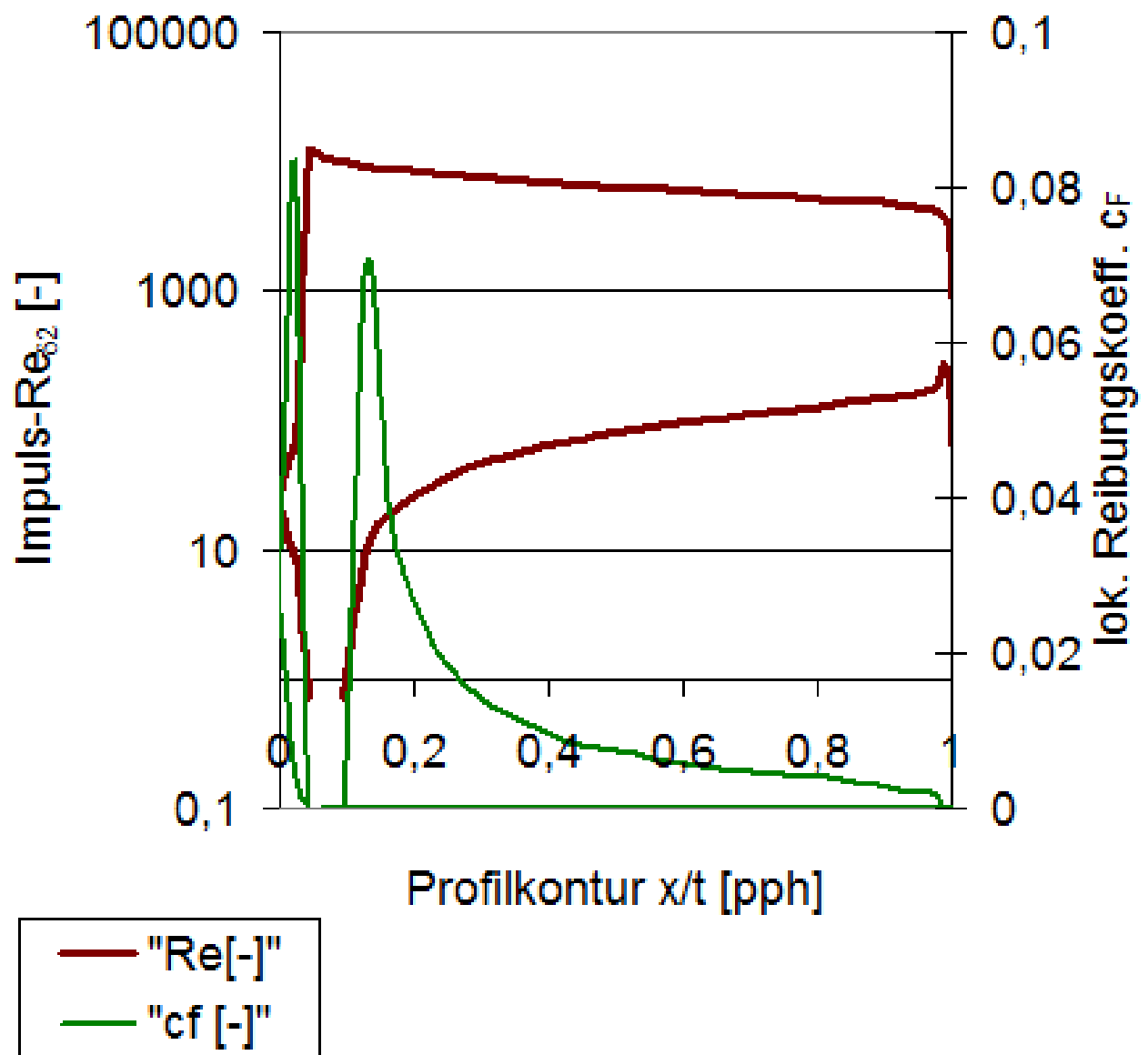


Profil NACA0016

lokale Impulsaustausch-Reynoldszahl Re_{δ_2}

und lokaler Reibungskoeffizient c_f

Wasser, $Re:1E6$, Anstellwinkel: $\alpha=15^\circ$



Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

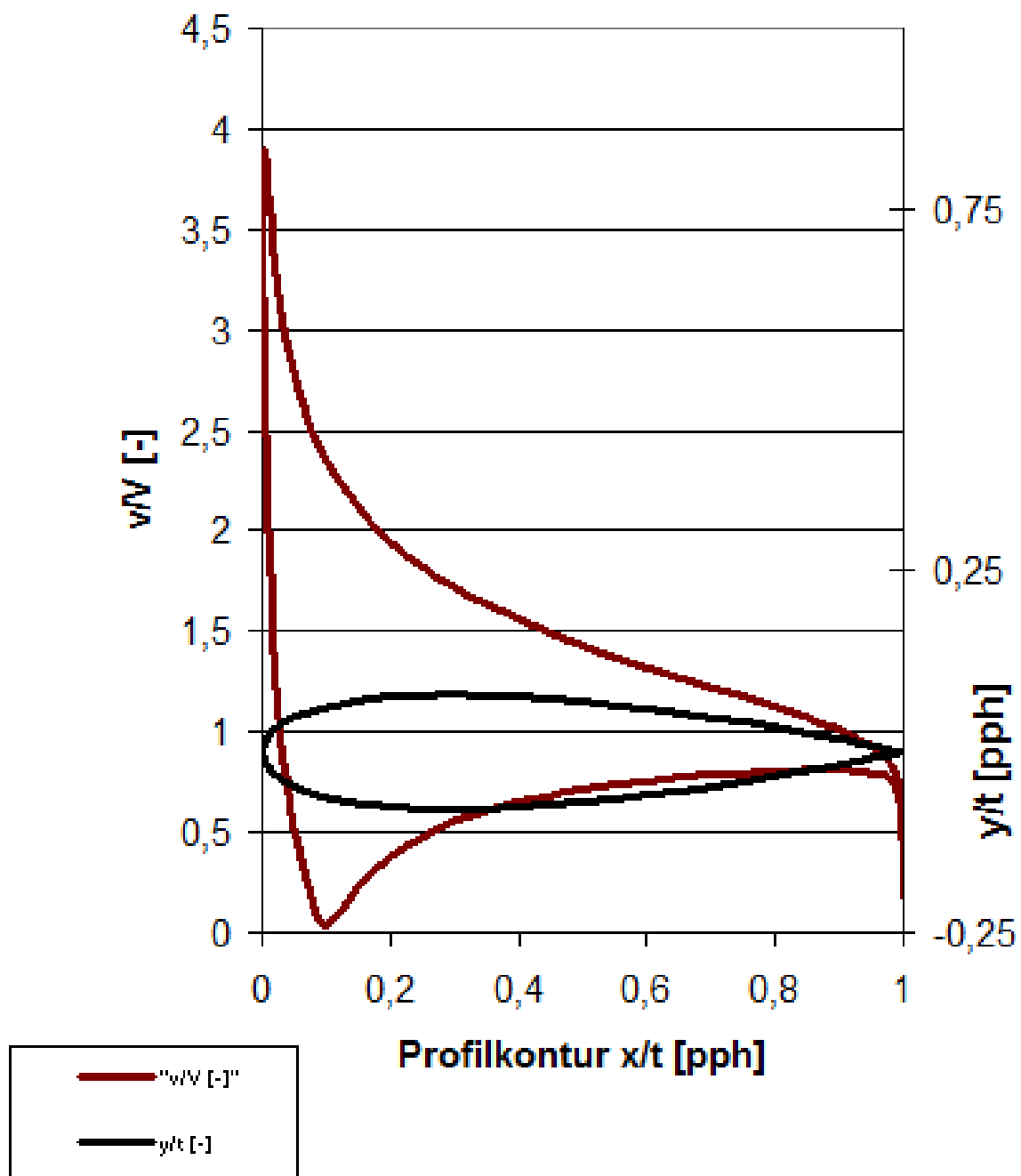
α [°]	Re [-]	Mach [-]	Λ [-]	Ca [-]	Cw [-]	Cm 0.25 [-]						
20,000	100000	0,000	∞	1,249	0,18401	-0,126						
x/l [-]	y/l [-]	v/V [-]	δ_1 [-]	δ_2 [-]	δ_3 [-]	Re δ_2 [-]	C_f [-]	H_12 [-]	H_32 [-]	Zust. [-]	y1 [%]	
1,0000	0,0000	0,1791	0,001145	0,100921	0,000601	1807,3	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,9973	0,0005	0,6487	0,001145	0,100921	0,000601	6547,0	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,9891	0,0020	0,7836	0,001145	0,100921	0,000601	7907,7	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,9755	0,0046	0,8543	0,001145	0,100921	0,000601	8621,6	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,9568	0,0079	0,9090	0,001145	0,100921	0,000601	9173,3	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,9330	0,0121	0,9569	0,001145	0,100921	0,000601	9657,3	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,9045	0,0170	1,0015	0,001145	0,100921	0,000601	10107,3	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,8716	0,0225	1,0444	0,001145	0,100921	0,000601	10540,0	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,8346	0,0284	1,0866	0,001145	0,100921	0,000601	10966,2	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,7939	0,0345	1,1290	0,001145	0,100921	0,000601	11394,3	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,7500	0,0409	1,1724	0,001145	0,100921	0,000601	11831,8	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,7034	0,0472	1,2174	0,001145	0,100921	0,000601	12286,0	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,6545	0,0535	1,2648	0,001145	0,100921	0,000601	12764,1	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,6040	0,0594	1,3152	0,001145	0,100921	0,000601	13273,5	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,5523	0,0649	1,3695	0,001145	0,100921	0,000601	13821,5	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,5000	0,0697	1,4284	0,001145	0,100921	0,000601	14415,4	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,4477	0,0738	1,4926	0,001145	0,100921	0,000601	15063,2	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,3960	0,0769	1,5629	0,001145	0,100921	0,000601	15773,0	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,3455	0,0789	1,6404	0,001145	0,100921	0,000601	16554,9	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,2966	0,0795	1,7262	0,001145	0,100921	0,000601	17421,0	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,2500	0,0788	1,8221	0,001145	0,100921	0,000601	18388,3	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,2061	0,0766	1,9303	0,001145	0,100921	0,000601	19481,1	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,1654	0,0729	2,0546	0,001145	0,100921	0,000601	20735,6	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,1284	0,0678	2,2004	0,001145	0,100921	0,000601	22206,3	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,0955	0,0612	2,3757	0,001145	0,100921	0,000601	23976,0	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,0670	0,0534	2,5929	0,001145	0,100921	0,000601	26167,3	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,0432	0,0444	2,8684	0,001145	0,100921	0,000601	28948,0	0,0000	0,0113	0,0060	abgel.	0,0000	
0,0245	0,0345	3,2182	0,001145	0,100921	0,000601	32478,4	0,0000	0,0113	0,0060	turb.	0,0000	
0,0109	0,0237	3,6233	0,000351	0,000148	0,000237	57,8	0,0103	2,3733	1,6000	lam.	0,0139	
0,0027	0,0121	3,8986	0,000256	0,000115	0,000186	41,7	0,0173	2,2304	1,6209	lam.	0,0108	
0,0000	0,0000	3,6351	0,000258	0,000117	0,000190	33,4	0,0221	2,2120	1,6238	lam.	0,0095	
0,0027	-0,0121	2,8251	0,000324	0,000146	0,000237	27,5	0,0268	2,2153	1,6233	lam.	0,0086	
0,0109	-0,0237	1,8775	0,000428	0,000193	0,000312	22,1	0,0330	2,2226	1,6222	lam.	0,0078	
0,0245	-0,0345	1,1458	0,000555	0,000249	0,000403	16,2	0,0446	2,2319	1,6207	lam.	0,0067	
0,0432	-0,0444	0,6419	0,000705	0,000315	0,000511	9,2	0,0773	2,2352	1,6202	lam.	0,0051	
0,0670	-0,0534	0,2925	0,000224	0,000100	0,000162	0,5	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414	
0,0955	-0,0612	0,0422	0,000001	0,000000	0,000001	0,0	0,0000	2,2364	1,6200	lam.	0,0000	
0,1284	-0,0678	0,1432	0,000232	0,000104	0,000168	0,5	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414	
0,1654	-0,0729	0,2840	0,001181	0,000528	0,000856	7,6	0,0942	2,2360	1,6200	lam.	0,0046	
0,2061	-0,0766	0,3932	0,001059	0,000474	0,000769	13,5	0,0533	2,2329	1,6205	lam.	0,0061	
0,2500	-0,0788	0,4790	0,001228	0,000546	0,000883	21,5	0,0325	2,2501	1,6178	lam.	0,0078	
0,2966	-0,0795	0,5471	0,001402	0,000619	0,000999	29,7	0,0231	2,2667	1,6153	lam.	0,0093	
0,3455	-0,0789	0,6017	0,001580	0,000692	0,001116	37,8	0,0177	2,2835	1,6127	lam.	0,0106	
0,3960	-0,0769	0,6456	0,001761	0,000766	0,001233	46,1	0,0142	2,2992	1,6104	lam.	0,0119	
0,4477	-0,0738	0,6813	0,001944	0,000840	0,001351	54,3	0,0118	2,3140	1,6082	lam.	0,0130	
0,5000	-0,0697	0,7105	0,002124	0,000912	0,001465	62,2	0,0101	2,3284	1,6061	lam.	0,0140	
0,5523	-0,0649	0,7346	0,002303	0,000984	0,001578	69,9	0,0089	2,3412	1,6043	lam.	0,0150	
0,6040	-0,0594	0,7544	0,002477	0,001053	0,001687	77,3	0,0079	2,3526	1,6027	lam.	0,0159	
0,6545	-0,0535	0,7709	0,002644	0,001119	0,001792	84,4	0,0071	2,3630	1,6012	lam.	0,0167	
0,7034	-0,0472	0,7843	0,002808	0,001183	0,001893	91,2	0,0065	2,3728	1,5999	lam.	0,0175	
0,7500	-0,0409	0,7950	0,002966	0,001244	0,001989	97,6	0,0060	2,3831	1,5985	lam.	0,0182	
0,7939	-0,0345	0,8031	0,003122	0,001303	0,002081	103,6	0,0056	2,3958	1,5968	lam.	0,0190	
0,8346	-0,0284	0,8084	0,003286	0,001362	0,002171	109,4	0,0052	2,4131	1,5944	lam.	0,0197	
0,8716	-0,0225	0,8107	0,003468	0,001422	0,002263	115,0	0,0047	2,4390	1,5911	lam.	0,0206	
0,9045	-0,0170	0,8094	0,003690	0,001487	0,002359	120,6	0,0043	2,4808	1,5857	lam.	0,0217	
0,9330	-0,0121	0,8038	0,003997	0,001565	0,002468	126,7	0,0037	2,5543	1,5768	lam.	0,0234	
0,9568	-0,0079	0,7922	0,004508	0,001663	0,002597	133,7	0,0028	2,7100	1,5611	lam.	0,0267	
0,9755	-0,0046	0,7712	0,005775	0,001808	0,002766	143,3	0,0012	3,1934	1,5297	lam.	0,0404	
0,9891	-0,0020	0,7312	0,006389	0,002966	0,003336	216,9	0,0000	2,1544	1,1249	turb.	0,0000	
0,9973	-0,0005	0,6197	0,006389	0,002966	0,003336	183,8	0,0000	2,1544	1,1249	abgel.	0,0000	
1,0000	0,0000	0,1791	0,006389	0,002966	0,003336	53,1	0,0000	2,1544	1,1249	abgel.	0,0000	

