Dr. Holger Schwichtenberg

ASP.NET Core Blazor 5.0 Blazor WebAssembly und Blazor Server

Moderne Single-Page-Web-Applications mit .NET, C# und Visual Studio

www.IT-Visions.de®
Dr. Holger Schwichtenberg

Buchversion:	3.19.1 (09.06.2021)
Verlag:	www.IT-Visions.de, Fahrenberg 40b, D-45257 Essen
Sprachkorrektur:	Matthias Bloch, M.A.
ISBN:	978-3-934279-35-3
Bezugsquelle gedruckt:	*www.amazon.de/exec/obidos/ASIN/393427935X/itvisions-21*
Bezugsquelle Kindle:	*www.amazon.de/exec/obidos/ASIN/B08J5L3WQ7/itvisions-21*
Bezugsquelle PDF:	*www.leanpub.com/Blazor50*

Für Heidi, Felix und Maja

1 Inhaltsverzeichnis (Hauptkapitel)

2 Inhaltsverzeichnis (Details)

3 Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

ich entwickle Webanwendungen seit Mitte der 1990er Jahre. Zunächst habe ich damals mit dem Common Gateway Interface (CGI) und Perl, danach mit dem Internet Database Connector (IDC) und Active Server Pages (ASP) sowie Visual Basic Webclasses programmiert. Nach einer Zwischenetappe in der Java-Welt mit Java Server Pages (JSP), Servlets und Applets folgte dann für mich ASP.NET in diversen Ausprägungen (Webforms, AJAX, Dynamic Data und MVC), schließlich Silverlight, danach ganz viel JavaScript (mit jQuery, AngularJS, Angular und diversen anderen Bibliotheken und Frameworks). Seit dem Jahr 2016 verwende ich in unseren Softwareentwicklungsprojekten ASP.NET Core und seit 2019 auch Blazor.

Der Grund dieser Vorrede: Ich habe schon eine Menge Webframeworks gesehen und verspüre dennoch (oder auch gerade deswegen) einige Begeisterung für die "neuste Sau", die durch das Webdorf getrieben wird; diese "Sau" namens Blazor.

Seit einiger Zeit sind beide Blazor-Varianten (Blazor Server seit September 2019 und Blazor WebAssembly seit Mai 2020) in einer stabilen Version verfügbar. Dieses Buch behandelt die Version **Blazor 5.0**, die dritte Version von Blazor Server und die zweite Version von Blazor WebAssembly.

Alle Ausführungen im Buch und den abgedruckten Beispielen gelten – sofern nicht ausdrücklich anders erwähnt – sowohl für Blazor WebAssembly als auch Blazor Server. Es gibt nur wenige Unterschiede zwischen beiden Architekturen, und auf die wird an entsprechender Stelle im Buch hingewiesen.

Mit Blazor konnten wir schon einige SPA-Webanwendungen in Rekordzeit entwickeln, denn man ist als Entwickler damit sehr produktiv. Wenn man lange Erfahrung mit den verschiedenen Microsoft-Webframeworks einerseits und JavaScript-basierten Frameworks andererseits hat, ist man mit Blazor wirklich sehr schnell. Ich denke aber auch, dass Entwickler mit weniger Vorerfahrungen in Blazor eine gute Technik finden werden.

In den letzten Jahren haben wir bei www.IT-Visions.de bei unseren Kunden im deutschsprachigen Raum immer mehr klassische Windows-Desktop-Entwickler, die bisher mit Windows Forms oder WPF gearbeitet haben, auf Webtechniken umgeschult; getrieben von Chefs oder externen Beratern, die eine "Alles ins Web"- und "Cross-Platform"-Strategie verkündet haben. Mangels technischer Alternativen zur Entwicklung von Single-Page-Web-Applications (SPAs) war die Technikentscheidung für den Browser immer JavaScript bzw. TypeScript, mit Angular, React oder anderen Bibliotheken. Auf dem Server konnten die Entwickler oft in der .NET-Welt bleiben mit ASP.NET Core WebAPI. Manchmal stand aber auch hier JavaScript via node.js auf dem Plan. Es waren nicht wenige .NET-Entwickler, die auch nach intensiver Motivation und Schulung keinerlei Gefallen an der JavaScript-Welt finden konnten.

Blazor ist die Hoffnung für alle JavaScript-Hasser - wenngleich man hier zumindest in der ersten Zeit noch nicht ohne etwas JavaScript auskommen wird. Aber JavaScript ist wieder – wie früher – nur gelegentlich eingestreut und nicht mehr das Zentrum der Webanwendung.

Natürlich gibt es auch bei Blazor noch einige Hürden zu überwinden, wie immer bei den ersten Versionen einer neuen Technik.

Ich plane, in Zukunft weitere Versionen dieses Buchs zu veröffentlichen mit weiteren Aspekten zum Thema Blazor und auch zu den Basistechniken aus ASP.NET Core. Auch die Weiterentwicklungen von Blazor werde ich mit diesem Buch dokumentieren.

Das Buch setzt aber voraus, dass Sie .NET, C# und Visual Studio schon kennen. Ich biete dazu aber auch weitere Bücher an, siehe Kapitel "Notwendige Vorkenntnisse".

Dieses Fachbuch wird vertrieben auf folgenden Wegen (Ich nenne neben dem Verkaufspreis auch, wie viel – bzw. wenig – ich als Autor von den jeweiligen Händlern erhalte. Der Rest ist Gewinn der Händler):

- Gedruckt bei Amazon.de für 49,99 Euro (der Autor erhält 22,05 Euro): *www.amazon.de/exec/obidos/ASIN/393427935X/itvisions-21*
- Kindle-E-Book bei Amazon.de für 44,99 Euro (der Autor erhält 14,99 Euro): *www.amazon.de/exec/obidos/ASIN/B08J5L3WQ7/itvisions-21*
- PDF **inkl. Updates** bei Leanpub.com ab 44,99 Dollar (der Autor erhält ca. 28,75 Euro): *www.leanpub.com/Blazor50*

> **Tipp:** Sie können jederzeit Aktualisierungen des PDF-Buchs (gleiche Hauptversion) kostenfrei bei Leanpub.com beziehen. Amazon erlaubt dies leider nicht! ☹ Ich biete daher Käufer bei Amazon die PDF-Version zum Sonderpreis von 19 Dollar an:
>
> *www.leanpub.com/Blazor50/c/Picard*
>
> Ich habe mich für den Vertriebsweg des gedruckten Buchs über Amazon entschieden, weil ich dort ständig Updates zu dem Buch einreichen kann. Per Print-on-Demand erhalten Leser dann immer das topaktuelle Buch. Oft liefert Amazon dennoch am Tag nach der Bestellung das Buch schon aus. Der Vertrieb dieses Buch über klassische IT-Verlage, die leider heutzutage immer noch größere Auflagen vorproduzieren, ist für ein sehr agiles Softwareprodukt wie Blazor keine Alternative mehr.

Da diese Preise in Anbetracht der vielen Stunden Arbeit an diesem Werk leider nicht nennenswert dazu beitragen können, den Lebensunterhalt meiner Familie zu bestreiten, ist dieses Projekt ein Hobby. Dementsprechend kann ich nicht garantieren, wann es Updates zu diesem Buch geben wird. Ich werde dann an diesem Buch arbeiten, wenn ich neben meinem Beruf als Softwarearchitekt, Berater und Dozent und meinen sportlichen Betätigungen noch etwas Zeit für das Fachbuchautorenhobby übrig habe.