Profil NACA0016

Geschwindigkeitsverteilung

Medium Wasser, $Re: 1E6$

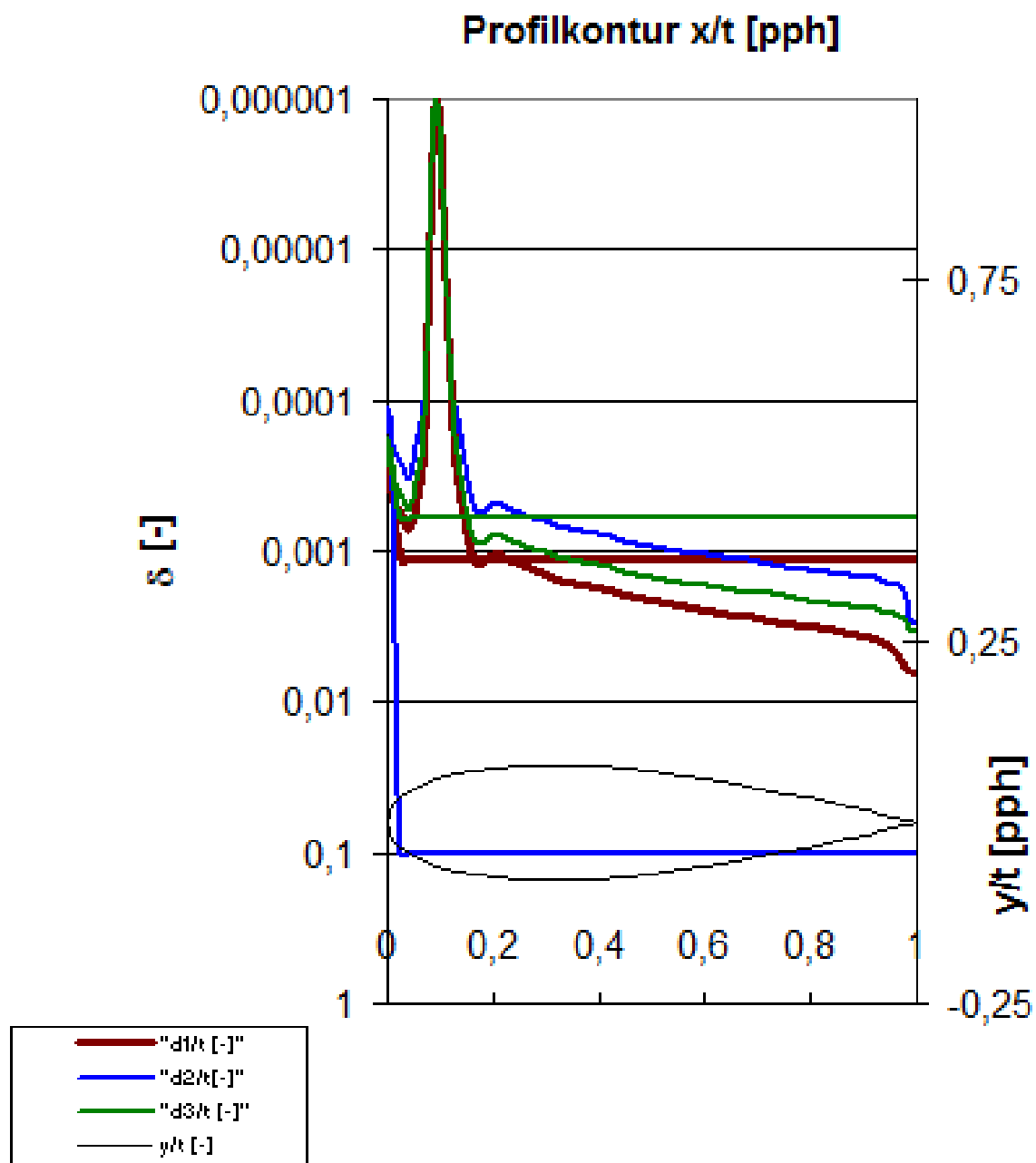
Anstellwinkel: $\alpha = 20^\circ$



Profil NACA0016

Grenzschichtdicken

Medium Wasser, $Re: 1E6$
Anstellwinkel: $\alpha=20^\circ$

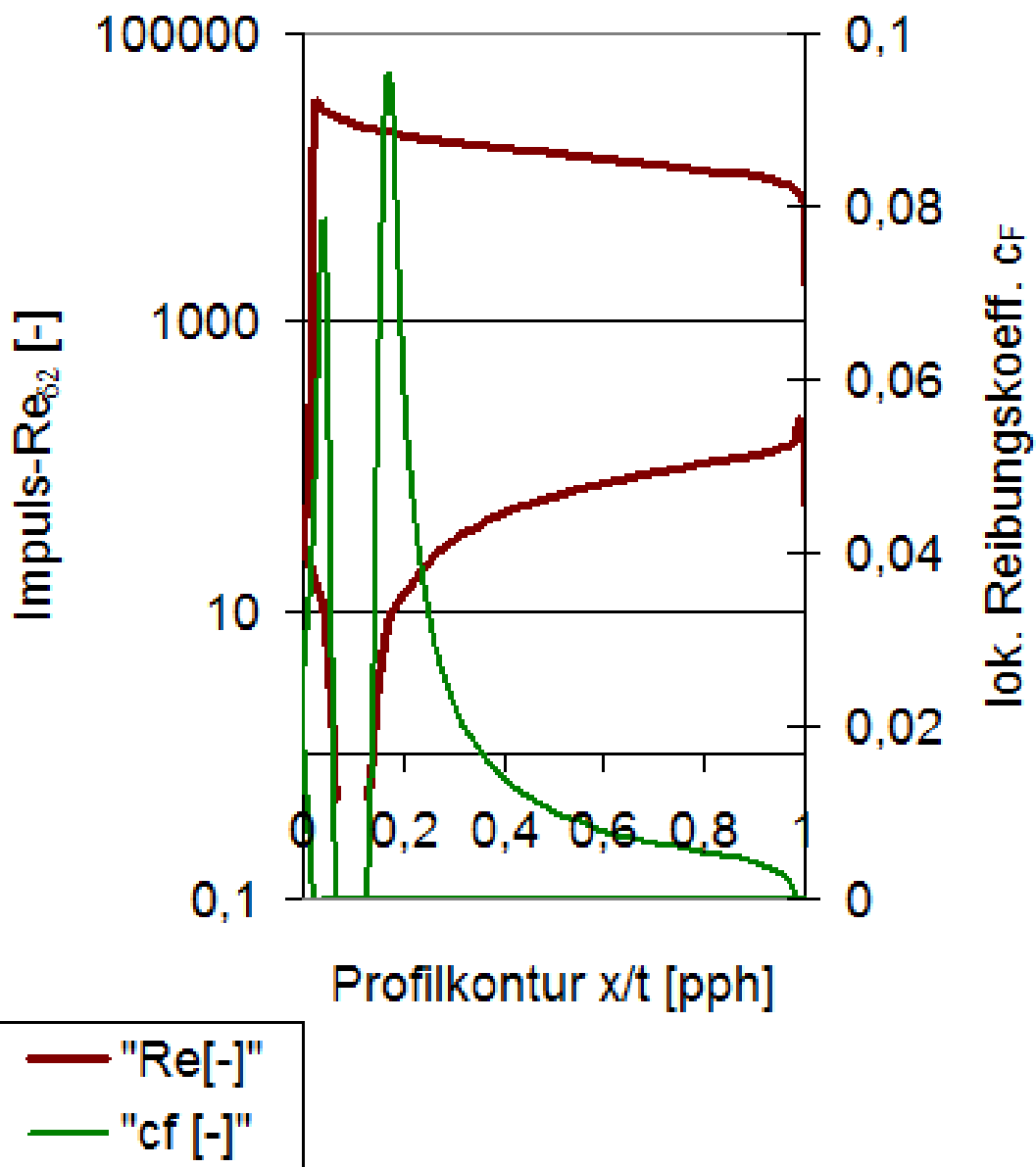


Profil NACA0016

lokale Impulsaustausch-Reynoldszahl $Re_{\delta 2}$

und lokaler Reibungskoeffizient c_f

Wasser, $Re: 1E6$, Anstellwinkel: $\alpha = 20^\circ$



Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

α	Re	Mach	Λ	Ca	Cw	Cm 0.25
[°]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
25,000	100000	0,000	∞	1,277	0,29707	-0,153

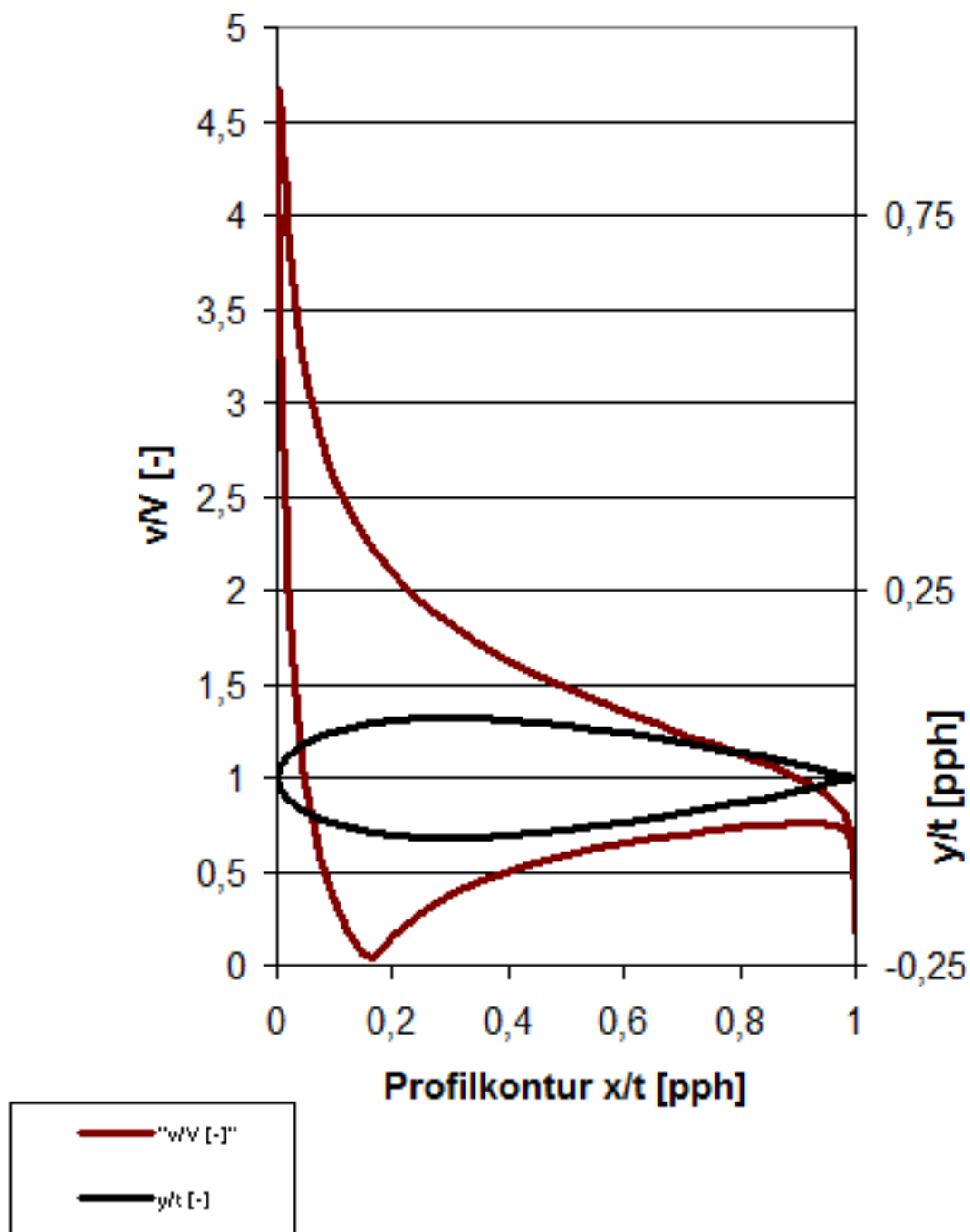
x/l	y/l	v/V	δ_1	δ_2	δ_3	Re δ_2	C _f	H ₁₂	H ₃₂	Zust.	y1
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
1,0000	0,0000	0,1727	0,001015	0,207844	0,000531	3589,8	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,9973	0,0005	0,6296	0,001015	0,207844	0,000531	13086,1	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,9891	0,0020	0,7628	0,001015	0,207844	0,000531	15854,4	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,9755	0,0046	0,8352	0,001015	0,207844	0,000531	17359,2	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,9568	0,0079	0,8925	0,001015	0,207844	0,000531	18549,8	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,9330	0,0121	0,9437	0,001015	0,207844	0,000531	19613,7	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,9045	0,0170	0,9920	0,001015	0,207844	0,000531	20617,3	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,8716	0,0225	1,0390	0,001015	0,207844	0,000531	21594,2	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,8346	0,0284	1,0857	0,001015	0,207844	0,000531	22566,2	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,7939	0,0345	1,1331	0,001015	0,207844	0,000531	23551,1	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,7500	0,0409	1,1819	0,001015	0,207844	0,000531	24565,0	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,7034	0,0472	1,2329	0,001015	0,207844	0,000531	25624,2	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,6545	0,0535	1,2868	0,001015	0,207844	0,000531	26745,3	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,6040	0,0594	1,3446	0,001015	0,207844	0,000531	27945,7	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,5523	0,0649	1,4070	0,001015	0,207844	0,000531	29243,1	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,5000	0,0697	1,4750	0,001015	0,207844	0,000531	30656,5	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,4477	0,0738	1,5495	0,001015	0,207844	0,000531	32206,2	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,3960	0,0769	1,6318	0,001015	0,207844	0,000531	33915,0	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,3455	0,0789	1,7229	0,001015	0,207844	0,000531	35810,2	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,2966	0,0795	1,8247	0,001015	0,207844	0,000531	37926,2	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,2500	0,0788	1,9394	0,001015	0,207844	0,000531	40309,7	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,2061	0,0766	2,0702	0,001015	0,207844	0,000531	43027,3	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,1654	0,0729	2,2217	0,001015	0,207844	0,000531	46176,9	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,1284	0,0678	2,4011	0,001015	0,207844	0,000531	49905,9	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,0955	0,0612	2,6192	0,001015	0,207844	0,000531	54437,6	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,0670	0,0534	2,8920	0,001015	0,207844	0,000531	60107,7	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,0432	0,0444	3,2424	0,001015	0,207844	0,000531	67391,9	0,0000	0,0049	0,0026	abgel.	0,0000
0,0245	0,0345	3,6956	0,001015	0,207844	0,000531	76810,2	0,0000	0,0049	0,0026	turb.	0,0000
0,0109	0,0237	4,2405	0,000356	0,000146	0,000232	68,2	0,0080	2,4383	1,5913	lam.	0,0158
0,0027	0,0121	4,6717	0,000248	0,000111	0,000180	49,8	0,0144	2,2339	1,6204	lam.	0,0118
0,0000	0,0000	4,4917	0,000244	0,000111	0,000180	40,8	0,0183	2,2035	1,6252	lam.	0,0105
0,0027	-0,0121	3,6364	0,000304	0,000138	0,000224	35,3	0,0212	2,2018	1,6255	lam.	0,0097
0,0109	-0,0237	2,5567	0,000397	0,000180	0,000292	30,8	0,0240	2,2119	1,6239	lam.	0,0091
0,0245	-0,0345	1,6968	0,000515	0,000232	0,000376	25,4	0,0288	2,2185	1,6228	lam.	0,0083
0,0432	-0,0444	1,0950	0,000645	0,000290	0,000470	19,7	0,0368	2,2276	1,6214	lam.	0,0074
0,0670	-0,0534	0,6733	0,000791	0,000354	0,000574	13,2	0,0545	2,2321	1,6207	lam.	0,0061
0,0955	-0,0612	0,3685	0,001211	0,000542	0,000878	7,6	0,0934	2,2355	1,6201	lam.	0,0046
0,1284	-0,0678	0,1409	0,000257	0,000115	0,000186	0,4	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,1654	-0,0729	0,0339	0,000001	0,000000	0,000001	0,0	0,0000	2,2364	1,6200	lam.	0,0000
0,2061	-0,0766	0,1708	0,000257	0,000115	0,000186	0,4	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,2500	-0,0788	0,2799	0,001120	0,000501	0,000812	8,6	0,0833	2,2353	1,6202	lam.	0,0049
0,2966	-0,0795	0,3678	0,001291	0,000576	0,000933	16,2	0,0438	2,2411	1,6192	lam.	0,0068
0,3455	-0,0789	0,4395	0,001456	0,000646	0,001045	23,8	0,0293	2,2533	1,6173	lam.	0,0083
0,3960	-0,0769	0,4983	0,001621	0,000715	0,001155	31,4	0,0218	2,2658	1,6154	lam.	0,0096
0,4477	-0,0738	0,5471	0,001784	0,000783	0,001264	39,0	0,0173	2,2783	1,6135	lam.	0,0108
0,5000	-0,0697	0,5880	0,001945	0,000849	0,001369	46,5	0,0143	2,2901	1,6117	lam.	0,0118
0,5523	-0,0649	0,6224	0,002102	0,000914	0,001471	53,7	0,0122	2,3007	1,6101	lam.	0,0128
0,6040	-0,0594	0,6516	0,002253	0,000975	0,001569	60,7	0,0106	2,3099	1,6088	lam.	0,0137
0,6545	-0,0535	0,6765	0,002397	0,001034	0,001662	67,4	0,0095	2,3177	1,6076	lam.	0,0145
0,7034	-0,0472	0,6977	0,002532	0,001089	0,001750	73,7	0,0086	2,3248	1,6066	lam.	0,0153
0,7500	-0,0409	0,7156	0,002659	0,001140	0,001831	79,6	0,0079	2,3316	1,6056	lam.	0,0159
0,7939	-0,0345	0,7304	0,002783	0,001190	0,001909	85,1	0,0073	2,3390	1,6046	lam.	0,0166
0,8346	-0,0284	0,7420	0,002907	0,001238	0,001984	90,4	0,0068	2,3486	1,6032	lam.	0,0172
0,8716	-0,0225	0,7502	0,003035	0,001285	0,002057	95,3	0,0063	2,3628	1,6012	lam.	0,0178
0,9045	-0,0170	0,7547	0,003184	0,001334	0,002132	100,1	0,0058	2,3862	1,5980	lam.	0,0185
0,9330	-0,0121	0,7545	0,003378	0,001392	0,002216	105,0	0,0053	2,4276	1,5925	lam.	0,0195
0,9568	-0,0079	0,7483	0,003666	0,001463	0,002315	110,4	0,0045	2,5064	1,5826	lam.	0,0211
0,9755	-0,0046	0,7326	0,004214	0,001564	0,002444	117,1	0,0033	2,6938	1,5625	lam.	0,0247
0,9891	-0,0020	0,6982	0,005799	0,002635	0,003012	184,0	0,0000	2,2009	1,1432	turb.	0,0000
0,9973	-0,0005	0,5938	0,005799	0,002635	0,003012	156,5	0,0000	2,2009	1,1432	abgel.	0,0000
1,0000	0,0000	0,1727	0,005799	0,002635	0,003012	45,5	0,0000	2,2009	1,1432	abgel.	0,0000

Profil NACA0016

Geschwindigkeitsverteilung

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha=25^\circ$

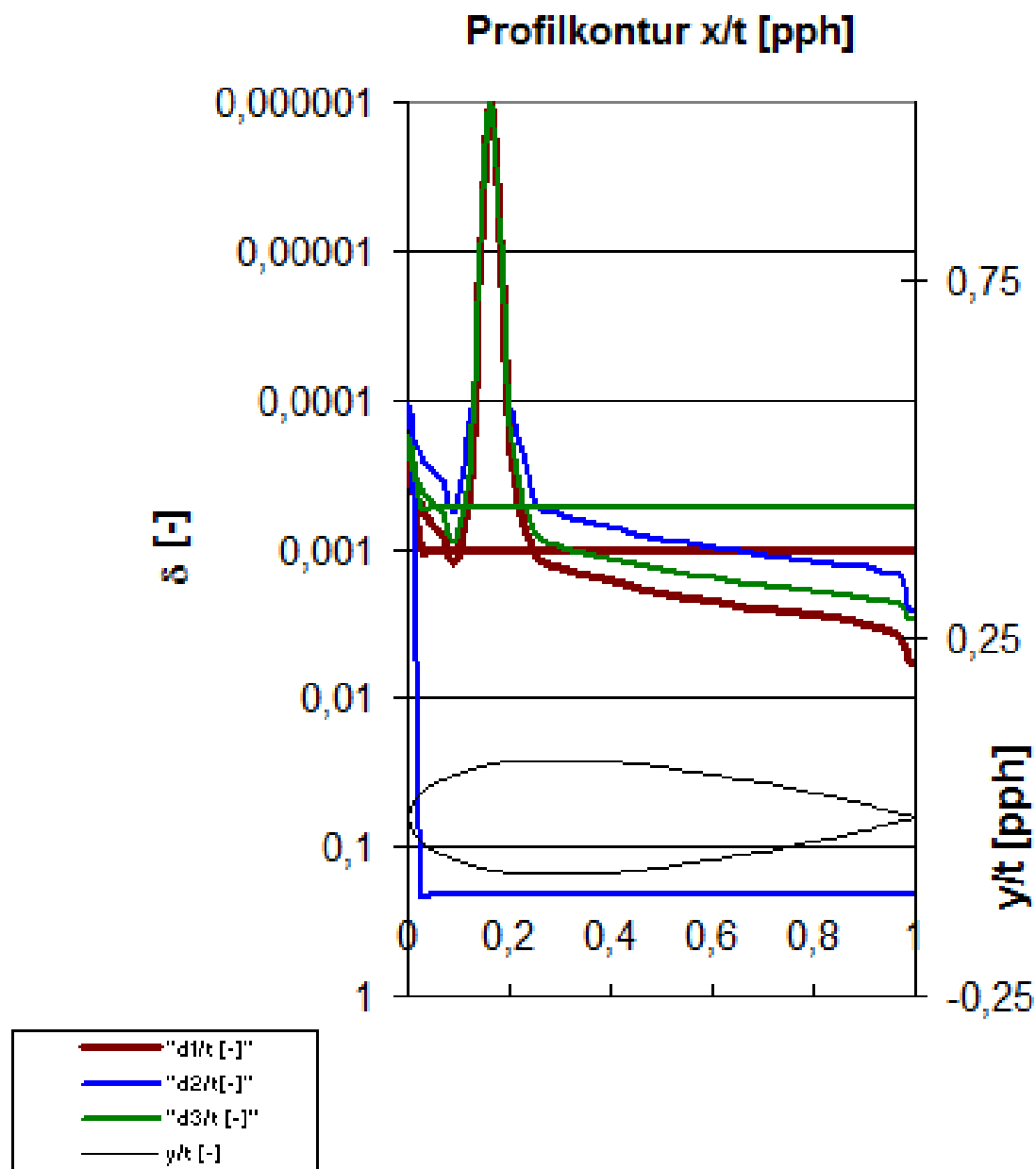


Profil NACA0016

Grenzschichtdicken

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha = 25^\circ$

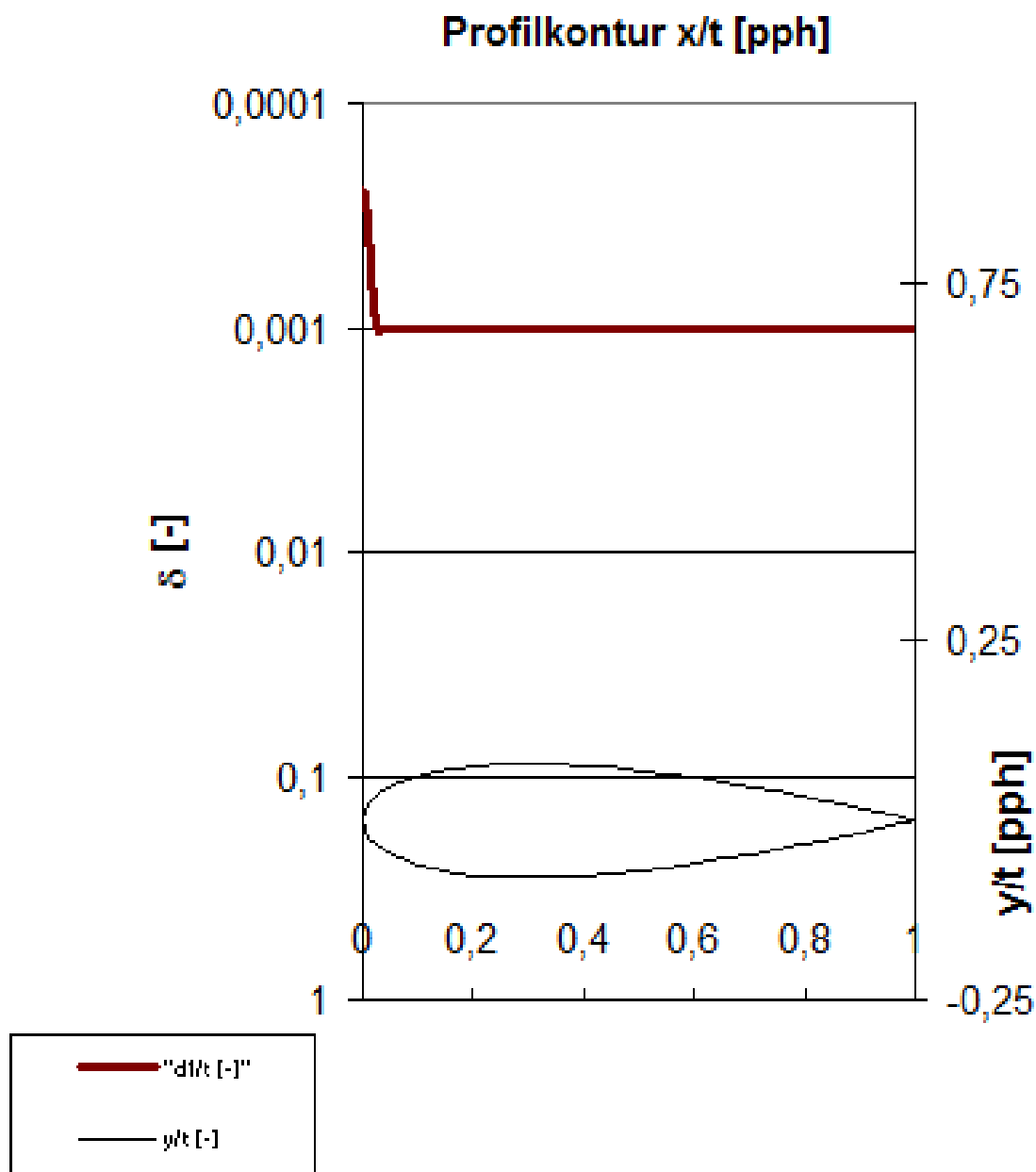


Profil NACA0016

Grenzschichtdicken

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha=25^\circ$

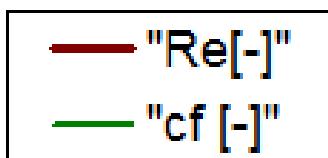
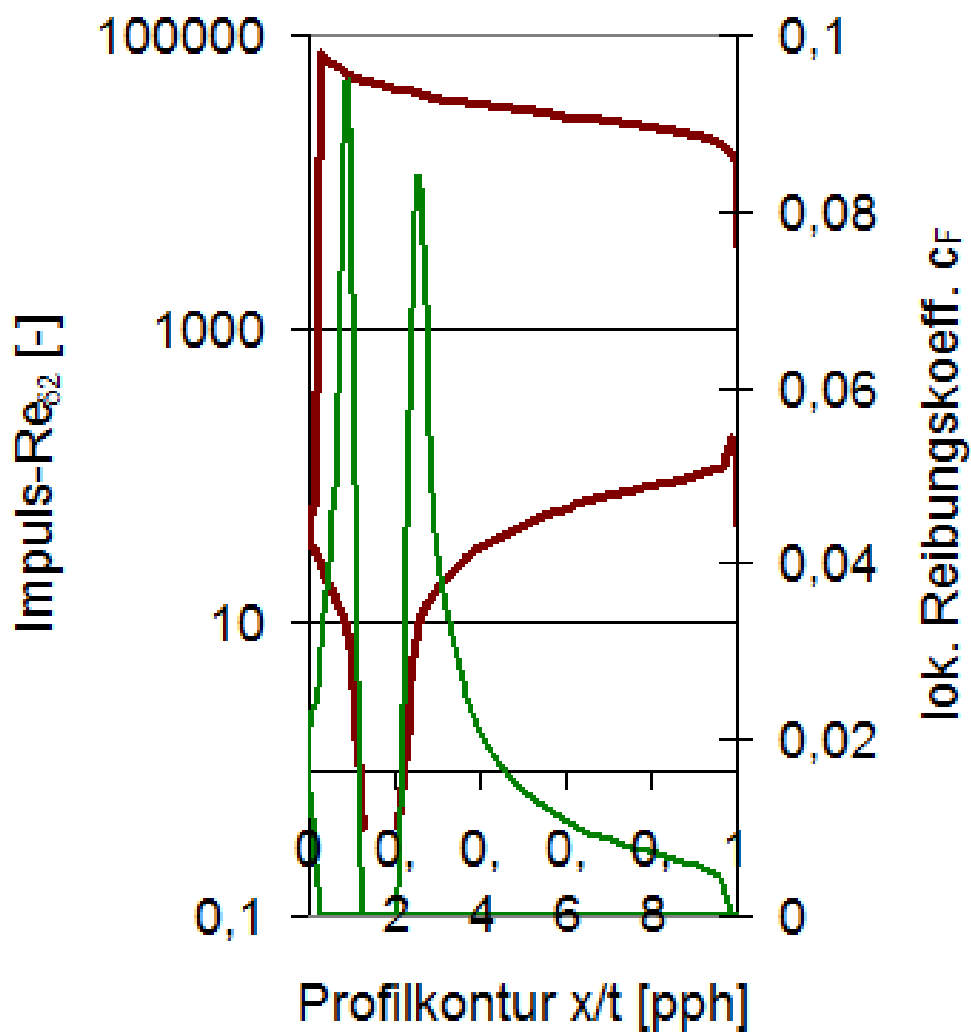


Profil NACA0016

lokale Impulsaustausch-Reynoldszahl Re_{δ_2}

und lokaler Reibungskoeffizient c_F

Wasser, $Re: 1E6$, Anstellwinkel: $\alpha=25^\circ$



Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

α [°]	Re [-]	Mach [-]	Λ [-]	Ca [-]	Cw [-]	Cm 0.25 [-]
30,000	100000	0,000	∞	1,182	0,44758	-0,178

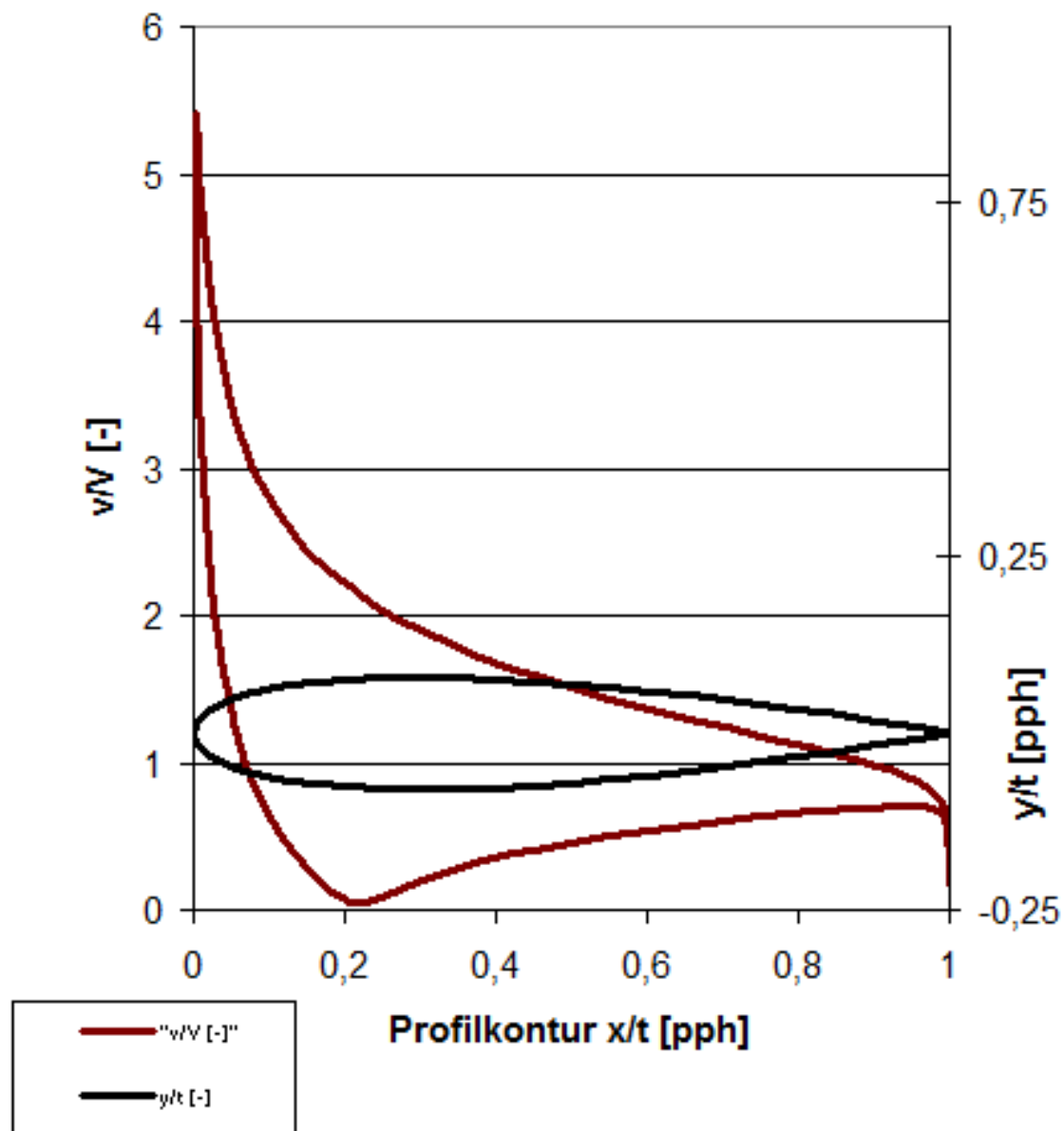
x/l [-]	y/l [-]	v/V [-]	δ_1 [-]	δ_2 [-]	δ_3 [-]	Re δ_2 [-]	C_f [-]	H_12 [-]	H_32 [-]	Zust. [-]	y1 [%]
1,0000	0,0000	0,1650	0,000853	0,388320	0,000448	6408,8	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,9973	0,0005	0,6057	0,000853	0,388320	0,000448	23520,7	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,9891	0,0020	0,7363	0,000853	0,388320	0,000448	28590,2	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,9755	0,0046	0,8098	0,000853	0,388320	0,000448	31444,4	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,9568	0,0079	0,8692	0,000853	0,388320	0,000448	33753,9	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,9330	0,0121	0,9233	0,000853	0,388320	0,000448	35851,7	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,9045	0,0170	0,9749	0,000853	0,388320	0,000448	37856,2	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,8716	0,0225	1,0256	0,000853	0,388320	0,000448	39827,5	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,8346	0,0284	1,0766	0,000853	0,388320	0,000448	41805,9	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,7939	0,0345	1,1286	0,000853	0,388320	0,000448	43824,7	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,7500	0,0409	1,1824	0,000853	0,388320	0,000448	45915,5	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,7034	0,0472	1,2389	0,000853	0,388320	0,000448	48110,7	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,6545	0,0535	1,2990	0,000853	0,388320	0,000448	50444,4	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,6040	0,0594	1,3636	0,000853	0,388320	0,000448	52952,5	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,5523	0,0649	1,4337	0,000853	0,388320	0,000448	55673,6	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,5000	0,0697	1,5103	0,000853	0,388320	0,000448	58649,4	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,4477	0,0738	1,5947	0,000853	0,388320	0,000448	61925,8	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,3960	0,0769	1,6882	0,000853	0,388320	0,000448	65555,4	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,3455	0,0789	1,7924	0,000853	0,388320	0,000448	69601,7	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,2966	0,0795	1,9094	0,000853	0,388320	0,000448	74145,6	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,2500	0,0788	2,0420	0,000853	0,388320	0,000448	79296,1	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,2061	0,0766	2,1943	0,000853	0,388320	0,000448	85207,3	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,1654	0,0729	2,3719	0,000853	0,388320	0,000448	92104,9	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,1284	0,0678	2,5836	0,000853	0,388320	0,000448	100326,7	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,0955	0,0612	2,8427	0,000853	0,388320	0,000448	110386,1	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,0670	0,0534	3,1691	0,000853	0,388320	0,000448	123060,8	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,0432	0,0444	3,5918	0,000853	0,388320	0,000448	139476,7	0,0000	0,0022	0,0012	abgel.	0,0000
0,0245	0,0345	4,1448	0,000853	0,388320	0,000448	160951,5	0,0000	0,0022	0,0012	turb.	0,0000
0,0109	0,0237	4,8253	0,000360	0,000144	0,000228	77,8	0,0064	2,5065	1,5827	lam.	0,0177
0,0027	0,0121	5,4093	0,000241	0,000108	0,000175	57,7	0,0124	2,2379	1,6197	lam.	0,0127
0,0000	0,0000	5,3141	0,000234	0,000106	0,000173	47,5	0,0159	2,1968	1,6263	lam.	0,0112
0,0027	-0,0121	4,4200	0,000288	0,000131	0,000214	42,3	0,0179	2,1918	1,6272	lam.	0,0106
0,0109	-0,0237	3,2164	0,000375	0,000170	0,000277	38,4	0,0195	2,2007	1,6257	lam.	0,0101
0,0245	-0,0345	2,2348	0,000485	0,000220	0,000357	33,8	0,0220	2,2063	1,6248	lam.	0,0095
0,0432	-0,0444	1,5398	0,000605	0,000273	0,000443	28,8	0,0254	2,2166	1,6231	lam.	0,0089
0,0670	-0,0534	1,0490	0,000737	0,000331	0,000537	22,9	0,0317	2,2239	1,6220	lam.	0,0079
0,0955	-0,0612	0,6921	0,000875	0,000392	0,000636	16,7	0,0430	2,2316	1,6207	lam.	0,0068
0,1284	-0,0678	0,4238	0,001024	0,000458	0,000742	9,9	0,0719	2,2355	1,6201	lam.	0,0053
0,1654	-0,0729	0,2166	0,000207	0,000092	0,000150	0,5	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,2061	-0,0766	0,0529	0,000001	0,000000	0,000001	0,0	0,0000	2,2364	1,6200	lam.	0,0000
0,2500	-0,0788	0,0786	0,000211	0,000094	0,000153	0,5	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,2966	-0,0795	0,1857	0,002526	0,001111	0,001793	8,7	0,0775	2,2746	1,6140	lam.	0,0051
0,3455	-0,0789	0,2739	0,001370	0,000615	0,000998	11,4	0,0633	2,2262	1,6216	lam.	0,0056
0,3960	-0,0769	0,3472	0,001512	0,000674	0,001091	18,5	0,0382	2,2423	1,6191	lam.	0,0072
0,4477	-0,0738	0,4088	0,001660	0,000737	0,001192	25,6	0,0272	2,2534	1,6173	lam.	0,0086
0,5000	-0,0697	0,4609	0,001807	0,000799	0,001290	32,7	0,0210	2,2631	1,6158	lam.	0,0098
0,5523	-0,0649	0,5054	0,001947	0,000857	0,001383	39,5	0,0172	2,2727	1,6143	lam.	0,0108
0,6040	-0,0594	0,5438	0,002081	0,000913	0,001472	46,1	0,0146	2,2807	1,6131	lam.	0,0117
0,6545	-0,0535	0,5770	0,002208	0,000965	0,001556	52,5	0,0127	2,2873	1,6121	lam.	0,0126
0,7034	-0,0472	0,6058	0,002324	0,001014	0,001633	58,5	0,0113	2,2930	1,6113	lam.	0,0133
0,7500	-0,0409	0,6308	0,002432	0,001058	0,001705	64,2	0,0102	2,2979	1,6105	lam.	0,0140
0,7939	-0,0345	0,6521	0,002532	0,001100	0,001770	69,4	0,0094	2,3028	1,6098	lam.	0,0146
0,8346	-0,0284	0,6699	0,002629	0,001139	0,001833	74,3	0,0087	2,3082	1,6090	lam.	0,0151
0,8716	-0,0225	0,6840	0,002724	0,001176	0,001891	78,8	0,0081	2,3162	1,6079	lam.	0,0157
0,9045	-0,0170	0,6941	0,002829	0,001214	0,001950	83,1	0,0076	2,3294	1,6060	lam.	0,0162
0,9330	-0,0121	0,6995	0,002957	0,001256	0,002014	87,2	0,0070	2,3530	1,6026	lam.	0,0169
0,9568	-0,0079	0,6986	0,003140	0,001308	0,002088	91,5	0,0063	2,3998	1,5962	lam.	0,0179
0,9755	-0,0046	0,6884	0,003474	0,001385	0,002192	96,8	0,0051	2,5076	1,5824	lam.	0,0198
0,9891	-0,0020	0,6598	0,005316	0,002333	0,002745	153,9	0,0000	2,2788	1,1765	lam.	0,0000
0,9973	-0,0005	0,5633	0,005316	0,002333	0,002745	131,4	0,0000	2,2788	1,1765	abgel.	0,0000
1,0000	0,0000	0,1650	0,005316	0,002333	0,002745	38,5	0,0000	2,2788	1,1765	abgel.	0,0000