Falls mir in diesem Buch oder den zugehörigen Downloads menschliche Fehler passiert sind, möchte ich mich dafür schon jetzt in aller Form bei Ihnen entschuldigen. Bitte geben Sie mir einen freundlichen, genau beschriebenen Hinweis auf meine Fehler. Ich freue mich immer über konstruktives Feedback und Verbesserungsvorschläge. Bitte verwenden Sie dazu das Kontaktformular: *www.dotnet-doktor.de/Leserfeedback*

> **Tipp:** Ich belohne Sie mit E-Books für gemeldete Fehler, siehe Kapitel "Über dieses Buch/ Ihre Belohnung, wenn Sie helfen, dieses Buch zu verbessern".

Ich helfe Ihnen gerne, Ihren eigenen Programmcode zu schreiben, aber ich hoffe, Sie verstehen, dass ich dies nicht ehrenamtlich tun kann. Wenn Sie **technische Hilfe** zu Blazor und .NET oder anderen Themen rund um die Entwicklung und den Betrieb von Anwendungen (Desktop, Web und Mobile) sowie Server und Cloud benötigen, stehe ich Ihnen im Rahmen meiner beruflichen Tätigkeit für die Firmen *www.IT-Visions.de* (Beratung, Schulung, Support) und MAXIMAGO GmbH (Softwareentwicklung, siehe *www.MAXIMAGO.de*) gerne zur Verfügung. Bitte wenden Sie sich für ein Angebot an das jeweilige Kundenteam. Bitte kontaktieren Sie die Firmen aber nicht für Feedback und Verbesserungsvorschläge zu diesem Buch, da dieses Buch reine Privatsache ist.

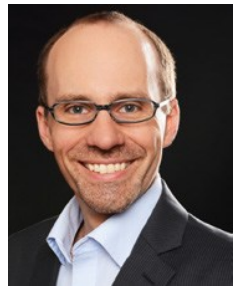
Die Beispiele zu diesem Buch können Sie herunterladen auf der von mir ehrenamtlich betriebenen **Leser-Website** unter: *www.dotnet-doktor.de/Leser*

Dort müssen Sie sich zunächst registrieren. Bei der Registrierung wird ein Losungswort abgefragt. Bitte geben Sie dort **Picard** ein (siehe auch Kapitel "Programmcodebeispiele zum Download").

Herzliche Grüße aus Essen, dem Herzen der Metropole Ruhrgebiet

Holger Schwichtenberg

4 Über den Autor



- Studienabschluss Diplom-Wirtschaftsinformatik an der Universität Essen
- Promotion an der Universität Essen im Fachgebiet komponentenbasierter Softwareentwicklung
- Seit 1996 selbstständig als unabhängiger Berater, Dozent, Softwarearchitekt und Fachjournalist
- Fachlicher Leiter des Expertenteams bei *www.IT-Visions.de* in Essen
- Chief Technology Expert (CTE) der Softwareentwicklung bei der MAXIMAGO GmbH in Dortmund (*www.MAXIMAGO.de*)
- Über 80 Fachbücher beim Carl Hanser Verlag, bei O'Reilly, Microsoft Press, APress und Addison-Wesley sowie mehr als 1300 Beiträge in Fachzeitschriften
- Gutachter in den Wettbewerbsverfahren der EU gegen Microsoft (2006-2009)
- Ständiger Mitarbeiter der Zeitschriften iX (seit 1999), dotnetpro (seit 2000) und Windows Developer (seit 2010) sowie beim Online-Portal heise.de (seit 2008)
- Regelmäßiger Sprecher auf nationalen und internationalen Fachkonferenzen (z.B. Microsoft TechEd, Microsoft Summit, Microsoft IT Forum, BASTA, BASTA-on-Tour, enterJS, .NET Architecture Camp, Advanced Developers Conference, Developer Week, OOP, DOTNET Cologne, MD DevDays, Community in Motion, DOTNET-Konferenz, VS One, NRW.Conf, Net.Object Days, Windows Forum, Container Conf)
- Zertifikate und Auszeichnungen von Microsoft:
  - Microsoft Most Valuable Professional (MVP), kontinuierlich ausgezeichnet seit 2004
  - Microsoft Certified Solution Developer (MCSD)
- Thematische Schwerpunkte:
  - Softwarearchitektur, mehrschichtige Softwareentwicklung, Softwarekomponenten, SOA
  - Visual Studio, Continous Integration (CI) und Continous Delivery (CD) mit Azure DevOps
  - Microsoft .NET (.NET Framework, .NET Core), C#, Visual Basic
  - .NET-Architektur/Auswahl von .NET-Techniken
  - Einführung von .NET und Visual Studio/Migration auf .NET
  - Webanwendungsentwicklung und Cross-Plattform-Anwendungen mit HTML, ASP.NET (Core), JavaScript/TypeScript und Webframeworks wie Angular und Blazor
  - Enterprise .NET, verteilte Systeme/Webservices mit .NET, insbesondere Windows Communication Foundation, WebAPI und gRPC
  - Relationale Datenbanken, XML, Datenzugriffsstrategien
  - Objekt-Relationales Mapping (ORM), insbesondere ADO.NET Entity Framework und Entity Framework Core
  - PowerShell
  - Architektur- und Code-Reviews
  - Performance-Analysen und -Optimierung
  - Entwicklungsrichtlinien
- Ehrenamtliche Community-Tätigkeiten:
  - Vortragender für die International .NET Association (INETA)
  - Betrieb diverser Community-Websites: *www.dotnet-lexikon.de*, *www.dotnetframework.de*, *www.windows-scripting.de*, *www.aspnetdev.de* u. a.
- Firmenwebsites: *www.IT-Visions.de* und *www.MAXIMAGO.de*
- Weblog: *www.dotnet-doktor.de*

- Kontakt für Anfragen zu Schulung und Beratung: **kundenteam@IT-Visions.de** Telefon **0201 / 64 95 90 - 50**
- Kontakt für Anfragen für Softwareentwicklungsprojekte: **hsc@MAXIMAGO.de** Telefon **0231 / 58 69 67 - 12**
- Kontakt für Feedback zu diesem Buch: *www.dotnet-doktor.de/Leserfeedback*

5 Über dieses Buch

5.1 Versionsgeschichte dieses Buchs

Die Versionsgeschichte dieses Buch finden Sie in einem eigenen Kapitel am Ende des Buchs.

Hinweis: Die Versionsgeschichte ist eine wichtige Referenz für die Leser, die sich aktuelle Versionen des Buchs beschaffen (z.B. über Leanpub.com) und wissen wollen, was sich geändert hat. Wenn Sie das Buch erstmalig lesen, müssen Sie die Versionsgeschichte nicht lesen.

5.2 Bezugsquelle für Aktualisierungen

Leanpub-Kunden können jederzeit Aktualisierungen des PDF-Buchs (gleiche Hauptversion!) kostenfrei bei Leanpub.com beziehen.

Käufer der Kindle- oder Druck-Version können die aktuelle PDF-Version zum Preis von 19,00 Dollar (zzgl. 5% Mehrwertsteuer, ab 1.1.2021: 7%) unter folgender Webadresse beziehen:

https://leanpub.com/ASPNETBlazor/c/Picard

Hinweise: Leider erlauben Amazon u.a. Buchhändler aufgrund der Buchpreisbindungsgesetze in Deutschland den Autoren grundsätzlich nicht, dass Leser eine Aktualisierung im Kindle-Format oder in gedruckter Form vergünstigt erhalten.

Bitte beachten Sie auch, dass die ISBN-Regularien erfordern, dass bei einer Titeländerung bei neuer Produktversion eine neue ISBN vergeben und damit auch ein neues Buchprojekt bei Amazon und Leanpub erstellt werden muss.

5.3 Geplante Kapitel

Die Reihenfolge der für folgende Buchversionen geplanten Kapitel ist hier zunächst alphabetisch angeordnet und entspricht nicht der Reihenfolge, in der die Kapitel erscheinen werden.