Profil NACA0016

Geschwindigkeitsverteilung

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha=30^\circ$



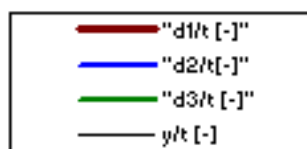
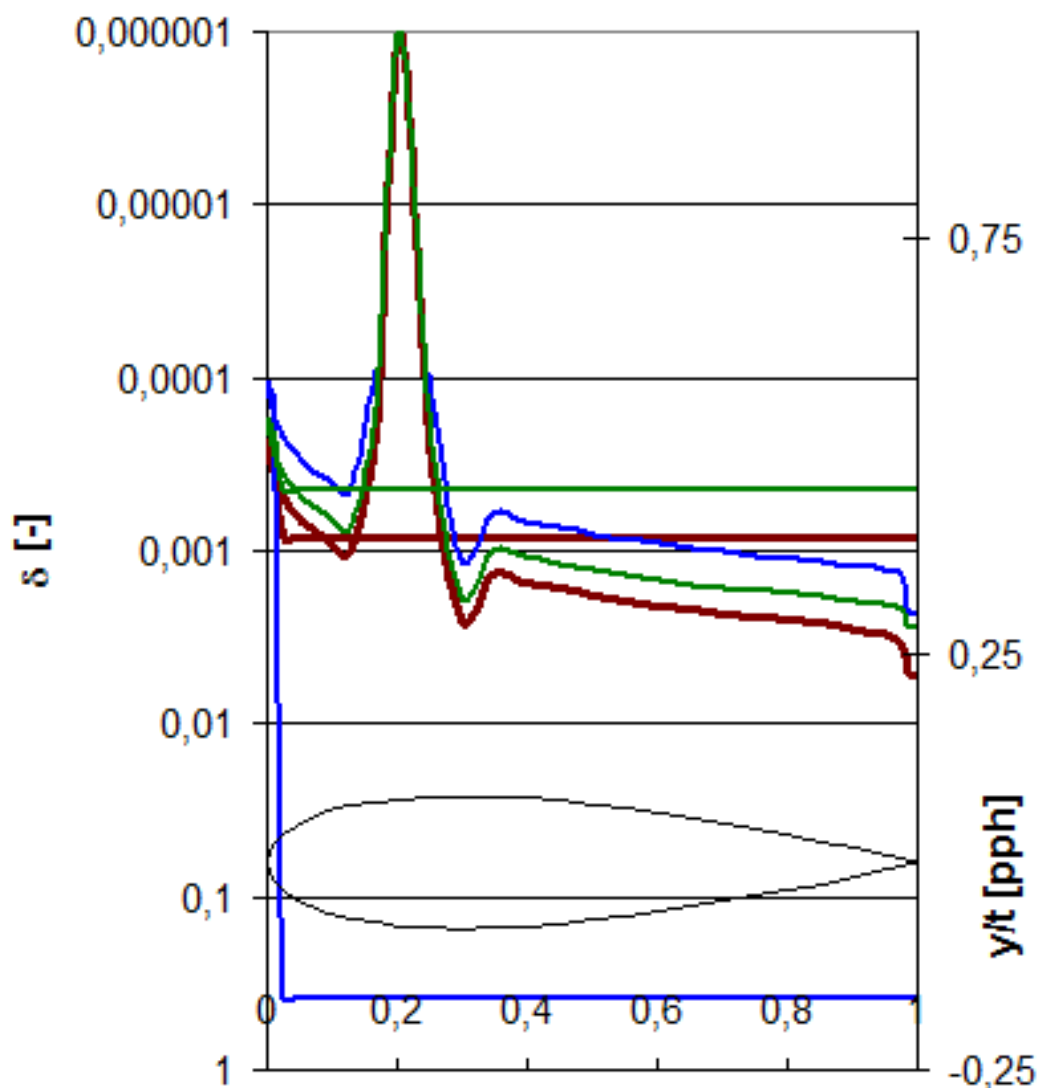
Profil NACA0016

Grenzschichtdicken

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha=30^\circ$

Profilkontur x/t [pph]

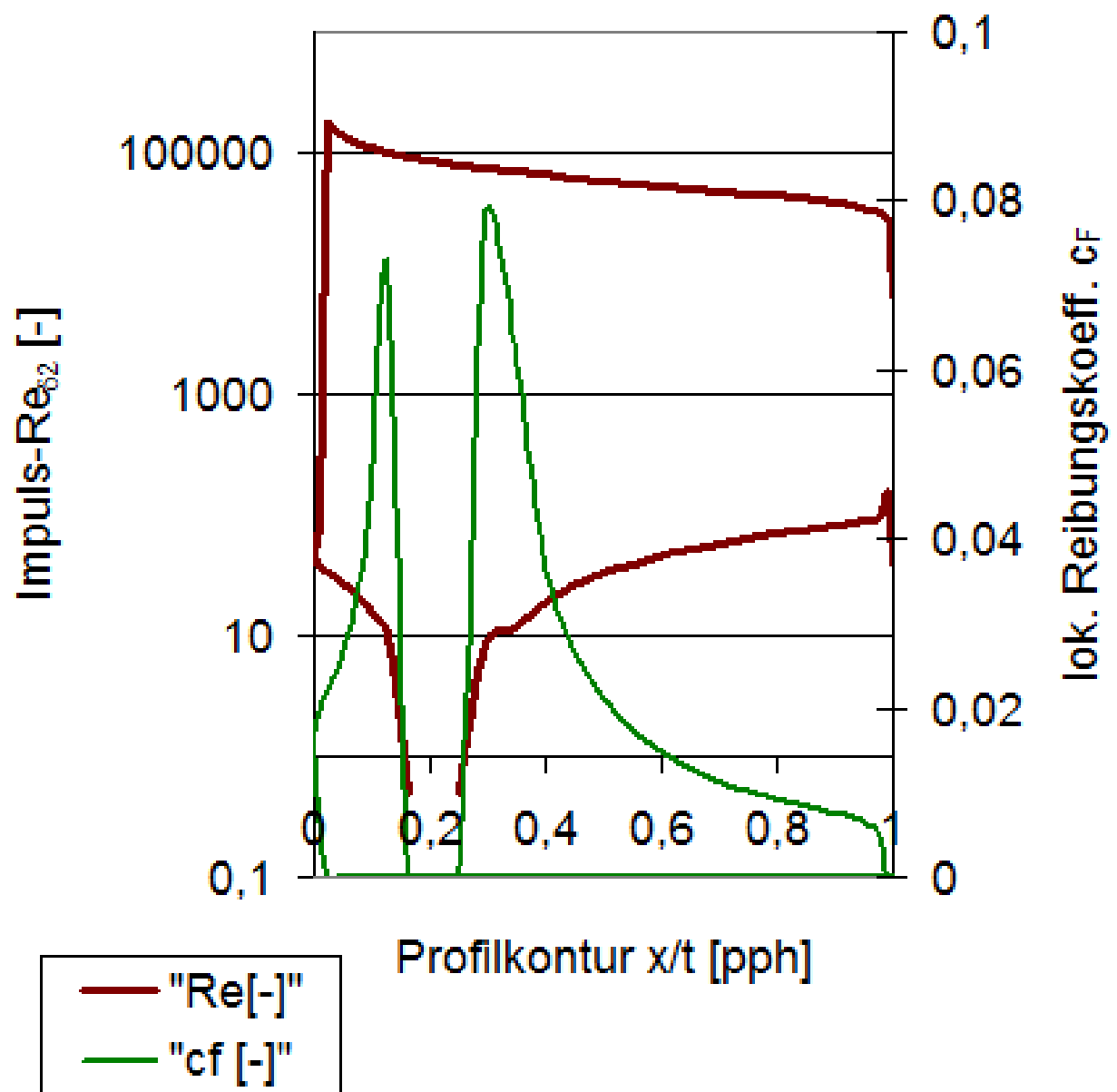


Profil NACA0016

lokale Impulsaustausch-Reynoldszahl $Re_{\delta 2}$

und lokaler Reibungskoeffizient c_F

Wasser, $Re: 1E6$, Anstellwinkel: $\alpha=30^\circ$



Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

α	Re	Mach	Λ	Ca	Cw	Cm 0.25
[°]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
35,000	100000	0,000	∞	1,032	0,66956	-0,201

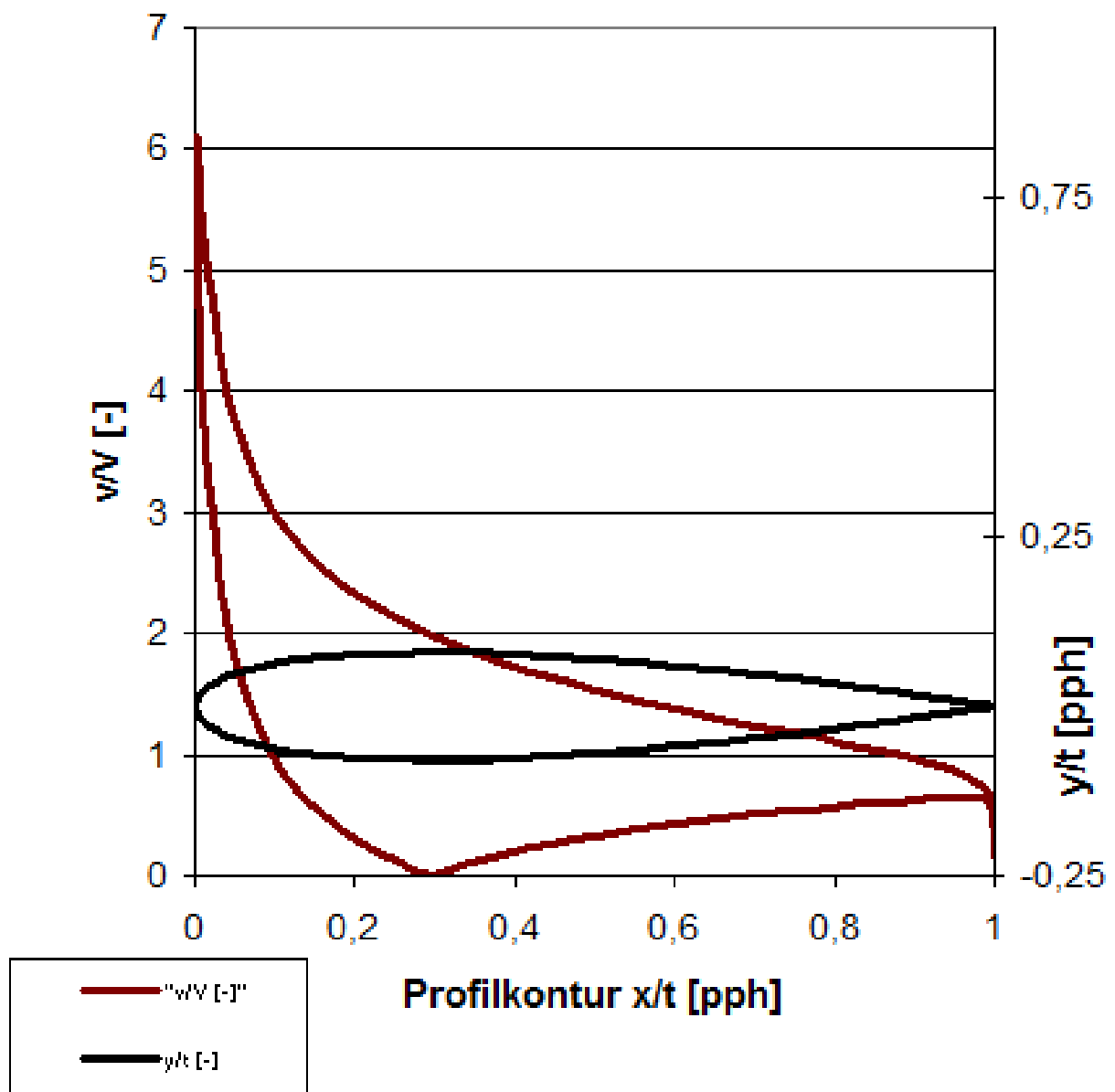
x/l	y/l	v/V	δ_1	δ_2	δ_3	Re δ_2	C _f	H ₁₂	H ₃₂	Zust.	y1
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
1,0000	0,0000	0,1561	0,000793	0,725053	0,000408	11318,5	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,9973	0,0005	0,5772	0,000793	0,725053	0,000408	41849,3	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,9891	0,0020	0,7041	0,000793	0,725053	0,000408	51051,1	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,9755	0,0046	0,7781	0,000793	0,725053	0,000408	56419,7	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,9568	0,0079	0,8394	0,000793	0,725053	0,000408	60857,6	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,9330	0,0121	0,8958	0,000793	0,725053	0,000408	64950,7	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,9045	0,0170	0,9504	0,000793	0,725053	0,000408	68906,4	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,8716	0,0225	1,0045	0,000793	0,725053	0,000408	72832,0	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,8346	0,0284	1,0592	0,000793	0,725053	0,000408	76801,0	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,7939	0,0345	1,1154	0,000793	0,725053	0,000408	80875,5	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,7500	0,0409	1,1739	0,000793	0,725053	0,000408	85116,6	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,7034	0,0472	1,2356	0,000793	0,725053	0,000408	89588,1	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,6545	0,0535	1,3014	0,000793	0,725053	0,000408	94358,3	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,6040	0,0594	1,3723	0,000793	0,725053	0,000408	99501,5	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,5523	0,0649	1,4495	0,000793	0,725053	0,000408	105098,4	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,5000	0,0697	1,5342	0,000793	0,725053	0,000408	111238,1	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,4477	0,0738	1,6278	0,000793	0,725053	0,000408	118020,5	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,3960	0,0769	1,7318	0,000793	0,725053	0,000408	125561,9	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,3455	0,0789	1,8482	0,000793	0,725053	0,000408	134003,4	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,2966	0,0795	1,9795	0,000793	0,725053	0,000408	143525,5	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,2500	0,0788	2,1291	0,000793	0,725053	0,000408	154371,0	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,2061	0,0766	2,3016	0,000793	0,725053	0,000408	166881,3	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,1654	0,0729	2,5040	0,000793	0,725053	0,000408	181553,5	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,1284	0,0678	2,7464	0,000793	0,725053	0,000408	199131,3	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,0955	0,0612	3,0445	0,000793	0,725053	0,000408	220744,8	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,0670	0,0534	3,4220	0,000793	0,725053	0,000408	248116,3	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,0432	0,0444	3,9138	0,000793	0,725053	0,000408	283774,2	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,0245	0,0345	4,5625	0,000793	0,725053	0,000408	330807,4	0,0000	0,0011	0,0006	abgel.	0,0000
0,0109	0,0237	5,3735	0,000793	0,725053	0,000408	389604,2	0,0000	0,0011	0,0006	lam.	0,0000
0,0027	0,0121	6,1057	0,000235	0,000105	0,000170	64,4	0,0110	2,2425	1,6190	lam.	0,0135
0,0000	0,0000	6,0961	0,000224	0,000102	0,000167	53,5	0,0142	2,1921	1,6271	lam.	0,0119
0,0027	-0,0121	5,1699	0,000275	0,000126	0,000205	48,4	0,0158	2,1860	1,6281	lam.	0,0113
0,0109	-0,0237	3,8516	0,000358	0,000163	0,000266	45,1	0,0169	2,1899	1,6275	lam.	0,0109
0,0245	-0,0345	2,7559	0,000461	0,000210	0,000341	41,4	0,0182	2,1967	1,6264	lam.	0,0105
0,0432	-0,0444	1,9729	0,000576	0,000261	0,000424	37,0	0,0201	2,2047	1,6251	lam.	0,0100
0,0670	-0,0534	1,4168	0,000699	0,000316	0,000513	31,9	0,0231	2,2126	1,6238	lam.	0,0093
0,0955	-0,0612	1,0103	0,000827	0,000372	0,000604	26,3	0,0276	2,2216	1,6223	lam.	0,0085
0,1284	-0,0678	0,7035	0,000962	0,000432	0,000700	20,1	0,0359	2,2281	1,6213	lam.	0,0075
0,1654	-0,0729	0,4653	0,001102	0,000493	0,000799	13,7	0,0523	2,2335	1,6204	lam.	0,0062
0,2061	-0,0766	0,2761	0,001273	0,000570	0,000923	7,0	0,1016	2,2352	1,6202	lam.	0,0044
0,2500	-0,0788	0,1232	0,000802	0,000359	0,000581	0,1	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,2966	-0,0795	0,0022	0,000001	0,000000	0,000001	0,0	0,0000	2,2364	1,6200	lam.	0,0000
0,3455	-0,0789	0,1063	0,000832	0,000372	0,000603	0,1	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,3960	-0,0769	0,1935	0,001405	0,000629	0,001019	6,7	0,1067	2,2352	1,6202	lam.	0,0043
0,4477	-0,0738	0,2673	0,001556	0,000695	0,001126	13,5	0,0529	2,2379	1,6198	lam.	0,0061
0,5000	-0,0697	0,3303	0,001695	0,000755	0,001222	20,2	0,0348	2,2448	1,6187	lam.	0,0076
0,5523	-0,0649	0,3847	0,001824	0,000810	0,001310	26,7	0,0261	2,2528	1,6174	lam.	0,0088
0,6040	-0,0594	0,4318	0,001947	0,000862	0,001392	33,2	0,0208	2,2596	1,6163	lam.	0,0098
0,6545	-0,0535	0,4731	0,002059	0,000908	0,001467	39,2	0,0175	2,2660	1,6154	lam.	0,0107
0,7034	-0,0472	0,5093	0,002162	0,000952	0,001537	45,1	0,0151	2,2708	1,6146	lam.	0,0115
0,7500	-0,0409	0,5411	0,002255	0,000991	0,001600	50,5	0,0134	2,2749	1,6140	lam.	0,0122
0,7939	-0,0345	0,5688	0,002339	0,001027	0,001656	55,5	0,0121	2,2784	1,6135	lam.	0,0128
0,8346	-0,0284	0,5927	0,002417	0,001059	0,001708	60,3	0,0111	2,2817	1,6130	lam.	0,0134
0,8716	-0,0225	0,6126	0,002490	0,001089	0,001756	64,6	0,0103	2,2860	1,6123	lam.	0,0139
0,9045	-0,0170	0,6283	0,002565	0,001118	0,001802	68,5	0,0096	2,2931	1,6112	lam.	0,0144
0,9330	-0,0121	0,6391	0,002651	0,001149	0,001850	72,3	0,0090	2,3065	1,6093	lam.	0,0149
0,9568	-0,0079	0,6436	0,002769	0,001186	0,001904	75,8	0,0083	2,3340	1,6053	lam.	0,0156
0,9755	-0,0046	0,6389	0,002977	0,001241	0,001980	79,9	0,0072	2,3995	1,5962	lam.	0,0167
0,9891	-0,0020	0,6164	0,003494	0,001344	0,002112	85,8	0,0051	2,6001	1,5714	lam.	0,0198
0,9973	-0,0005	0,5285	0,005100	0,002085	0,002571	110,2	0,0000	2,4457	1,2327	turb.	0,0000
1,0000	0,0000	0,1561	0,005100	0,002085	0,002571	32,6	0,0000	2,4457	1,2327	abgel.	0,0000

Profil NACA0016

Geschwindigkeitsverteilung

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha=35^\circ$



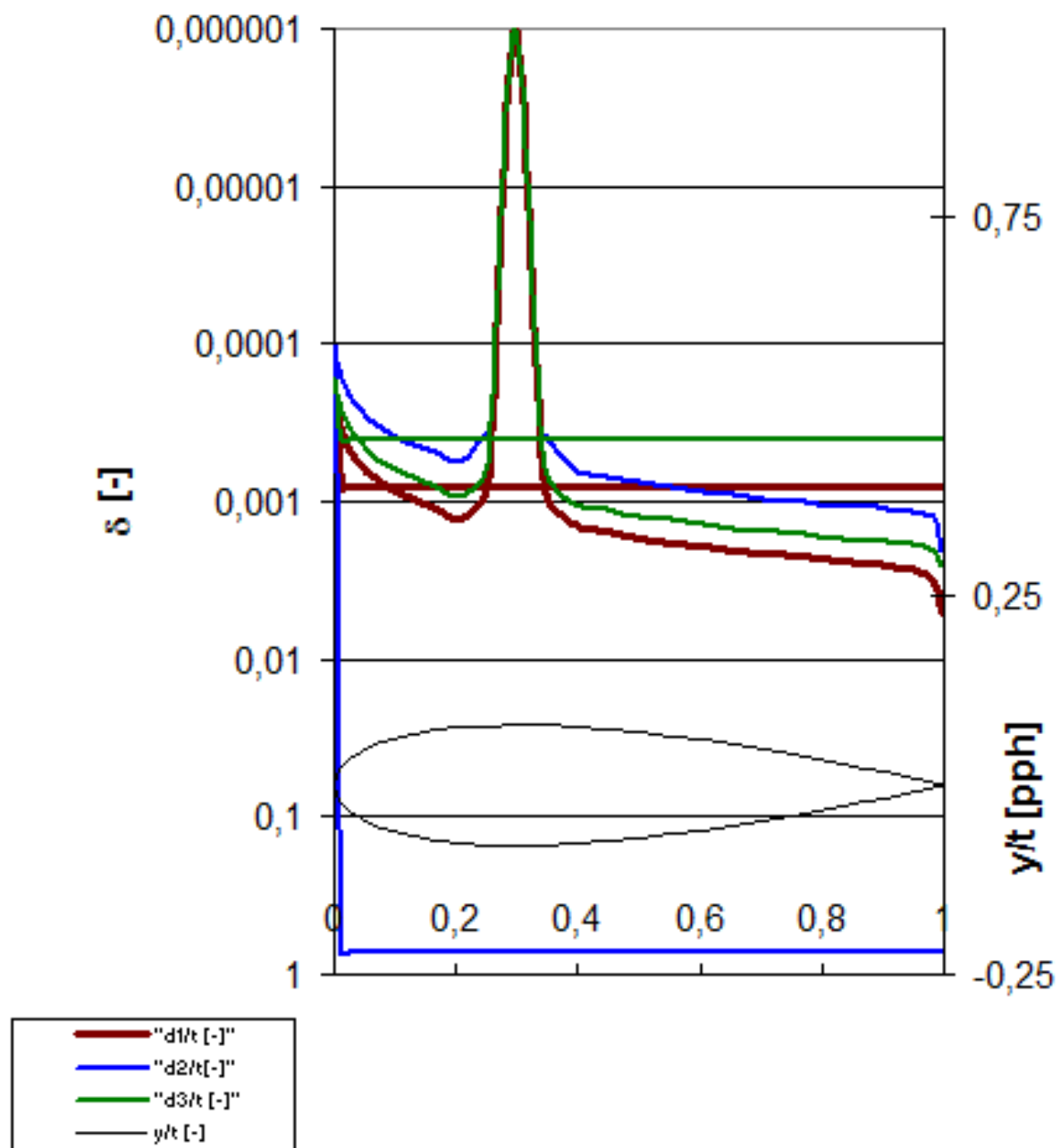
Profil NACA0016

Grenzschichtdicken

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha=35^\circ$

Profilkontur x/t [pph]

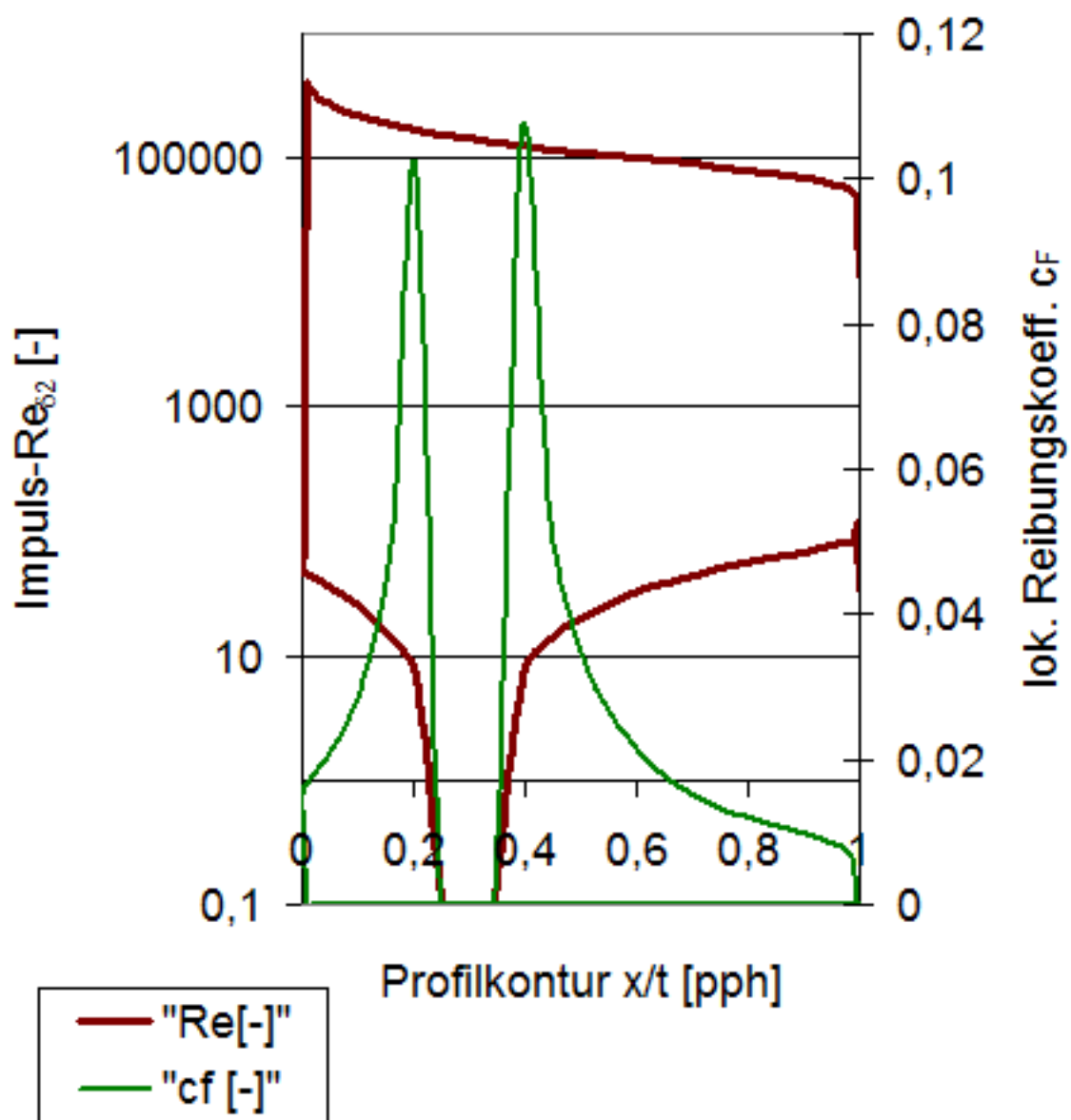


Profil NACA0016

lokale Impulsaustausch-Reynoldszahl Re_{δ_2}

und lokaler Reibungskoeffizient c_f

Wasser, $Re: 1E6$, Anstellwinkel: $\alpha = 35^\circ$



Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

α	Re	Mach	Λ	Ca	Cw	Cm 0.25
[°]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
40,000	100000	0,000	∞	0,850	0,89263	-0,221

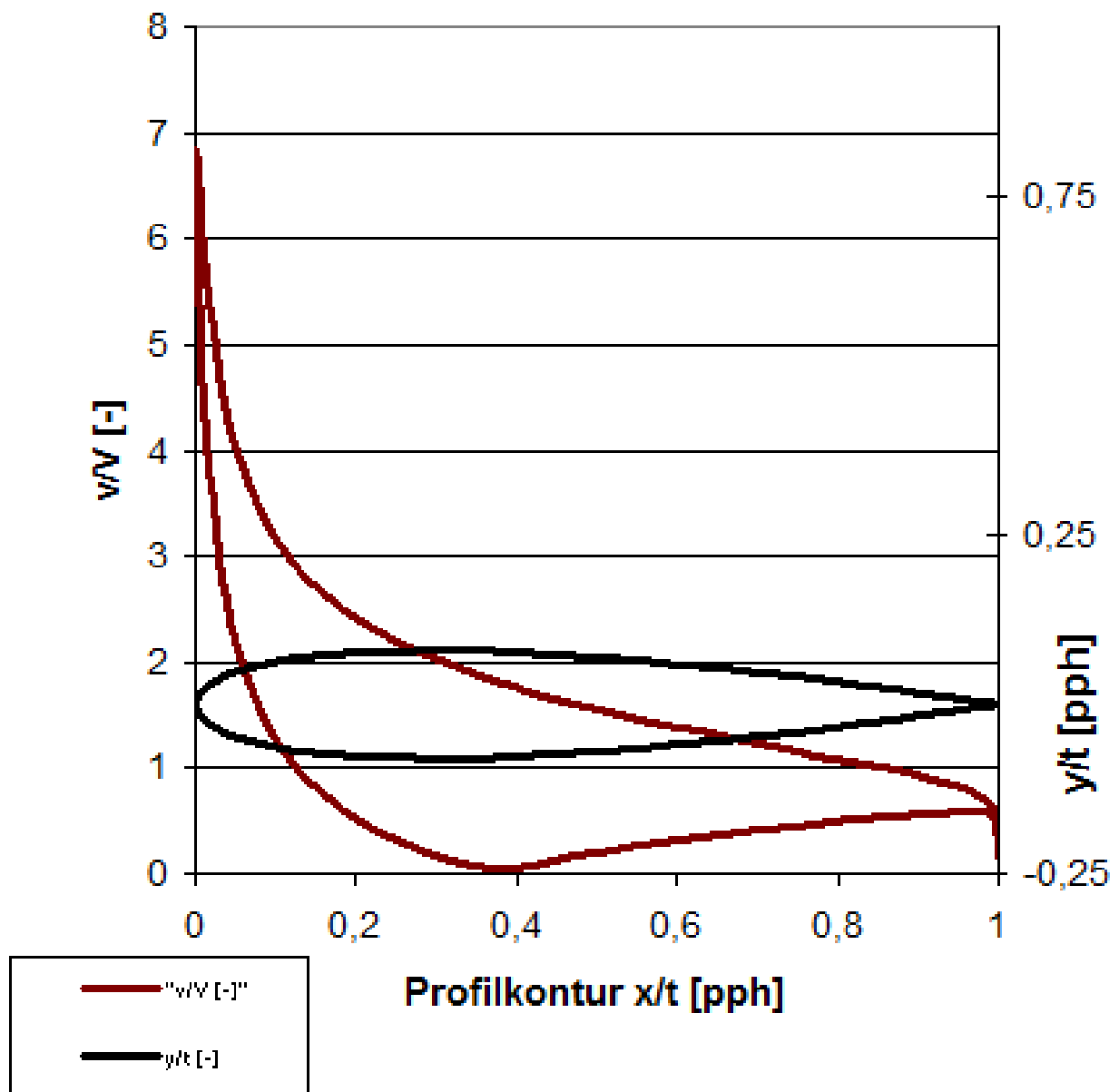
x/l	y/l	v/V	δ_1	δ_2	δ_3	Re δ_2	C _f	H ₁₂	H ₃₂	Zust.	y1
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[%]
1,0000	0,0000	0,1460	0,000684	1,189008	0,000358	17357,7	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,9973	0,0005	0,5443	0,000684	1,189008	0,000358	64715,4	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,9891	0,0020	0,6666	0,000684	1,189008	0,000358	79258,0	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,9755	0,0046	0,7406	0,000684	1,189008	0,000358	88059,5	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,9568	0,0079	0,8031	0,000684	1,189008	0,000358	95488,2	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,9330	0,0121	0,8615	0,000684	1,189008	0,000358	102437,9	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,9045	0,0170	0,9186	0,000684	1,189008	0,000358	109224,9	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,8716	0,0225	0,9757	0,000684	1,189008	0,000358	116015,2	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,8346	0,0284	1,0338	0,000684	1,189008	0,000358	122925,1	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,7939	0,0345	1,0938	0,000684	1,189008	0,000358	130056,4	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,7500	0,0409	1,1565	0,000684	1,189008	0,000358	137511,5	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,7034	0,0472	1,2229	0,000684	1,189008	0,000358	145399,5	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,6545	0,0535	1,2939	0,000684	1,189008	0,000358	153839,9	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,6040	0,0594	1,3706	0,000684	1,189008	0,000358	162964,6	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,5523	0,0649	1,4543	0,000684	1,189008	0,000358	172919,5	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,5000	0,0697	1,5464	0,000684	1,189008	0,000358	183868,0	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,4477	0,0738	1,6484	0,000684	1,189008	0,000358	195996,1	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,3960	0,0769	1,7622	0,000684	1,189008	0,000358	209522,3	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,3455	0,0789	1,8899	0,000684	1,189008	0,000358	224713,8	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,2966	0,0795	2,0346	0,000684	1,189008	0,000358	241912,5	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,2500	0,0788	2,2000	0,000684	1,189008	0,000358	261577,5	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,2061	0,0766	2,3915	0,000684	1,189008	0,000358	284352,4	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,1654	0,0729	2,6171	0,000684	1,189008	0,000358	311171,3	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,1284	0,0678	2,8884	0,000684	1,189008	0,000358	343428,5	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,0955	0,0612	3,2232	0,000684	1,189008	0,000358	383245,2	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,0670	0,0534	3,6490	0,000684	1,189008	0,000358	433866,7	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,0432	0,0444	4,2061	0,000684	1,189008	0,000358	500107,6	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,0245	0,0345	4,9455	0,000684	1,189008	0,000358	588025,0	0,0000	0,0006	0,0003	abgel.	0,0000
0,0109	0,0237	5,8807	0,000684	1,189008	0,000358	699220,0	0,0000	0,0006	0,0003	lam.	0,0000
0,0027	0,0121	6,7557	0,000232	0,000103	0,000167	71,1	0,0100	2,2436	1,6189	lam.	0,0142
0,0000	0,0000	6,8317	0,000219	0,000101	0,000164	59,0	0,0130	2,1823	1,6288	lam.	0,0124
0,0027	-0,0121	5,8806	0,000265	0,000122	0,000198	54,7	0,0141	2,1778	1,6295	lam.	0,0119
0,0109	-0,0237	4,4575	0,000344	0,000158	0,000257	51,8	0,0148	2,1810	1,6290	lam.	0,0116
0,0245	-0,0345	3,2560	0,000442	0,000202	0,000329	48,6	0,0157	2,1881	1,6279	lam.	0,0113
0,0432	-0,0444	2,3910	0,000553	0,000252	0,000410	44,7	0,0169	2,1936	1,6269	lam.	0,0109
0,0670	-0,0534	1,7737	0,000670	0,000304	0,000494	40,3	0,0185	2,2027	1,6254	lam.	0,0104
0,0955	-0,0612	1,3209	0,000792	0,000358	0,000582	35,2	0,0210	2,2109	1,6241	lam.	0,0098
0,1284	-0,0678	0,9779	0,000918	0,000414	0,000671	29,5	0,0247	2,2186	1,6228	lam.	0,0090
0,1654	-0,0729	0,7106	0,001046	0,000470	0,000762	23,5	0,0308	2,2257	1,6217	lam.	0,0081
0,2061	-0,0766	0,4973	0,001179	0,000528	0,000856	17,1	0,0420	2,2310	1,6208	lam.	0,0069
0,2500	-0,0788	0,3241	0,001322	0,000593	0,000961	10,8	0,0669	2,2302	1,6210	lam.	0,0055
0,2966	-0,0795	0,1813	0,002876	0,001272	0,002056	7,9	0,0872	2,2606	1,6162	lam.	0,0048
0,3455	-0,0789	0,0622	0,000248	0,000111	0,000179	0,4	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,3960	-0,0769	0,0383	0,000001	0,000000	0,000001	0,0	0,0000	2,2364	1,6200	lam.	0,0000
0,4477	-0,0738	0,1238	0,000246	0,000110	0,000178	0,4	0,0001	2,2364	1,6200	lam.	0,1414
0,5000	-0,0697	0,1973	0,001594	0,000713	0,001155	8,8	0,0807	2,2361	1,6200	lam.	0,0050
0,5523	-0,0649	0,2610	0,001723	0,000769	0,001246	15,2	0,0466	2,2392	1,6195	lam.	0,0065
0,6040	-0,0594	0,3166	0,001836	0,000818	0,001324	21,4	0,0329	2,2450	1,6186	lam.	0,0078
0,6545	-0,0535	0,3656	0,001940	0,000862	0,001394	27,3	0,0256	2,2505	1,6178	lam.	0,0088
0,7034	-0,0472	0,4089	0,002032	0,000901	0,001457	32,9	0,0211	2,2552	1,6170	lam.	0,0097
0,7500	-0,0409	0,4473	0,002114	0,000936	0,001513	38,3	0,0180	2,2587	1,6165	lam.	0,0105
0,7939	-0,0345	0,4813	0,002185	0,000966	0,001562	43,2	0,0159	2,2616	1,6160	lam.	0,0112
0,8346	-0,0284	0,5110	0,002248	0,000993	0,001605	47,8	0,0144	2,2638	1,6157	lam.	0,0118
0,8716	-0,0225	0,5365	0,002305	0,001017	0,001643	52,0	0,0132	2,2661	1,6153	lam.	0,0123
0,9045	-0,0170	0,5577	0,002359	0,001040	0,001679	55,8	0,0122	2,2695	1,6148	lam.	0,0128
0,9330	-0,0121	0,5738	0,002417	0,001062	0,001713	59,2	0,0114	2,2765	1,6137	lam.	0,0132
0,9568	-0,0079	0,5837	0,002494	0,001088	0,001753	62,4	0,0106	2,2923	1,6114	lam.	0,0137
0,9755	-0,0046	0,5845	0,002628	0,001127	0,001809	65,8	0,0095	2,3324	1,6055	lam.	0,0145
0,9891	-0,0020	0,5683	0,002939	0,001198	0,001903	70,0	0,0076	2,4536	1,5890	lam.	0,0162
0,9973	-0,0005	0,4898	0,004664	0,001960	0,002359	96,0	0,0000	2,3794	1,2035	turb.	0,0000
1,0000	0,0000	0,1460	0,004664	0,001960	0,002359	28,6	0,0000	2,3794	1,2035	abgel.	0,0000