- AdditionalAttributes und @attributes für Komponenten
- Autorisierung mit Rollen
- Blazor WebForms Components (A collection of Blazor components that emulate the web forms components of the same name) → https://github.com/FritzAndFriends/BlazorWebFormsComponents
- Cross-Platform-HTML-Apps mit Blazor Electron
- DotNet.createJSObjectReference()
- Eigene Basisklassen für Razor Components
- Fehlerbehandlung / blazor-error-ui → **Gehört zum Standardlieferumgang der Projektvorlagen und wird bereits verwendet in MiracleList.**
- Fluent Validator (*https://github.com/Blazored/FluentValidation*)
- Host Environments in Blazor Server verwenden
- IComponentActivator zur Kontrolle der Komponenteninstanziierung (ab Blazor 5.0)
- Installation von Blazor-Anwendungen auf Linux-Servern
- IL-Linker-Konfigurationsdatei (LinkerConfig.xml)

- JavaScript-Interop ohne Marshalling mit IJSInProcessRuntime und IJSUnmarshalledRuntime (in Blazor WebAssembly)
- Razen Blazor Components (kostenfrei) → *https://razor.radzen.com*
- Blazorise Components (kostenfrei) → *https://efrolicdemo.blazorise.com*
- Synchrone JavaScript-Interop mit IJSInProcessRuntime (in Blazor WebAssembly ab Blazor 5.0)
- LESS und SCSS mit Blazor
- Leistungsoptimierung (@key, Inlining, ShouldRender u.a.)
- Microsoft.AspNetCore.Components.Web.Extensions (ab Blazor 5.0)
- Token-basierte Authentifizierung für Blazor WebAssembly mit Microsoft Authentication Library (MSAL) in den NuGet-Paketen Microsoft.Authentication.WebAssembly.Msal und Microsoft.AspNetCore.Authentication.AzureAD.UI gegen Azure Active Directory (AAD) (seit 3.2 Preview 2)
- PreseveWhiteSpace
- Routing-Anpassungen (*https://chrissainty.com/building-a-custom-router-for-blazor/amp/)*
- Testen von Blazor-Anwendungen (Microsoft.AspNetCore.Components.Testing und BUnit) **→ Beispiele zu BUnit finden Sie bereits im MiracleList-Beispiel, das Sie herunterladen können!**
- TypeScript in Blazor Apps
- Validierung: Anpassung der CSS-Klassen (ab Blazor 5.0)
- Visual Studio Code als alternatives Werkzeug zu Visual Studio

Hinweis: Mit dieser Liste kommender Themen möchte ich gleichzeitig klarstellen, welche Themen Sie derzeit nicht im Buch finden, damit Sie als Leser keine falschen Erwartungen haben.

5.4 Programmiersprache in diesem Buch

Als Programmiersprache kommt in diesem Buch C# zum Einsatz, weil C# die einzige offiziell von Microsoft unterstützte Programmiersprache für Blazor ist.

Als zweite Programmiersprache für Blazor gibt es nur F# über eine Erweiterung [*https://github.com/fsbolero/Bolero*], die außerhalb von Microsoft entwickelt wird und daher kein offizielles Produkt von Microsoft ist.

5.5 Notwendige Vorkenntnisse

Webprogrammierung ist ein großes, komplexes Gebiet. In diesem Buch konzentriere ich mich auf ASP.NET Blazor im engeren Sinne.

Als Vorkenntnisse sollten Sie zumindest ein gutes Grundlagenwissen in folgenden Gebieten mitbringen:

- HTTP
- HTML
- CSS
- JavaScript
- .NET Core

- ASP.NET Core
- C#
- Entity Framework Core
- Visual Studio

Ich habe drei Bücher geschrieben, durch die Sie dieses Grundlagenwissen erlangen können.

Für die ersten fünf Punkte ist dies:

Moderne Webanwendungen für .NET-Entwickler: Server-Anwendungen, Web APIs, SPAs & HTML-Cross-Platform-Anwendungen mit ASP.NET, ASP.NET Core, JavaScript/TypeScript und Angular

ISBN 3960090153

https://www.amazon.de/exec/obidos/ASIN/3960090153/itvisions21

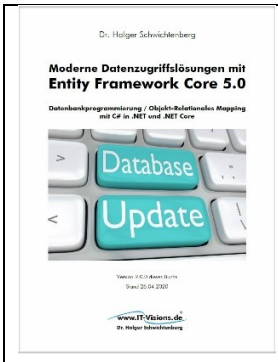
- Gedruckt: 49,90 Euro
- Kindle: 39,99 Euro

Wenn Sie C# lernen wollen, möchte ich Ihnen mein Buch "C# 9.0 Crashkurs" empfehlen:

C# 9.0 Crashkurs

- Gedruckt (Print-on-Demand) bei Amazon.de für 24,99 Euro (der Autor erhält 10,52 Euro): *www.amazon.de/exec/obidos/ASIN/3934279406/itvisions-21*
- Kindle-E-Book bei Amazon.de für 9,99 Euro (der Autor erhält 6,29 Euro): *www.amazon.de/exec/obidos/ASIN/B08KPLNBZS/itvisions-21*
- PDF-E-Book bei Leanpub.com ab 11,99 Dollar (der Autor erhält ca. 14,00 Euro): *www.leanpub.com/CSharp9*

Um Entity Framework Core zu lernen, möchte ich Ihnen mein Buch "Moderne Datenzugriffslösungen mit Entity Framework Core 5.0" empfehlen:



Moderne Datenzugriffslösungen mit Entity Framework Core 5.0

- Gedruckt bei Amazon.de für 69,99 Euro (der Autor erhält 29,90 Euro): *www.amazon.de/exec/obidos/ASIN/3934279252/itvisions-21*
- Kindle-E-Book bei Amazon.de für 59,99 Euro (der Autor erhält 18,52 Euro): *www.amazon.de/exec/obidos/ASIN/B087QSSKW1/itvisions-21*
- PDF-E-Book bei Leanpub.com ab 44,99 Dollar (der Autor erhält 35,99 Dollar): *www.leanpub.com/EntityFrameworkCore5*

5.6 Ihre Belohnung, wenn Sie helfen, dieses Buch zu verbessern!

Wenn Sie Fehler in diesem Buch finden, bin ich Ihnen nicht nur wirklich sehr dankbar, sondern Sie bekommen auch eine Belohnung in Form von aktualisierten oder weiteren E-Books.

Fehlerart	E-Book-Guthaben
Inhaltlicher Fehler	Pro Fehler 20 Euro
Sprachlicher Fehler	Pro Fehler 4 Euro

Ein Beispiel: Wenn Sie einen inhaltlichen Fehler und fünf Rechtschreibfehler in diesem Buch finden, dann haben Sie bei mir 45 Euro gut. Dafür können Sie dann eins meiner selbstverlegten Bücher als E-Book bekommen.

Die selbstverlegten Bücher finden Sie unter *www.IT-Visions.de/Verlag*

Melden Sie die Fehler unter *www.dotnet-doktor.de/Leserfeedback*

Schreiben Sie dabei, welches E-Book Sie wünschen. Das Buch schicke ich Ihnen dann per E-Mail zu.

Tipp: Auch Fehler auf meiner persönlichen Website *www.dotnet-doktor.de* und der Firmenwebsite *www.IT-Visions.de* zählen mit!

Ich freue mich auf Ihre Fehlermeldung!

Holger Schwichtenberg

P.S. Falls Sie Ihre Fehlermeldung sich auf eine Ausgabe des Buchs bezieht, die älter als ein Jahr ist und der Fehler in der aktuellsten Ausgabe schon behoben ist, dann zählt das leider nicht.

6 Programmcodebeispiel zum Download

Die Beispiele zu diesem Buch können Sie als Visual Studio-Projekte herunterladen.