Profil NACA0016

Geschwindigkeitsverteilung

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha=40^\circ$



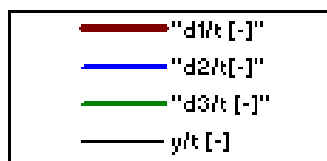
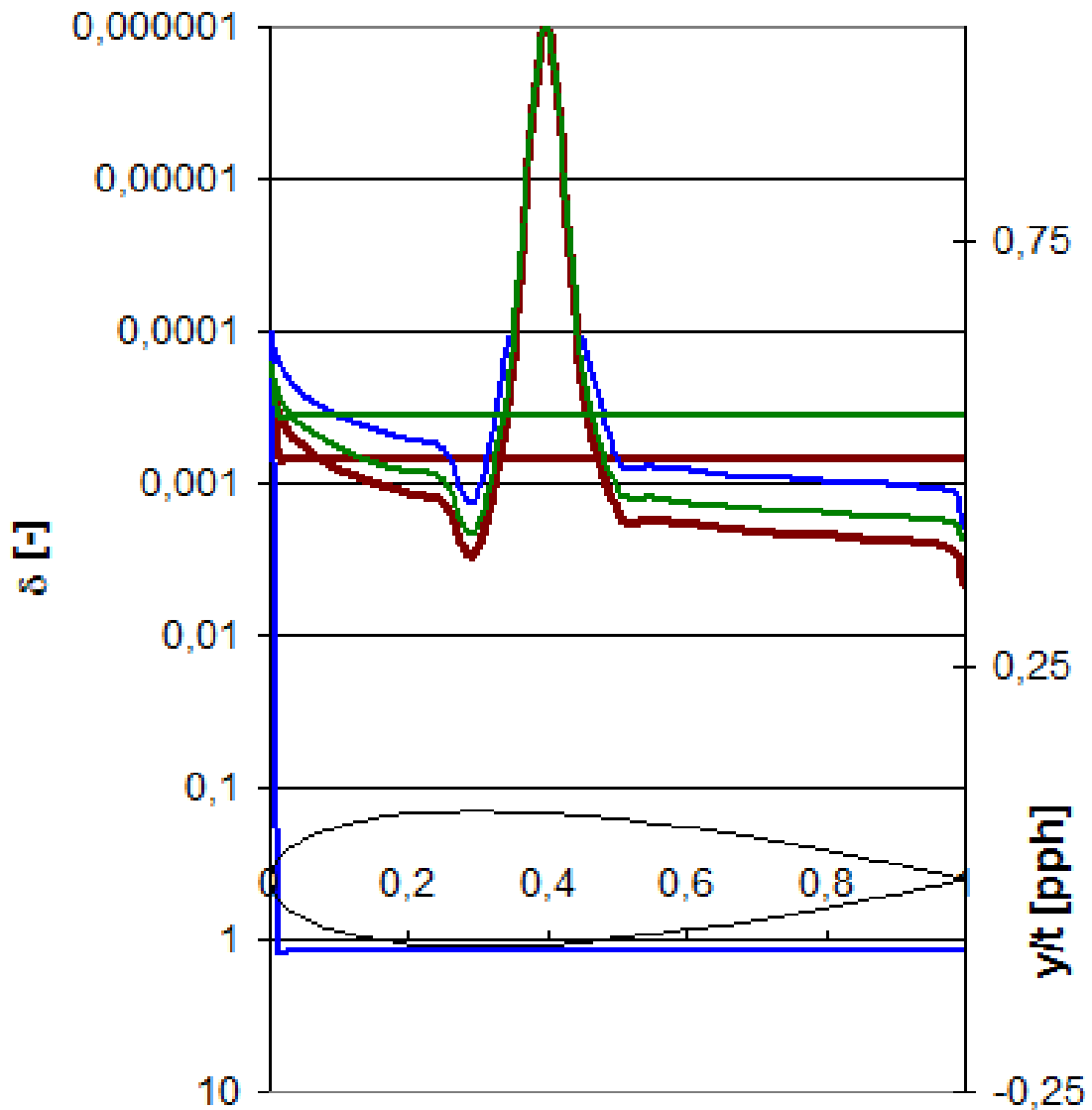
Profil NACA0016

Grenzschichtdicken

Medium Wasser, $Re: 1E6$

Anstellwinkel: $\alpha=40^\circ$

Profilkontur x/t [pph]

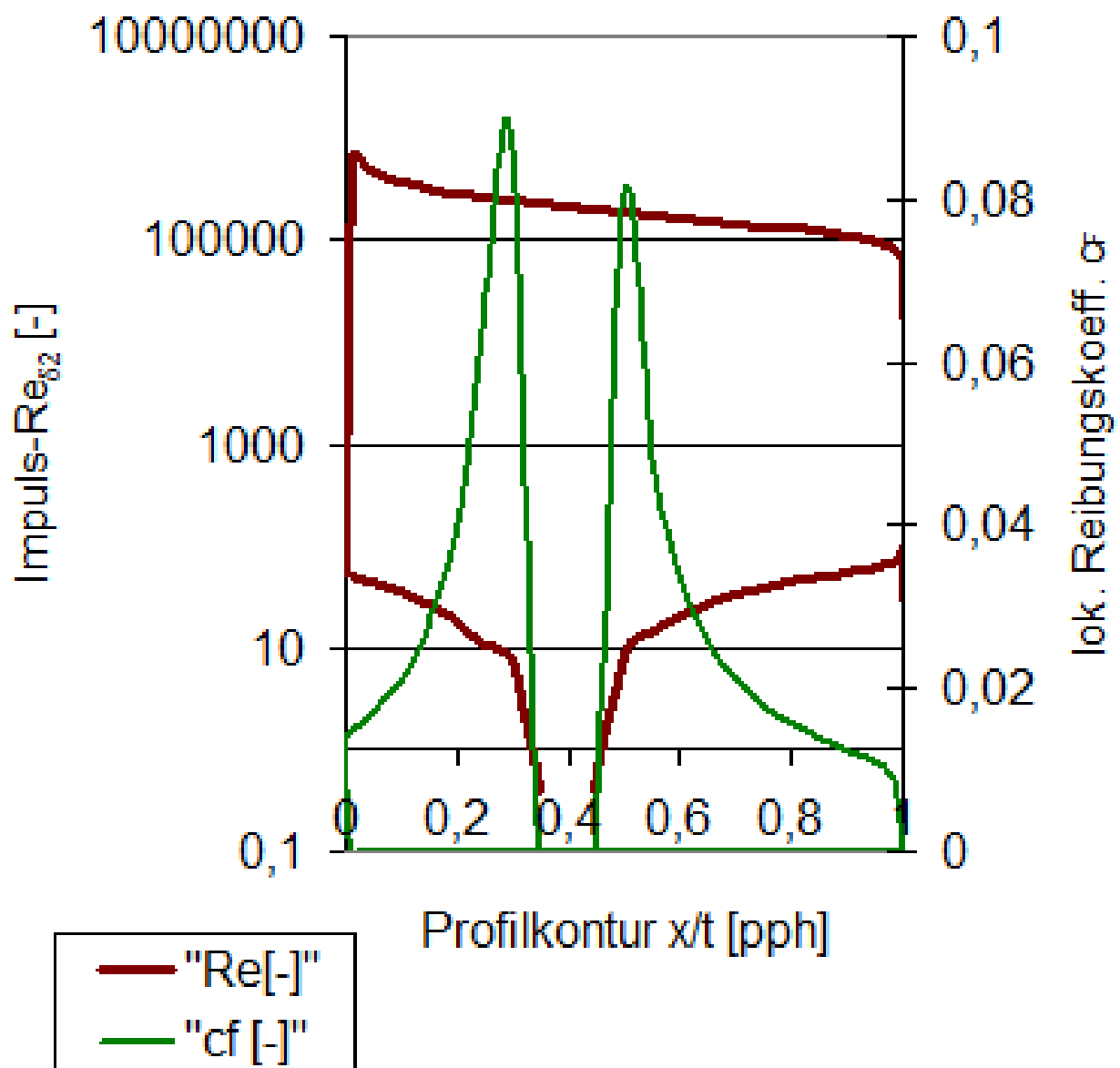


Profil NACA0016

lokale Impulsaustausch-Reynoldszahl Re_{δ_2}

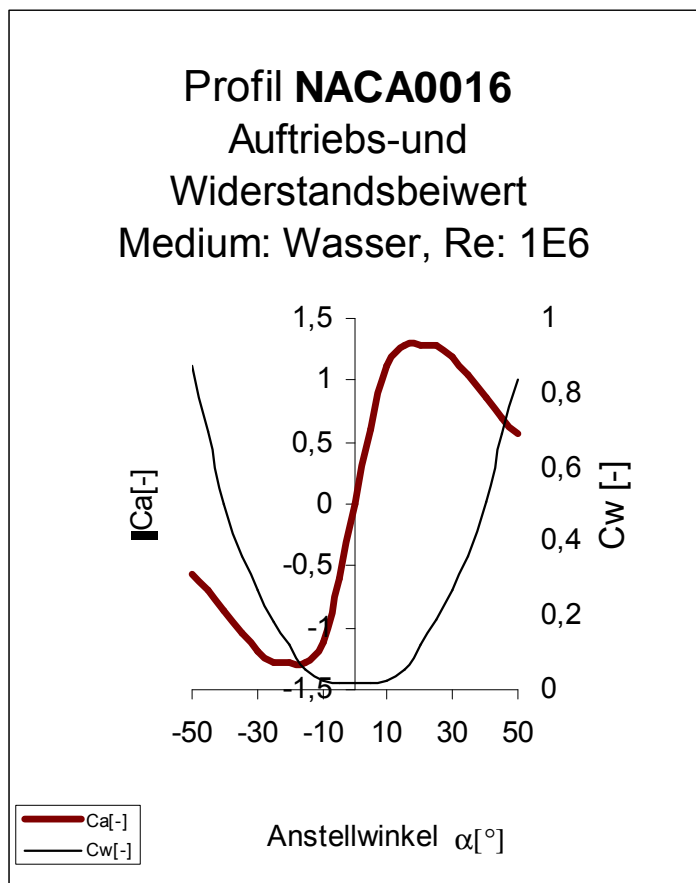
und lokaler Reibungskoeffizient c_f

Wasser, $Re: 1E6$, Anstellwinkel: $\alpha=40^\circ$



Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

α [°]	Ca [-]	Cw [-]	Cm 0.25 [-]	T.U. [-]	T.L. [-]	S.U. [-]	S.L. [-]	GZ [-]	N.P. [-]	D.P. [-]
-50,0	-0,573	0,87345	0,257	0,501	0,001	0,501	0,038	-0,656	0,137	0,698
-45,0	-0,695	0,69429	0,243	0,990	0,001	0,993	0,041	-1,001	0,141	0,599
-40,0	-0,852	0,50192	0,226	0,982	0,002	0,994	0,048	-1,697	0,143	0,516
-35,0	-1,034	0,36116	0,207	0,977	0,003	0,993	0,059	-2,863	0,124	0,450
-30,0	-1,185	0,26547	0,184	0,963	0,004	0,995	0,073	-4,462	0,064	0,406
-25,0	-1,285	0,18480	0,160	0,938	0,004	0,996	0,106	-6,951	-0,247	0,375
-20,0	-1,286	0,12013	0,134	0,879	0,005	0,997	0,199	-10,703	-18,721	0,354
-15,0	-1,288	0,05464	0,091	0,742	0,010	0,997	0,544	-23,578	0,869	0,321
-10,0	-1,122	0,02560	0,033	0,523	0,018	0,996	0,898	-43,844	0,366	0,279
-5,0	-0,603	0,01798	0,012	0,336	0,054	0,994	0,979	-33,538	0,279	0,269
0,0	0,000	0,01554	-0,000	0,175	0,175	0,991	0,991	0,000	0,269	0,250
5,0	0,603	0,01804	-0,012	0,054	0,336	0,978	0,993	33,400	0,279	0,269
10,0	1,122	0,02561	-0,033	0,018	0,523	0,898	0,996	43,821	0,366	0,279
15,0	1,289	0,05458	-0,091	0,010	0,742	0,544	0,997	23,610	0,869	0,321
20,0	1,286	0,11981	-0,134	0,005	0,879	0,199	0,997	10,732	-14,462	0,354
25,0	1,284	0,18686	-0,160	0,004	0,938	0,104	0,996	6,872	-0,247	0,375
30,0	1,185	0,26614	-0,184	0,003	0,963	0,073	0,995	4,451	0,063	0,406
35,0	1,034	0,36109	-0,207	0,003	0,977	0,059	0,993	2,864	0,124	0,450
40,0	0,852	0,50481	-0,226	0,002	0,982	0,048	0,994	1,687	0,143	0,516
45,0	0,695	0,69138	-0,243	0,001	0,990	0,041	0,993	1,006	0,141	0,599
50,0	0,573	0,83695	-0,257	0,001	0,501	0,037	0,501	0,684	0,138	0,698



Die Stall-Eigenschaften von Profilkonturen für Leit- und Steuerflächen an Seefahrzeugen