Hinweis: Bitte beachten Sie, dass nicht jede einzelne Zeile Programmcode, die Sie in diesem Buch finden, in den herunterladbaren Projekten enthalten sein kann. Die Projekte bilden funktionierende Lösungen. In diesem Buch werden auch alternative Lösungen für Einzelfälle diskutiert, die nicht unbedingt zu einer Gesamtlösung passen.

6.1 Webadresse für Downloads

Den Download der Beispiele zu diesem Buch finden Sie auf der Leser-Website unter der Webadresse:

www.dotnet-doktor.de/Leser

Dort müssen Sie sich bitte einmalig registrieren. Bei der Registrierung wird ein **Losungswort** abgefragt, das Sie als Käufer dieses Buchs ausweist. Bitte geben Sie dort **Picard** ein.

Durch die Registrierung erhalten Sie dann ein persönliches **Kennwort** per E-Mail zugesendet, das Sie danach immer wieder für die Anmeldung zum Leserportal nutzen können.

Bei Problemen mit der Registrierung nutzen Sie bitte das auf der o.g. Webseite verlinkte FAQ.

6.2 Übersicht über die Beispiele

Die folgende Tabelle zeigt, wo Sie in dem herunterladbaren ZIP-Paket die Beispiele der einzelnen Kapitel des Fachbuchs finden.

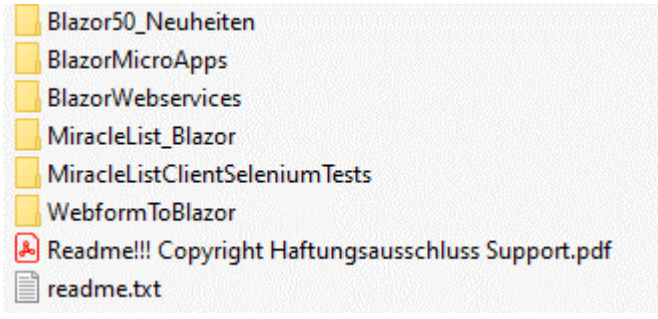


Abbildung: Inhalt des Download-Pakets zu diesem Buch

Es war eine bewusste Entscheidung, in diesem Buch nicht für jedes einzelne Beispiel ein eigenes Blazor-Projekt zu schaffen, sondern die meisten Beispiele in zwei Blazor-Projekte (eins für Blazor WebAssembly und eines für Blazor Server) zu integrieren. Dies hat folgende Vorteile:

- Auf diese Weise sind komplexere, praxisnahe Beispiele möglich.
- Die Aktualisierung der Beispiele auf neue NuGet-Paket-Versionen und API-Änderungen geht schneller (dies ist wichtig in der heutigen Zeit, in der es ständig neue Versionen, auch mit Breaking Changes, gibt).

Ordner	Programmcode aus Kapitel(n)	Hinweise
/src/MiracleList_SSB	Alle	Blazor Server-Beispiele einschließlich der Blazor Server-Implementierung des Fallbeispiels "MiracleList"

/src/MiracleList_CSB	Alle	Blazor WebAssembly-Beispiele einschließlich der Blazor WebAssembly-Implementierung des Fallbeispiels "MiracleList"
/src/MiracleListAPI_Proxy	Fallbeispiel	Generierte Proxy-Klasse für MiracleList-Backend-WebAPI
/src/ITVBlazorRCL	JavaScript-Interoperabilität Razor Class Library Fallbeispiel	Razor Class Library mit Code für JavaScript-Interoperabilität; wird im Fallbeispiel von Blazor Server und Blazor WebAssembly verwendet. Realisiert die vielfach in diesem Buch verwendete Hilfsklasse BlazorUtil.cs mit zugehöriger JavaScript-Datei BlazorUtil.js
/src/MLBlazorRCL	Alle	Diese Razor Class Library stellt gemeinsam genutzte Inhalte (Klassen, Razor Components sowie statische Webelemente wie Grafiken und eine CSS-Datei) für das MiracleList-Fallbeispiel und ergänzende Beispiele aus diesem Buch bereit. Dieses Projekt wird im Fallbeispiel von Blazor Server und Blazor WebAssembly gemeinsam verwendet.
/src/SamplesRCL	Alle	Ergänzende Beispiele aus dem Buch, die nicht in das MiracleList-Szenario fallen. Dieses Projekt wird im Fallbeispiel von Blazor Server und Blazor WebAssembly gemeinsam verwendet. Diese Beispiele sind im Menü "Blazor-Beispiele außerhalb der MiracleList" aufruftbar,
/src/MiracleList_Backend	Fallbeispiel	Backend (ASP.NET Core WebAPI und ASP.NET Razor Pages)
/Blazor60_Neuheiten	Alle	Für neue Funktionen in Blazor 6.0 gibt es derzeit ein eigenes Beispielprojekt NET6BW.csproj mit neuen Funktionen in Blazor 6.0 (z.B. DynamicComponent und ErrorBoundaries).
/BlazorWebservices	Zugriff auf Webservices/Web APIs	Die Projektmappe "BlazorWebservices" umfasst die Implementierung von WebAPIs und Google RPC-Diensten und den Aufruf aus Blazor-WebAssembly. Eigenständiges Beispiel, das die Datenbank der fiktiven Fluggesellschaft World Wide Wings (*www.world-wide-wings.de)* verwendet.
/WebformsToBlazor	Umstieg von Webforms auf Blazor	Eigenständiges Beispiel für den Umstieg von ASP.NET Webforms zu ASP.NET Core Blazor, das die Datenbank der

		fiktiven Fluggesellschaft World Wide Wings (*www.world-wide-wings.de*) verwendet.
/BlazorMicroApps	Integration von Blazor-Apps in eine Webforms-Anwendung	Eigenständiges Beispiel, das keine Datenbank verwendet, sondern auf den Standardprojektvorlagen mit Daten im RAM basiert.

6.3 Eingesetztes CSS-Framework

Alle Beispiele verwenden die CSS-Klassen des CSS-Frameworks Bootstrap [*https://getbootstrap.com*] zur Formatierung. Dies ist natürlich nur eine von vielen Gestaltungsoptionen in Blazor.

6.4 Das Fallbeispiel "MiracleList"

Dieses Kapitel führt in das zentrale Blazor-Fallbeispiel "MiracleList" ein, das an vielen Stellen in diesem Buch verwendet wird.

6.4.1 Szenario

Das Fallbeispiel ist sehr praxisnah, weil das Anwendungsszenario ein Nachbau einer existierenden, sehr erfolgreichen Anwendung ist.

Im Jahr 2015 zahlte Microsoft für die Übernahme des Berliner App-Herstellers Wunderlist mehr als 100 Millionen US-Dollar [*www.heise.de/newsticker/meldung/Microsoft-uebernimmt-Berliner-Startup-6Wunderkinder-2678017.html*].

"MiracleList" ist eine Nachprogrammierung dieser Aufgabenverwaltung als Webanwendung und Cross-Platform-Anwendung. Es gibt drei Implementierungen: eine für Blazor Server, eine für Blazor WebAssembly und eine mit Angular und TypeScript. In diesem Buch werden nur die ersten beiden Varianten besprochen.

Abbildung: Das MiracleList-Logo

Hinweis: Microsoft hat mittlerweile Wunderlist neu implementiert als "Microsoft To-Do". Wunderlist wird am 6. Mai 2020 eingestellt. Das Fallbeispiel MiracleList existiert dessen ungeachtet weiterhin.

6.4.2 Technische Basis für MiracleList

Das MiracleList-Backend ist mit ASP.NET Core realisiert.

Die ursprüngliche Version des MiracleList-Frontends ist mit TypeScript und Angular realisiert. Die zwei in diesem Buch beschriebenen Frontend-Versionen basieren auf Blazor Server und Blazor WebAssembly.