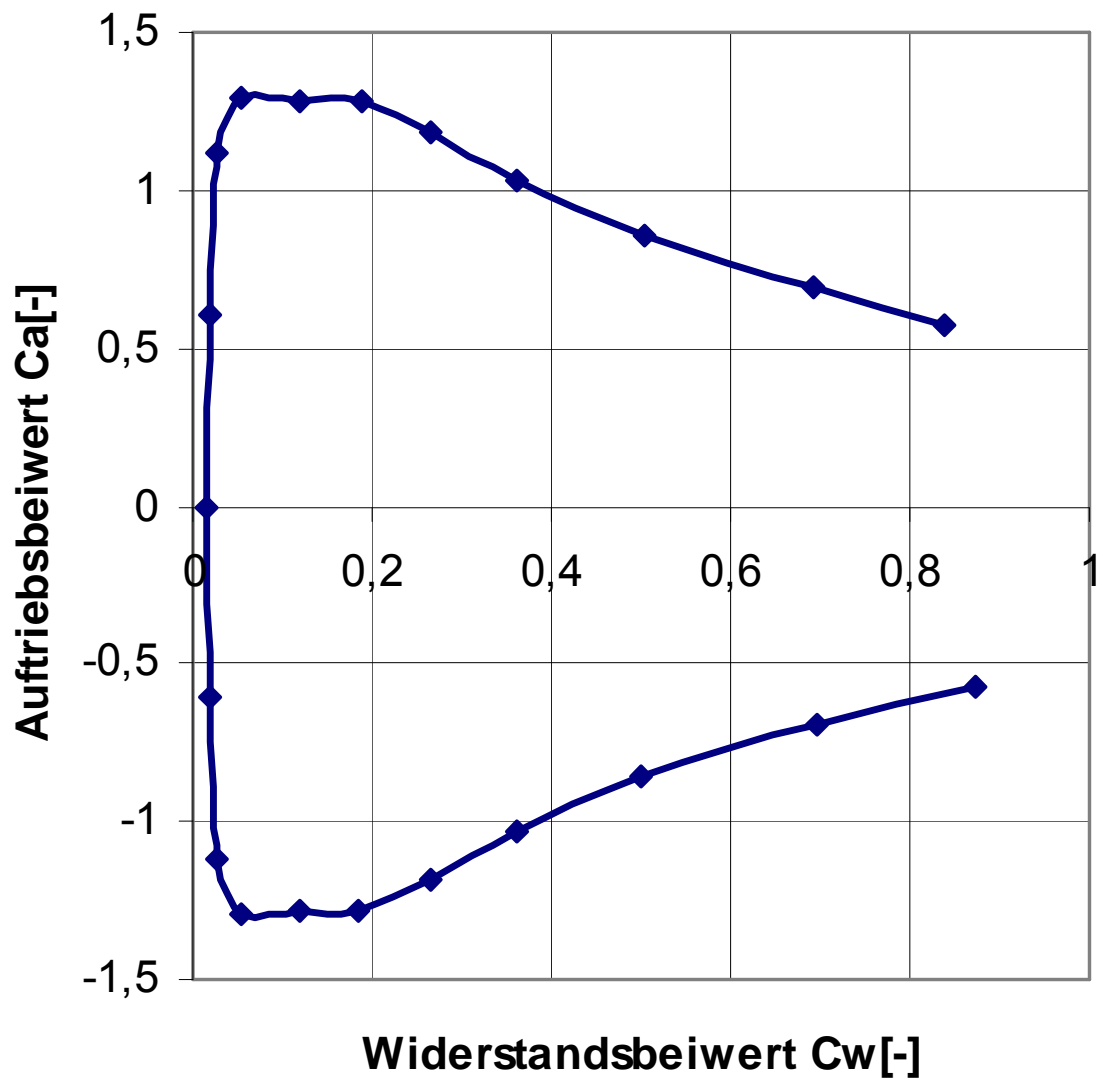
NACA0016
Re: 10^6

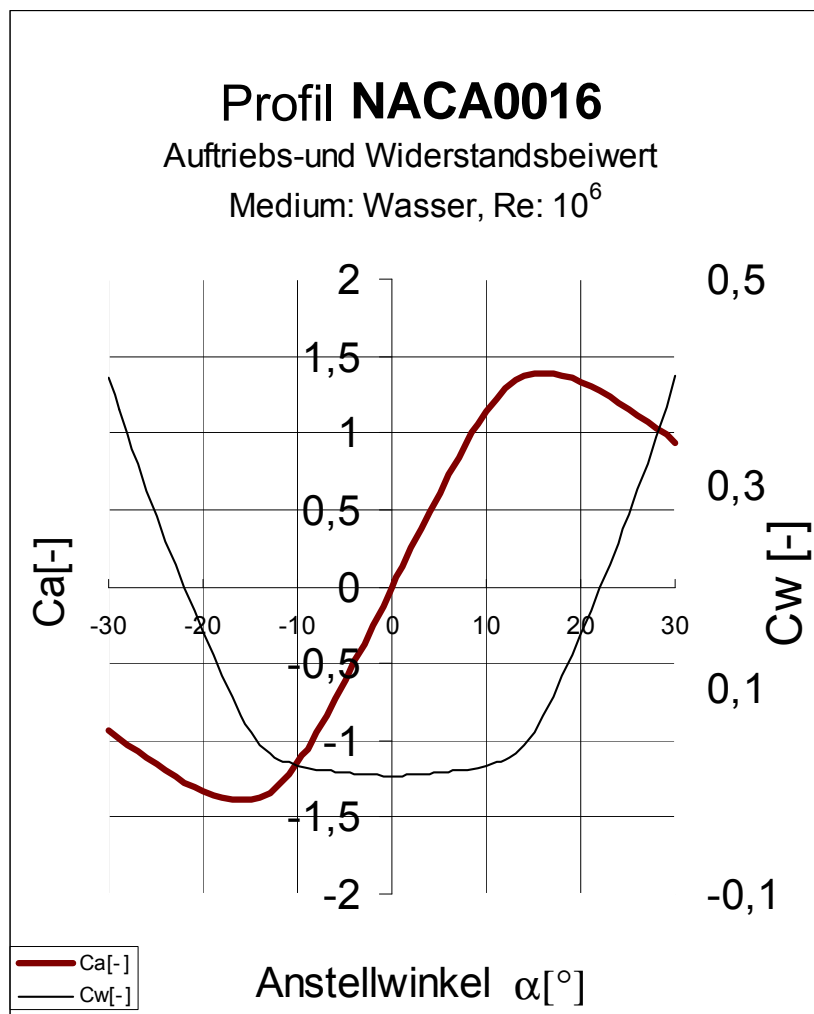
α [°]	Ca [-]	Cw [-]	Cm 0.25 [-]	T.U. [-]	T.L. [-]	S.U. [-]	S.L. [-]	GZ [-]	N.P. [-]	D.P. [-]
-30,0	-0,941	0,40415	0,027	0,963	0,004	0,995	0,073	-2,329	0,246	0,279
-29,0	-0,984	0,37304	0,027	0,960	0,004	0,994	0,079	-2,637	0,245	0,278
-28,0	-1,027	0,34780	0,027	0,957	0,004	0,994	0,084	-2,951	0,243	0,276
-27,0	-1,069	0,31903	0,027	0,950	0,004	0,996	0,090	-3,352	0,242	0,275
-26,0	-1,112	0,29312	0,026	0,943	0,004	0,996	0,095	-3,794	0,243	0,274
-25,0	-1,155	0,26805	0,026	0,938	0,004	0,996	0,106	-4,308	0,245	0,273
-24,0	-1,196	0,24352	0,026	0,931	0,004	0,996	0,117	-4,910	0,242	0,272
-23,0	-1,233	0,22181	0,025	0,918	0,005	0,996	0,128	-5,560	0,243	0,271
-22,0	-1,270	0,19824	0,025	0,910	0,005	0,996	0,148	-6,404	0,244	0,270
-21,0	-1,302	0,17612	0,025	0,895	0,005	0,997	0,170	-7,390	0,242	0,269
-20,0	-1,329	0,15520	0,025	0,879	0,005	0,997	0,199	-8,563	0,242	0,269
-19,0	-1,352	0,13394	0,025	0,859	0,006	0,997	0,238	-10,094	0,240	0,268
-18,0	-1,369	0,11338	0,024	0,838	0,006	0,997	0,287	-12,078	0,239	0,268
-17,0	-1,384	0,09228	0,024	0,808	0,007	0,997	0,359	-14,996	0,233	0,268
-16,0	-1,391	0,07335	0,024	0,777	0,008	1,000	0,445	-18,970	0,147	0,267
-15,0	-1,391	0,05721	0,024	0,742	0,010	0,997	0,544	-24,308	0,323	0,267
-14,0	-1,376	0,04537	0,023	0,703	0,012	0,996	0,640	-30,321	0,286	0,267
-13,0	-1,343	0,03748	0,022	0,658	0,013	0,996	0,724	-35,840	0,277	0,266
-12,0	-1,295	0,03191	0,021	0,612	0,014	0,996	0,798	-40,587	0,272	0,266
-11,0	-1,228	0,02817	0,019	0,567	0,016	0,996	0,856	-43,605	0,269	0,266
-10,0	-1,145	0,02545	0,018	0,523	0,018	0,996	0,898	-44,991	0,268	0,266
-9,0	-1,052	0,02331	0,016	0,483	0,021	0,995	0,929	-45,113	0,267	0,265
-8,0	-0,949	0,02162	0,015	0,448	0,027	0,995	0,948	-43,909	0,266	0,265
-7,0	-0,841	0,02024	0,013	0,407	0,033	0,995	0,962	-41,548	0,266	0,265
-6,0	-0,728	0,01908	0,011	0,369	0,041	0,994	0,972	-38,142	0,266	0,265
-5,0	-0,610	0,01797	0,009	0,336	0,054	0,994	0,979	-33,952	0,265	0,265
-4,0	-0,490	0,01723	0,007	0,303	0,072	0,993	0,982	-28,450	0,265	0,265
-3,0	-0,369	0,01645	0,006	0,267	0,093	0,993	0,986	-22,431	0,265	0,265
-2,0	-0,247	0,01578	0,004	0,236	0,118	0,992	0,990	-15,627	0,265	0,265
-1,0	-0,123	0,01546	0,002	0,208	0,145	0,991	0,990	-7,984	0,265	0,265
0,0	0,000	0,01554	-0,000	0,175	0,175	0,991	0,991	0,000	0,265	0,250
1,0	0,123	0,01547	-0,002	0,145	0,208	0,990	0,991	7,982	0,265	0,265
2,0	0,247	0,01578	-0,004	0,118	0,236	0,990	0,992	15,627	0,265	0,265
3,0	0,369	0,01642	-0,006	0,093	0,267	0,986	0,993	22,470	0,265	0,265
4,0	0,490	0,01714	-0,007	0,072	0,303	0,983	0,993	28,604	0,265	0,265
5,0	0,610	0,01803	-0,009	0,054	0,336	0,978	0,993	33,829	0,265	0,265
6,0	0,728	0,01908	-0,011	0,041	0,369	0,972	0,994	38,138	0,266	0,265
7,0	0,841	0,02024	-0,013	0,033	0,407	0,962	0,995	41,544	0,266	0,265
8,0	0,949	0,02162	-0,015	0,027	0,448	0,948	0,995	43,904	0,266	0,265
9,0	1,052	0,02333	-0,016	0,021	0,483	0,929	0,996	45,071	0,267	0,265
10,0	1,145	0,02547	-0,018	0,018	0,523	0,898	0,996	44,968	0,268	0,266
11,0	1,228	0,02819	-0,019	0,016	0,567	0,856	0,996	43,582	0,269	0,266
12,0	1,295	0,03187	-0,021	0,014	0,612	0,799	0,996	40,648	0,272	0,266
13,0	1,344	0,03729	-0,022	0,013	0,658	0,726	0,996	36,039	0,277	0,266
14,0	1,375	0,04546	-0,023	0,012	0,703	0,640	0,996	30,255	0,286	0,267
15,0	1,391	0,05715	-0,024	0,010	0,742	0,544	0,997	24,338	0,324	0,267
16,0	1,390	0,07394	-0,024	0,008	0,777	0,441	0,997	18,802	0,175	0,267
17,0	1,382	0,09315	-0,024	0,007	0,808	0,354	0,997	14,841	0,224	0,268
18,0	1,371	0,11228	-0,025	0,006	0,838	0,292	0,997	12,209	0,234	0,268
19,0	1,353	0,13288	-0,025	0,006	0,859	0,241	0,997	10,182	0,242	0,268
20,0	1,329	0,15487	-0,025	0,005	0,879	0,199	0,997	8,581	0,243	0,269
21,0	1,302	0,17594	-0,025	0,005	0,895	0,171	0,997	7,399	0,242	0,269
22,0	1,270	0,19796	-0,025	0,005	0,910	0,149	0,996	6,415	0,244	0,270
23,0	1,234	0,22103	-0,026	0,005	0,918	0,129	0,996	5,581	0,243	0,271
24,0	1,196	0,24300	-0,026	0,005	0,931	0,118	0,996	4,921	0,243	0,272
25,0	1,154	0,27049	-0,026	0,004	0,938	0,104	0,996	4,267	0,246	0,273
26,0	1,112	0,29478	-0,026	0,004	0,943	0,094	0,996	3,771	0,243	0,274
27,0	1,069	0,32005	-0,027	0,004	0,950	0,088	0,996	3,341	0,241	0,275
28,0	1,026	0,34629	-0,027	0,004	0,957	0,084	0,994	2,964	0,243	0,276
29,0	0,984	0,37436	-0,027	0,004	0,960	0,079	0,994	2,628	0,244	0,278
30,0	0,941	0,40481	-0,027	0,003	0,963	0,073	0,995	2,325	0,246	0,279

Profil NACA0016

Auftriebs- über Widerstandsbeiwert

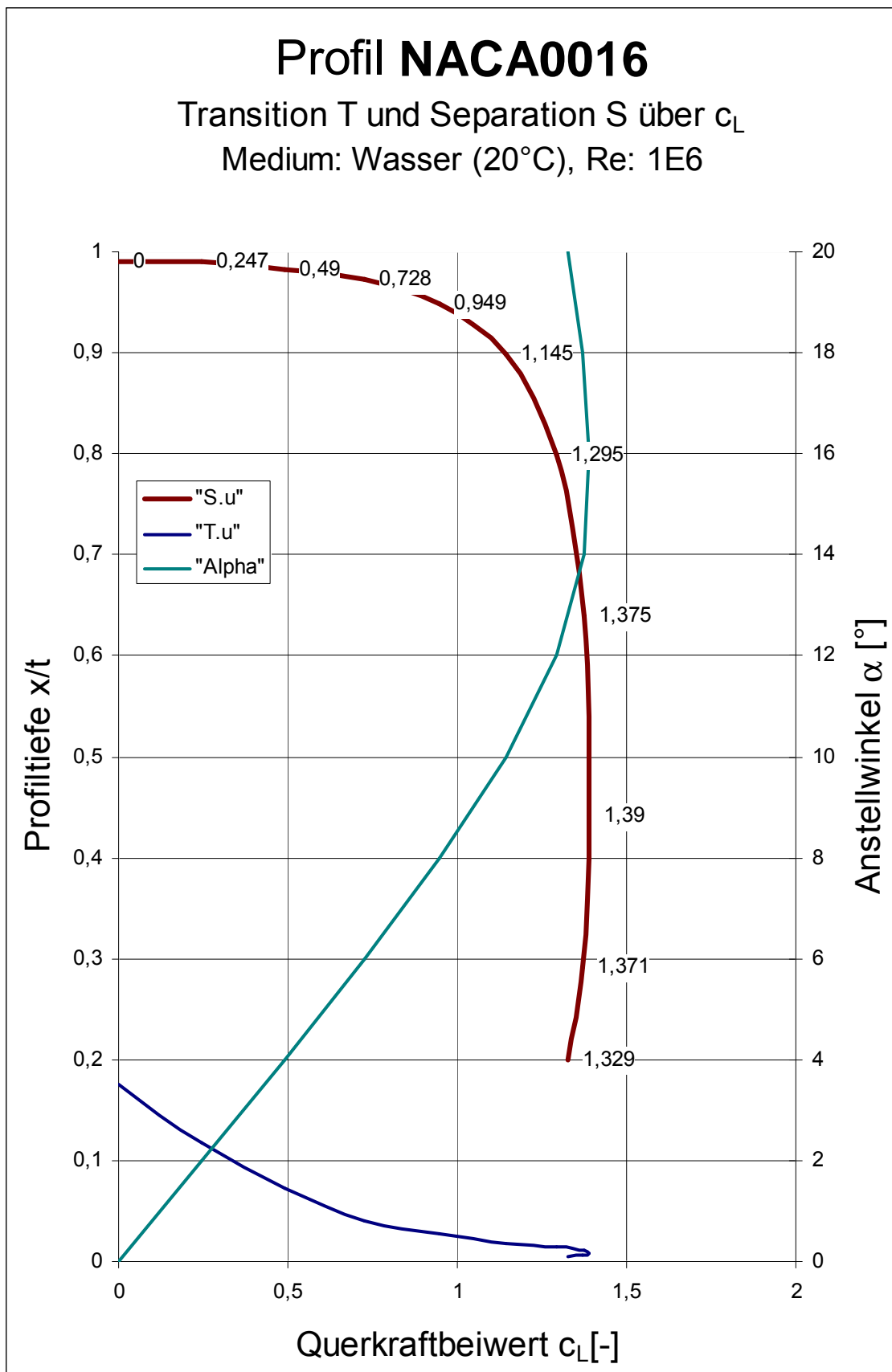
Medium Wasser Re: 1E6





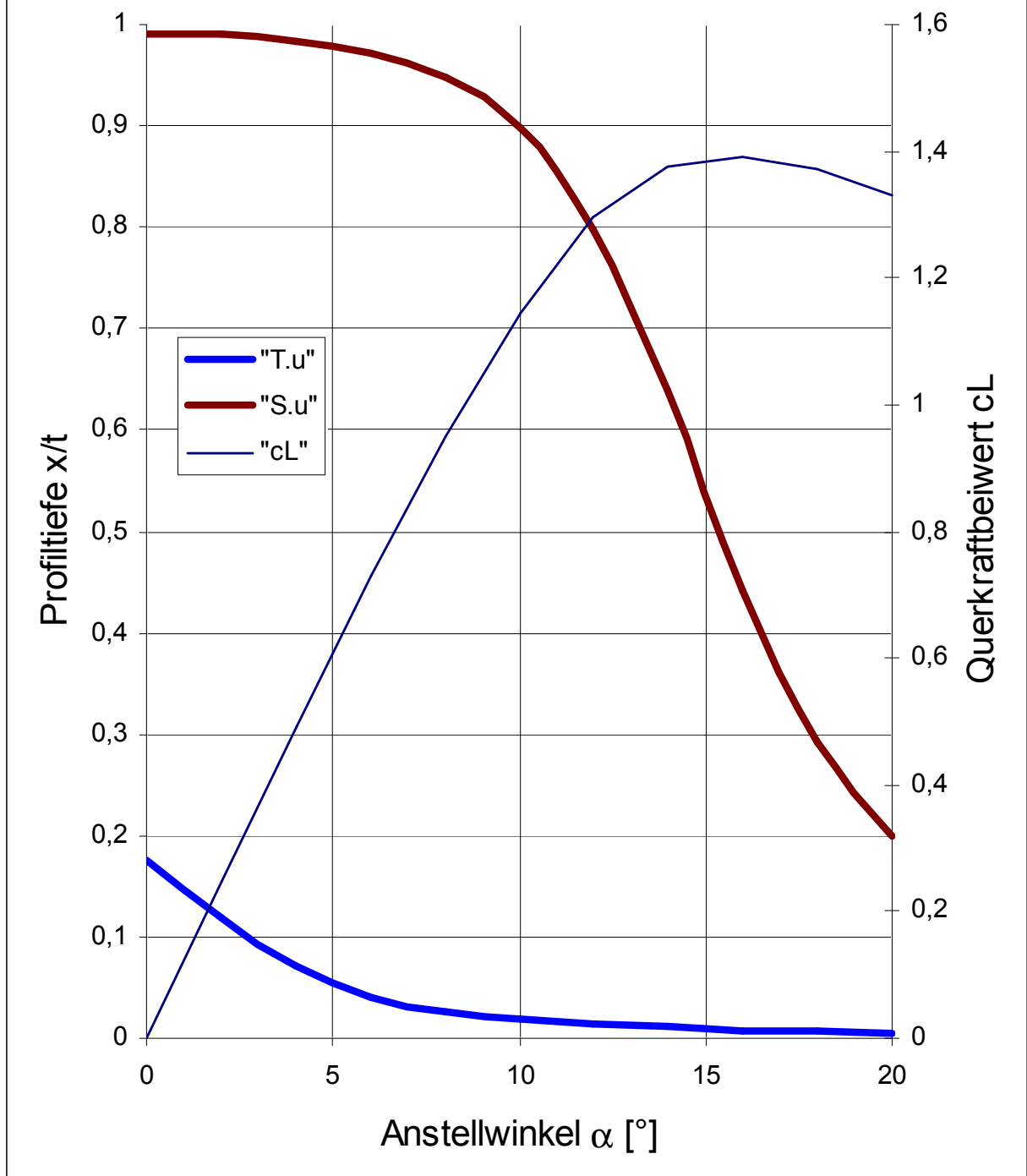
NACA0016
 Re 10E6

α [°]	Ca [-]	Cw [-]	Cm 0.25 [-]	T.U. [-]	T.L. [-]	S.U. [-]	S.L. [-]	GZ [-]	N.P. [-]	D.P.
0,0	0,000	0,01554	-0,000	0,175	0,175	0,991	0,991	0,000	0,265	0,250
2,0	0,247	0,01578	-0,004	0,118	0,236	0,990	0,992	15,627	0,265	0,265
4,0	0,490	0,01714	-0,007	0,072	0,303	0,983	0,993	28,604	0,265	0,265
6,0	0,728	0,01908	-0,011	0,041	0,369	0,972	0,994	38,138	0,266	0,265
8,0	0,949	0,02162	-0,015	0,027	0,448	0,948	0,995	43,904	0,266	0,265
10,0	1,145	0,02547	-0,018	0,018	0,523	0,898	0,996	44,968	0,268	0,266
12,0	1,295	0,03187	-0,021	0,014	0,612	0,799	0,996	40,648	0,272	0,266
14,0	1,375	0,04546	-0,023	0,012	0,703	0,640	0,996	30,255	0,284	0,267
16,0	1,390	0,07394	-0,024	0,008	0,777	0,441	0,997	18,802	-0,101	0,267
18,0	1,371	0,11228	-0,025	0,006	0,838	0,292	0,997	12,209	0,237	0,268
20,0	1,329	0,15487	-0,025	0,005	0,879	0,199	0,997	8,581	0,242	0,269