6.4.3 Webadressen

Die fertige Webanwendung läuft öffentlich im Internet in der Microsoft-Cloud "Azure":

- Webanwendung "MiracleList"-Frontend mit Blazor Server und C#:
  https://miraclelist-bs.azurewebsites.net
- Webanwendung "MiracleList"-Frontend mit Blazor WebAssembly und C#:
  https://miraclelist-bw.azurewebsites.net
- Frontend mit Angular und TypeScript (Webanwendung und Cross-Platform-Desktop-Clients für Windows, Linux und macOS):
  https://miraclelist.azurewebsites.net
- Backend mit ASP.NET Core für Blazor WebAssembly- und Angular-Clients:
  https://miraclelistbackend.azurewebsites.net

6.4.4 Projektmappenaufbau

Die MiracleList-Projektmappe (MiracleList.sln) besteht aus zahlreichen Projekten, die logisch in fünf Ordnern sortiert sind:

- **Backend**: Alle Projekte für das MiracleList-Backend
- **Blazor-Frontends**: Die Blazor WebAssembly- und Blazor Server-Implementierung des Frontends mit Hilfsbibliotheken
- **Solution Items**: Hilfsskript für DevOps-Prozesse
- **Tests**: Unit Tests und Integrationstests
- **Tools**: Hilfsprojekte für das Anlegen der Datenbank im DevOps-Prozess und ein Diagramm der Geschäftsobjektklassen

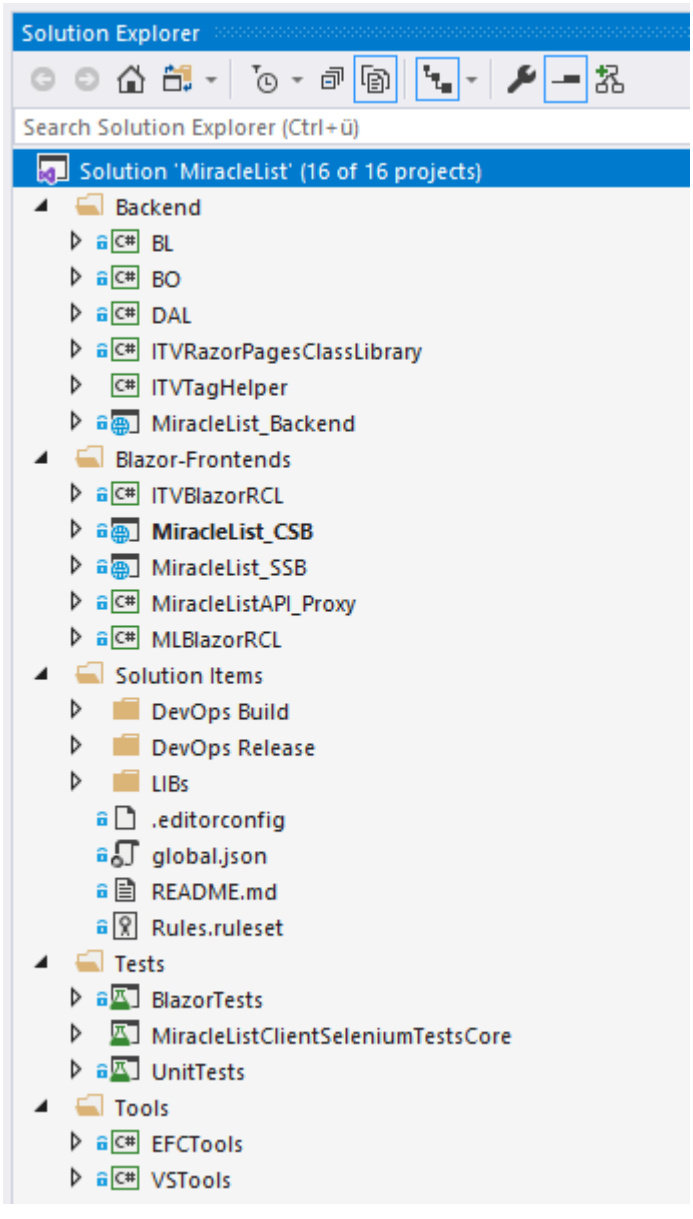


Abbildung: Aufbau der Projektmappe

6.4.5 MiracleList-Bildschirmmasken

Die Anmeldeseite fragt E-Mail-Adresse und Kennwort. Damit es leicht ist, MiracleList als Demonstrations-Anwendung zu nutzen, ist eine explizite Benutzerregistrierung ausdrücklich nicht vorgesehen. **Wenn es für diese E-Mail-Adresse noch kein Benutzerkonto gibt, wird automatisch ein neues Benutzerkonto angelegt mit einigen Beispielaufgaben.**

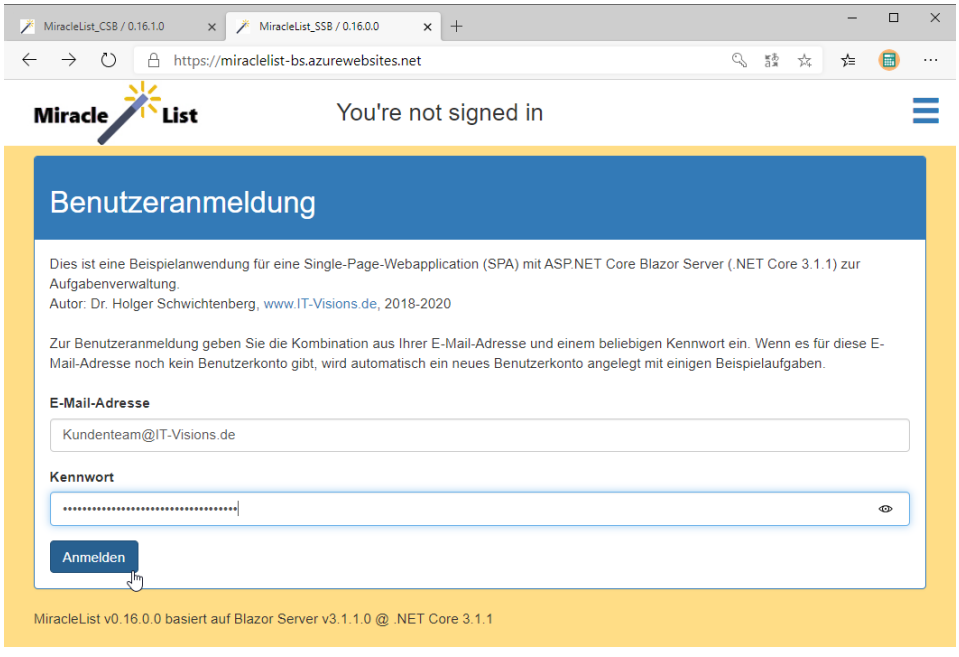


Abbildung: Anmeldeseite bei der Blazor Server-Implementierung des MiracleList-Frontends

Bei der Blazor WebAssembly-Implementierung wird zusätzlich eine Auswahl für den Backend-Server gegeben. Wenn die Blazor WebAssembly-Anwendung in Visual Studio gestartet wird, wird als Backend zusätzlich "localhost" zur Auswahl gestellt, um sich mit einer lokalen Version des Backends, statt dem in Azure gehosteten Backend zu verbinden. Unter der Backend-Server sieht man eine Zeile mit Zustands-Abzeichen ("Badges") für die Server. Ein grünes Abzeichen bedeutet, dass der Server verfügbar ist. Grau bedeutet, der Zustand wird gerade ermittelt. Bei einem roten Abzeichen ist der Server nicht verfügbar.

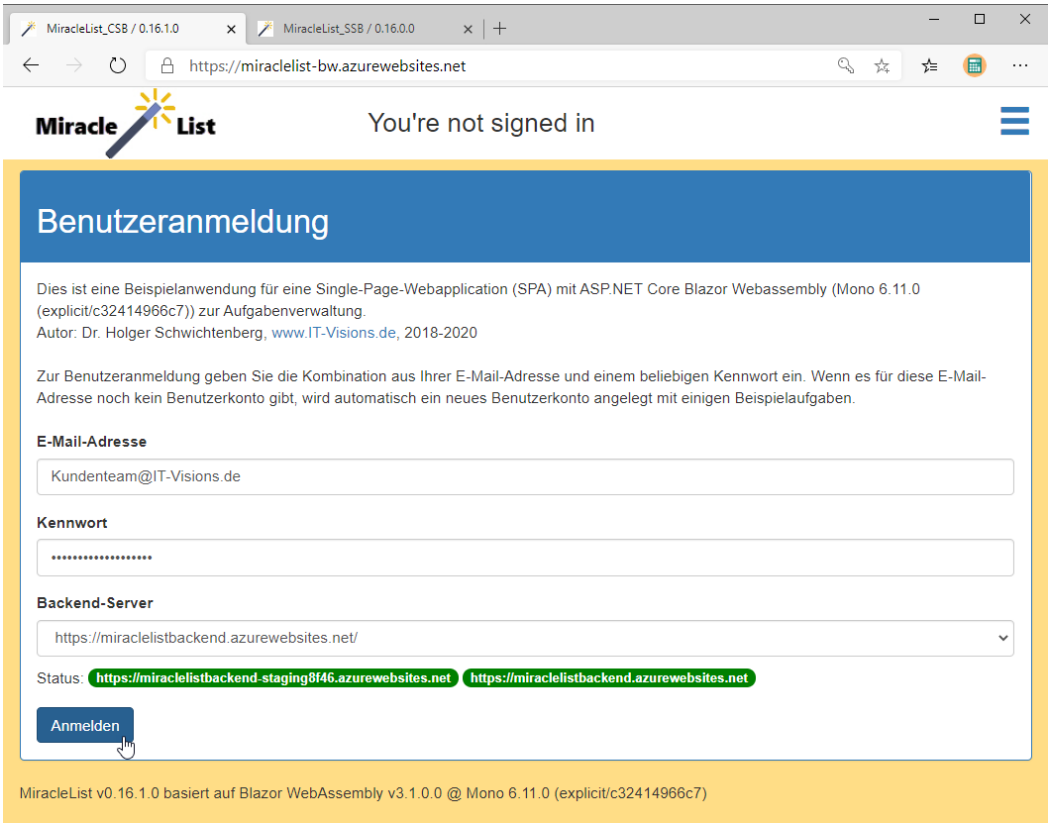


Abbildung: Anmeldeseite bei der Blazor WebAssembly-Implementierung des MiracleList-Frontends

Hinweis: Wenn Sie localhost als Backend-Server nutzen wollen, müssen Sie auf Ihrem Rechner das Backend (Projekt MiracleList_Backend.csproj) zuvor gestartet und auch die Datenbank angelegt haben (siehe dazu Readme.md)! Wenn Sie das Backend auf einem anderen Port laufen lassen, müssen Sie in AppSettings.cs den Port ändern!

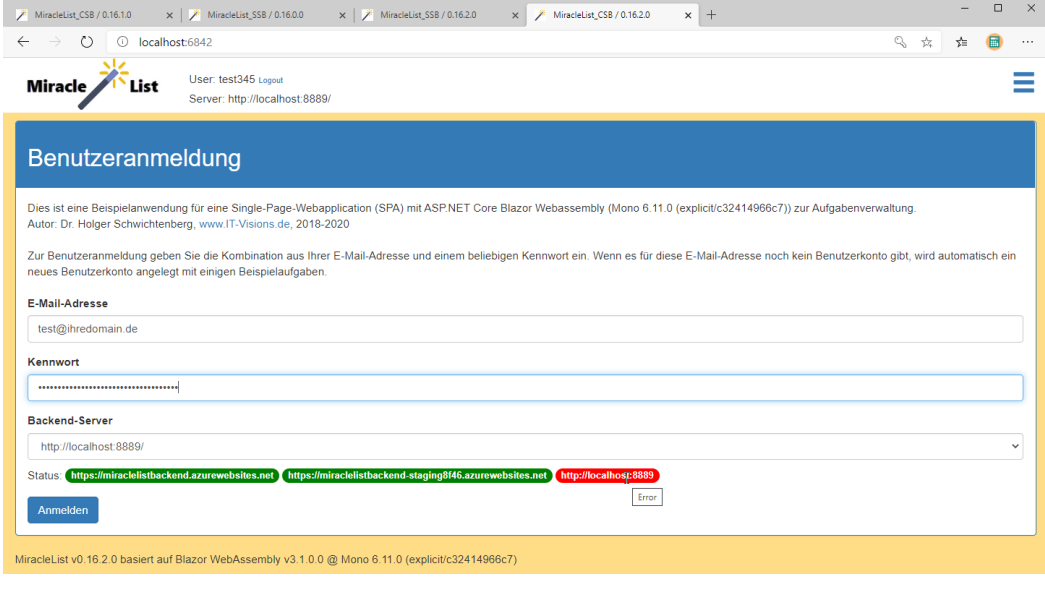


Abbildung: Beim Start der Blazor WebAssembly-Anwendung auf "localhost" wird auch das lokale Backend angeboten

Der angemeldete Benutzer kann eine Liste von Aufgabenkategorien erstellen und in jeder Kategorie eine Liste von Aufgaben anlegen.

Eine Aufgabe besteht aus einem Titel, einer Notiz, einem Eintragsdatum sowie einem Fälligkeitsdatum und kann als erledigt markiert werden. Über die Funktionen von Wunderlist hinaus kann in MiracleList eine Aufgabe drei (A, B oder C), statt nur zwei Wichtigkeitsgrade (Wichtig ja/nein) sowie einen Aufwand (Zahl) besitzen. Bewusst besitzt der Aufwand keine Maßeinheit; der Benutzer kann selbst entscheiden, ob er den Aufwand in Stunden, Tagen oder nur in relativen Werten, wie z.B. "1" (für niedrig) bis "10" (für hoch), vergeben will.

Wie bei Wunderlist kann eine Aufgabe Teilaufgaben besitzen, wobei eine Teilaufgabe nur einen Titel und einen Status besitzt. Einige Details aus dem Original fehlen aber in MiracleList, z.B. das Hochladen von Dateien zu Aufgaben, das Verschieben von Aufgaben zwischen Kategorien, die Suche nach Hashtags, das Duplizieren und Drucken von Listen sowie der Aufgabenaustausch zwischen Benutzern. Einige Funktionen wie anklickbare Hyperlinks in Aufgabentexten sind nicht realisiert, um einen Missbrauch der für alle Nutzer offenen Website zu vermeiden.