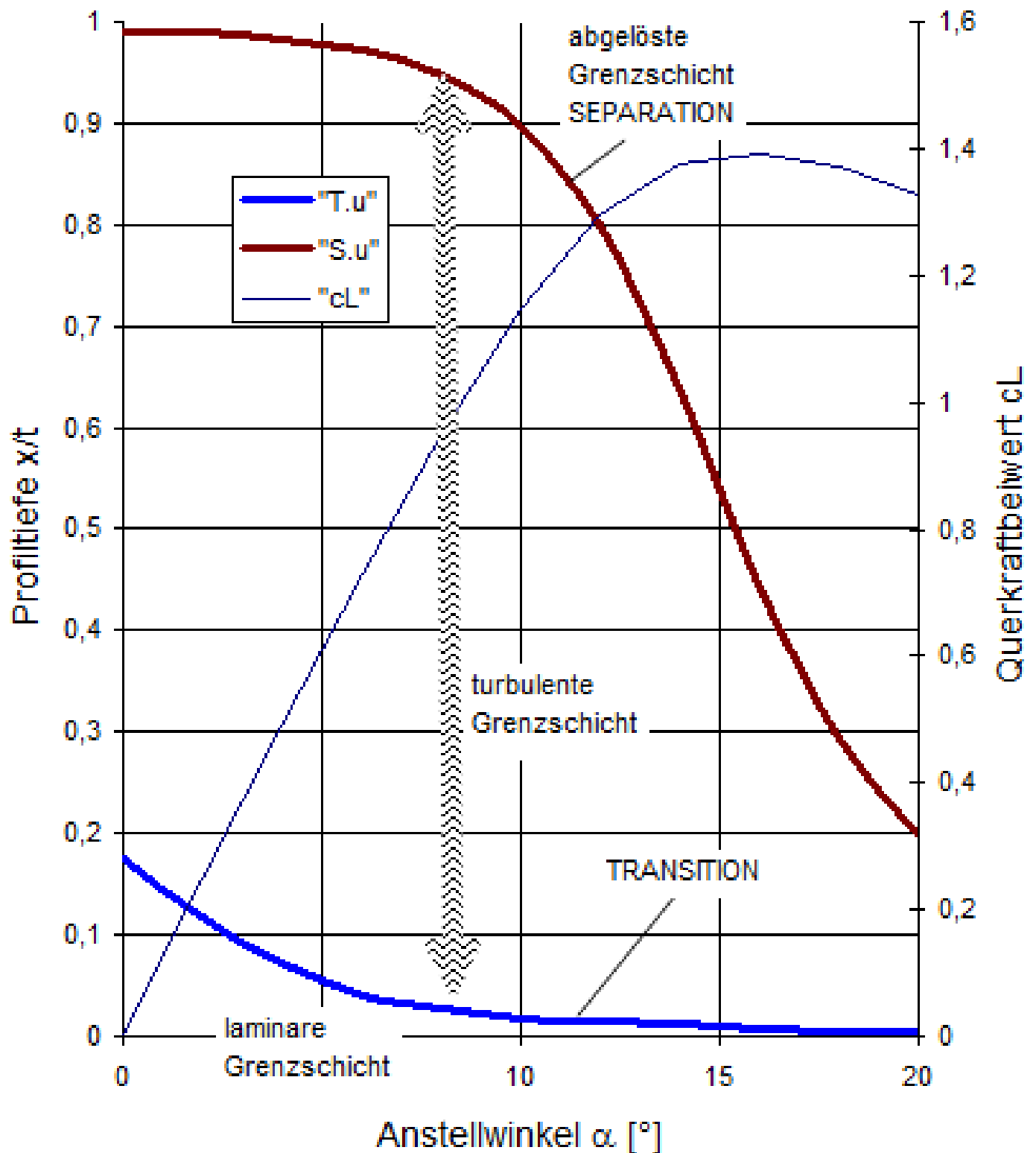
Profil NACA0016

Profiloberseite: Transition T und Separation S
Variation der Anstellwinkel α , Wasser, $Re: 1E6$



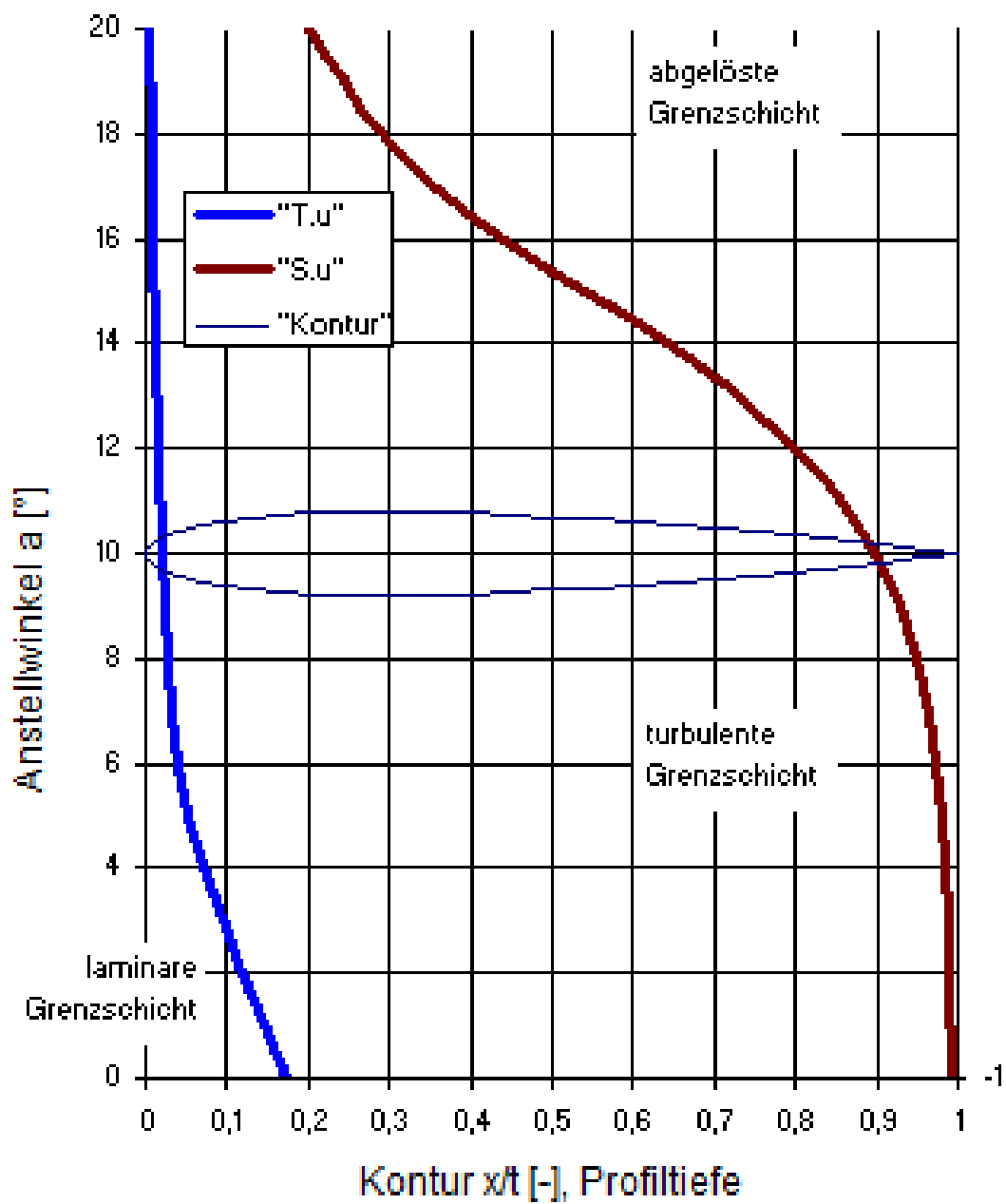
Profil NACA0016

Profiloberseite: Transition T und Separation S
 Variation der Anstellwinkel α , Wasser, $Re: 1E6$



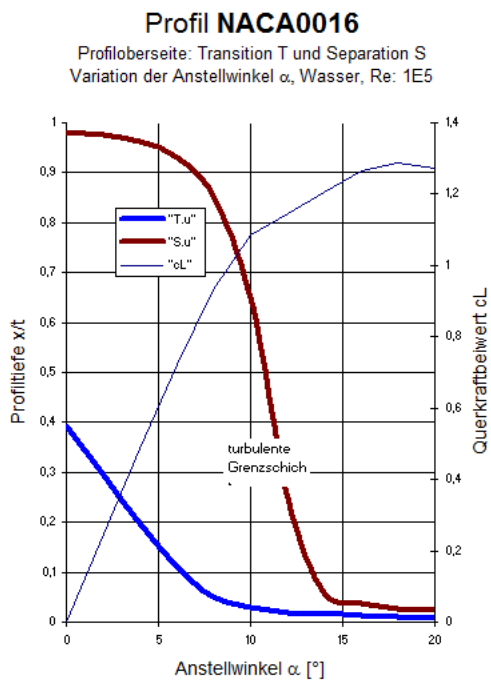
Profil NACA0016

Profiloberseite: Transition T und Separation S
Variation der Anstellwinkel α , Wasser, $Re: 1E6$



Re= 10E5

α [°]	Ca [-]	Cw [-]	Cm 0.25 [-]	T.U. [-]	T.L. [-]	S.U. [-]	S.L. [-]	GZ [-]	N.P. [-]	D.P.
0,0	0,000	0,02082	-0,000	0,392	0,392	0,982	0,983	0,000	0,265	0,250
2,0	0,246	0,02130	-0,004	0,293	0,496	0,977	0,987	11,547	0,265	0,265
4,0	0,488	0,02319	-0,007	0,198	0,606	0,962	0,989	21,053	0,265	0,265
6,0	0,722	0,02664	-0,011	0,112	0,709	0,931	0,988	27,090	0,266	0,265
8,0	0,931	0,03241	-0,014	0,050	0,792	0,853	0,986	28,726	0,266	0,265
10,0	1,087	0,04436	-0,017	0,030	0,846	0,651	0,983	24,508	0,260	0,265
12,0	1,147	0,08241	-0,016	0,020	0,884	0,248	0,982	13,914	0,229	0,264
14,0	1,204	0,12474	-0,014	0,016	0,911	0,060	0,981	9,649	0,235	0,262
16,0	1,264	0,15960	-0,015	0,014	0,932	0,038	0,981	7,920	0,263	0,262
18,0	1,287	0,19940	-0,015	0,011	0,944	0,028	0,982	6,452	0,416	0,262
20,0	1,274	0,24644	-0,016	0,009	0,957	0,024	0,982	5,168	0,178	0,263

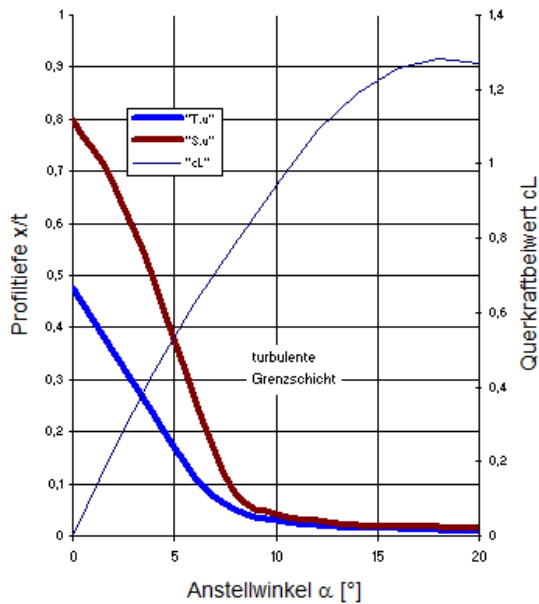


Re= 10E4

α [°]	Ca [-]	Cw [-]	Cm 0.25 [-]	T.U. [-]	T.L. [-]	S.U. [-]	S.L. [-]	GZ [-]	N.P. [-]	D.P. [-]
0,0	0,000	0,05198	-0,000	0,477	0,477	0,799	0,799	0,000	0,264	0,250
2,0	0,231	0,05557	-0,003	0,353	0,606	0,676	0,859	4,158	0,264	0,264
4,0	0,442	0,06300	-0,006	0,233	0,718	0,492	0,891	7,016	0,263	0,264
6,0	0,624	0,07820	-0,008	0,115	0,800	0,265	0,914	7,981	0,258	0,263
8,0	0,784	0,10140	-0,009	0,050	0,851	0,085	0,934	7,730	0,254	0,261
10,0	0,945	0,12975	-0,010	0,030	0,887	0,043	0,945	7,285	0,256	0,260
12,0	1,088	0,16824	-0,011	0,020	0,912	0,030	0,957	6,465	0,258	0,260
14,0	1,192	0,22083	-0,012	0,016	0,931	0,022	0,963	5,400	0,262	0,260
16,0	1,258	0,28935	-0,013	0,014	0,942	0,019	0,969	4,348	0,274	0,260
18,0	1,283	0,37469	-0,014	0,011	0,953	0,017	0,974	3,424	0,397	0,261
20,0	1,270	0,47392	-0,015	0,009	0,961	0,014	0,977	2,681	0,187	0,261

Profil NACA0016

Profilerseite: Transition T und Separation S
Variation der Anstellwinkel α , Wasser, Re: 1E4



- [Abbo-59] Ira H. Abbott, Albert E. von Doenhoff: Theory of Wing Sections: Including a Summary of Airfoil Data. Dover Publications, New York 1959,
- [Die13] Dienst, Mi. (2013) Fluiddynamisch wirksames Strömungsprofil aus geometrischen Grundfiguren. GM-NR: 20 2013 004 881.6, IPC: F03D 1/06
- [Eppl-90] Richard Eppler: Airfoil Design and Data. Springer, Berlin, New York 1990,
- [Gorr-17] Edgar Gorrell, S. Martin: Aerofoils and Aerofoil Structural Combinations. In: NACA Technical Report. Nr. 18, 1917.
- [Katz-01] Joseph Katz, Allen Plotkin (2001) Low-Speed Aerodynamics (Cambridge Aerospace Series) Cambridge University Press; 2 edition
- [Krav-39] Kravets, A. C., (1939) Characteristics of Aircraft Profiles, Moscow.
- [Mart-65] Martynov, A. K., (1965) Practical Aerodynamics, Pergamon Press.
- [Sieg-09] Siegloch, H. (2009) Technische Fluidodynamik. S. 96 ff. 7. Auflage. Springer Verlag Heidelberg, London, N.Y.
- [Schl-00] Schlichting, H (2000) Boundary-Layer Theory, Springer ISBN 3540662707
- [Voss-12-1] Voß, M, Kleinschrodt, H.-D. (2012) Jahrestreffen der Fachgruppen Computational Fluid Dynamics und Fluidverfahrenstechnik „2-Wege-Fluid-Struktur-Interaktion mit OpenFOAM“, 12.-14. März 2012, Weimar.
- [Voss-12-2] Voß, M, Kleinschrodt, H.-D. (2012) „Fluid-Struktur-Interaktion flexibler Tragflügelprofile nach dem Vorbild der belebten Natur“. ANSYS Conference & 30. CADFEM Users' Meeting, 24.-26. Oktober 2012, Kongress Palais Kassel, 32 S., ISBN 3-937523-09-X
- [Voss-13] Voß, M, Kleinschrodt, H.-D. (2013) „3D-Fluid-Struktur-Interaktion symmetrischer Profile mit Innenstrukturierung“. ANSYS Conference & 31. CADFEM Users' Meeting, 19.-21. Juni 2013, Rosengarten Mannheim (Veröffentlichung in Vorbereitung)
- [w-001] <https://de.wikipedia.org/wiki/Strömungsabriss> (abgerufen 25072013)
- [w-002] http://en.wikipedia.org/wiki/Stall_flight (abgerufen 05082013)
- [w-003] <http://de.wikipedia.org/wiki/Profil> (abgerufen 11032013)
- [w-004] The Airfoil Investigation Database,
<http://www.worldofkrauss.com/foils/578> (abgerufen 11032013)
- [w-005] UIUC Airfoil Coordinates Database, (abgerufen 11032013)
http://www.ae.illinois.edu/m-selig/ads/coord_database.html
- [w-006] <http://www.mh-aerotools.de/> (abgerufen 032013)

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren