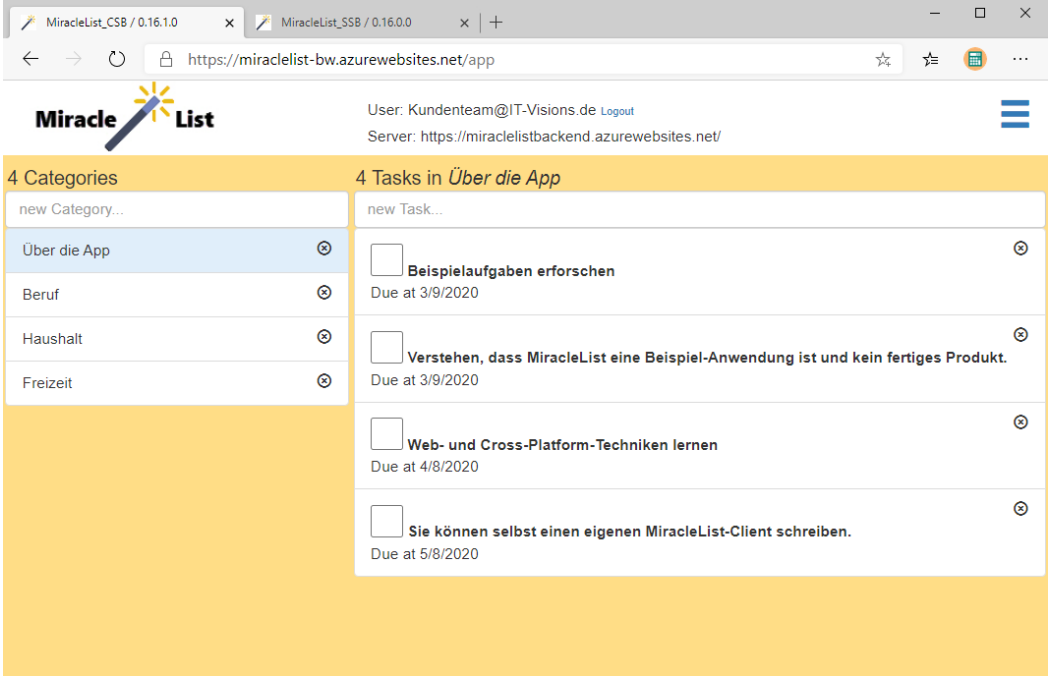


Abbildung: Hauptansicht der MiracleList-Webanwendung

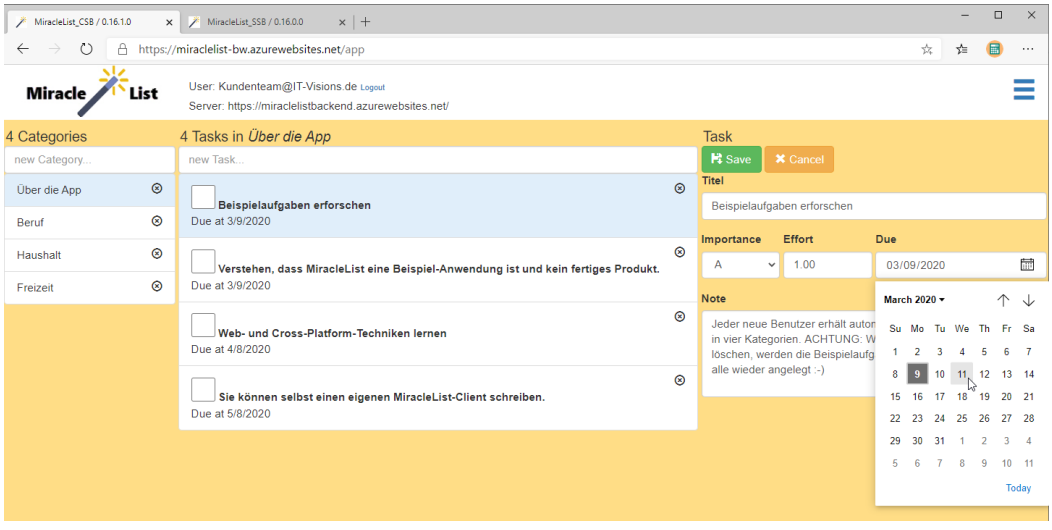


Abbildung: Bearbeitungsansicht der MiracleList-Webanwendung

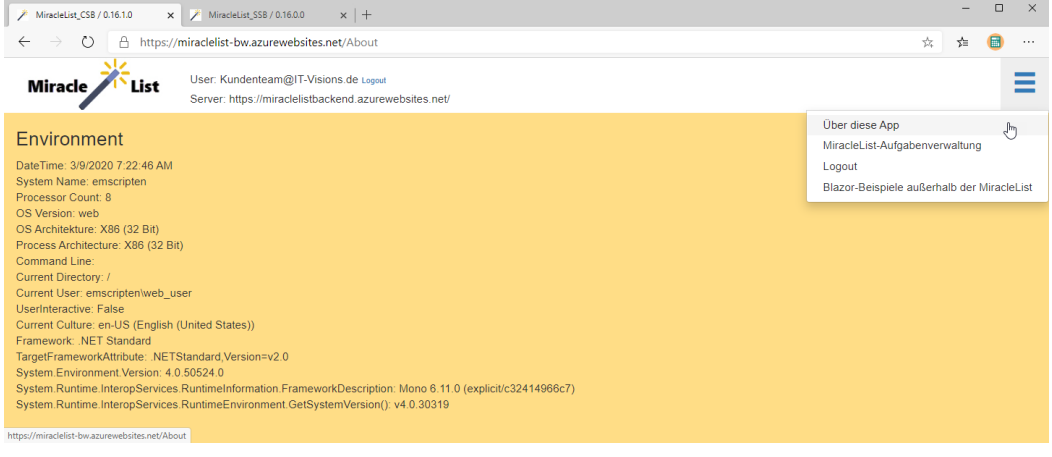


Abbildung: Technische Daten sieht man im Menü "Über diese App"

6.5 Weitere Beispiele innerhalb der MiracleList-Webanwendung

Viele Beispiele in diesem Buch stammen direkt aus dem Anwendungsszenario der Aufgabenverwaltung "MiracleList". Allerdings stammen nicht alle Beispiele dieses Buchs aus dem Szenario der Aufgabenverwaltung selbst. Einige Beispiele greifen nicht auf die Geschäftslogik und die Datenbank von MiracleList zurück. Dies hat zwei Gründe:

- Einige Beispiele passen inhaltlich nicht in das Szenario "MiracleList".
- Aus didaktischen Gründen ist es an einigen Stellen geboten, einfachere Beispiele zu machen.

Alle Beispiele, die nicht Teil der Aufgabenverwaltung sind, finden Sie dennoch in den beiden Blazor-Projekten der MiracleList. Sowohl in der Blazor WebAssembly- als auch der Blazor Server-Variante rufen Sie diese unter der relativen URL /Demos oder den Menüpunkt "Blazor-Beispiele außerhalb der MiracleList" auf.

Abbildung: Die Blazor-Beispiele außerhalb der MiracleList sind in das Menü der MiracleList integriert.

Hinweis: Den Quellcode der meisten Beispiele in diesem Buch, deren URL mit "/Demos" beginnt, finden Sie in dem Projekt /src/Samples. Nur einige wenige Beispiele, die spezifisch sind für eine bestimmte Blazor-Variante, finden Sie in den spezifischen Projekten, also /src/MiracleList_CSB/Demos und /src/MiracleList_SSB/Demos.

6.6 Visual Studio 2019

Für die Entwicklung von Blazor-Anwendungen sollten Sie die Microsoft-Entwicklungsumgebung Visual Studio 2019 verwenden in der jeweils aktuellen Update-Version.

Bezugsquelle: *https://visualstudio.microsoft.com/de/vs*

Es gibt Visual Studio 2019 in drei Varianten: Community, Professional und Enterprise. Für die Entwicklung von Blazor-Anwendungen ist (für Einzelpersonen und Organisation bis fünf Entwickler) die kostenfreie Community-Variante ausreichend. Einige fortgeschrittene Werkzeugfunktionen (z.B. einige Analyse- und Testfunktionen wie IntelliTrace, Live Unit Testing und Code Coverage) erhalten Sie nur mit der Enterprise-Version. Einen Vergleich der Fähigkeiten der Versionen finden Sie unter:

https://visualstudio.microsoft.com/de/vs/compare

Unterstützte Features	Visual Studio Community Kostenloser Download	Visual Studio Professional Kaufen	Visual Studio Enterprise Kaufen
⊕ Unterstützte Nutzungsszenarien	●●●○	●●●●	●●●●
Unterstützung für Entwicklungsplattformen [2]	●●●●	●●●●	●●●●
⊕ Integrierte Entwicklungsumgebung	●●●○	●●●○	●●●●
⊕ Erweitertes Debuggen und Diagnose	●●○○	●●○○	●●●●
⊖ Testtools	●○○○	●○○○	●●●●
Live Unit Testing			●
IntelliTest			●
Microsoft Fakes (Isolation von Komponententests)			●
Code Coverage			●
Komponententests	●	●	●

Abbildung: Ausschnitt aus dem Vergleich der Visual Studio-Varianten

Die aktuellen Preise finden Sie unter *https://visualstudio.microsoft.com/de/vs/pricing*.

Tipp: Kostenfrei können Sie die jeweils aktuelle Preview-Version verwenden, die es hier gibt: *https://visualstudio.microsoft.com/de/vs/preview*. Diese ist aber jeweils in einigen Punkten noch nicht ausgereift und der Einsatz für die professionelle Softwareentwicklung daher nicht empfohlen.

Man kann eine stabile Version und eine Preview-Version parallel auf einem Windows-System installieren.

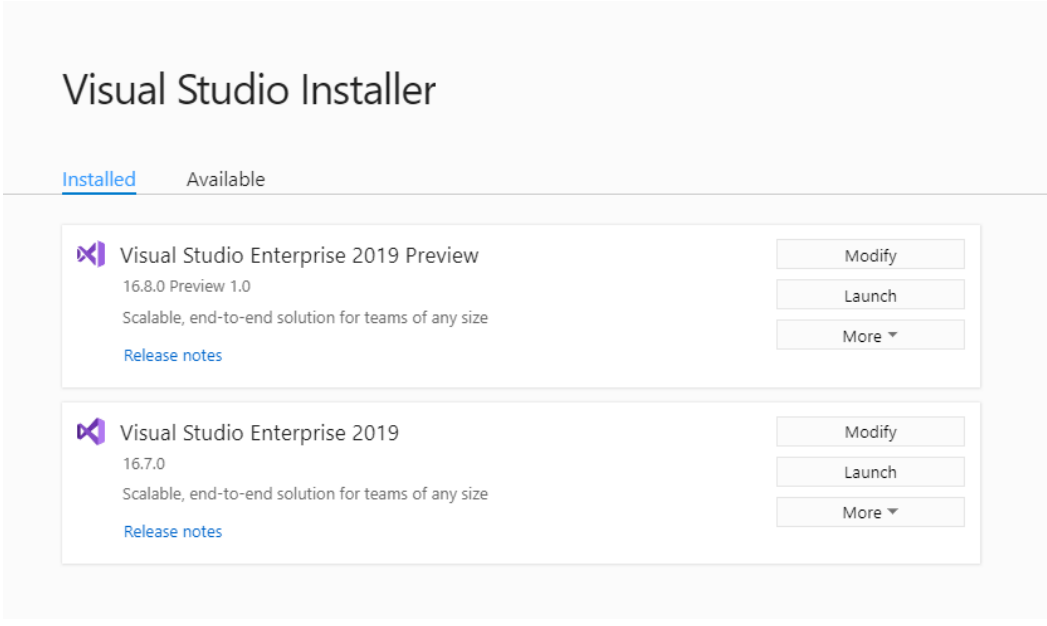


Abbildung: Parallelinstallation der stabilen Version 16.7 und der Preview 1 von 16.8

Hinweis: Visual Studio 2019 entspricht der Version 16. Seit einigen Jahren aktualisiert Microsoft die Entwicklungsumgebung im Abstand von wenigen Wochen und vergibt dafür neue Nummern an der zweiten Stelle: 16.1, 16.2, 16.3 usw.

Für die Softwareentwicklung mit Blazor müssen Sie den Workload "ASP.NET and web development" installieren.

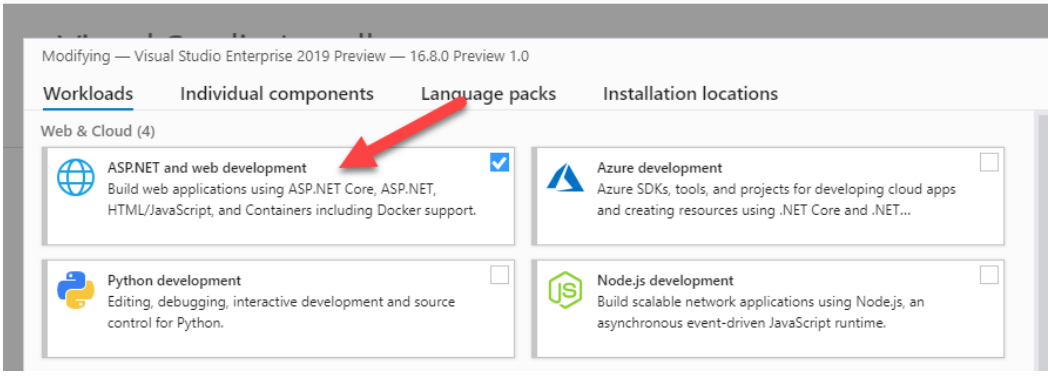


Abbildung: Notwendige Workloads für ASP.NET Core Blazor

Praxistipp: Verwenden Sie die englische Version von Visual Studio, nicht die deutsche Übersetzung. Diese hat einige Übersetzungsschwächen. Zudem ist das "googeln" nach Hilfe im Internet eingeschränkt, wenn Sie nach deutschen Begriffen suchen, weil sie die genaue englische Bezeichnung nicht kennen.

6.7 .NET SDK

Ein typisches Problem, das Sie nicht nur mit den Programmcodebeispielen in diesem Buch, sondern auch mit Ihren Projekten in der Praxis haben können, ist das Fehlen der notwendigen Installation

des .NET (Core) Software Development Kits auf Ihrem Entwicklungssystem. Dann kann Visual Studio die Projekte nicht laden, siehe folgende Abbildung.

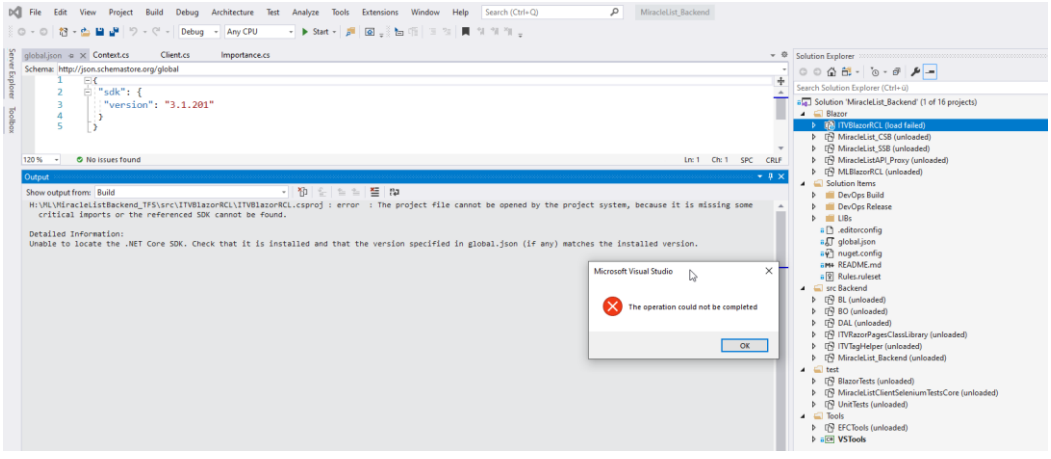


Abbildung: Die notwendige SDK-Version fehlt

Es gibt grundsätzlich zwei Verfahren, wie die .NET SDK-Version gewählt wird:

- Im Standard wird die aktuellste .NET SDK-Version verwendet (einschließlich Preview-Versionen). Dies kann zu unerwünschten Effekten beim Kompilieren führen, z.B. aufgrund von Veränderungen (Breaking Changes) in neueren SDK-Versionen.
- Wenn es eine Datei global.json im Projektunterordner gibt, wird die dort festgelegte SDK-Version für diesen Ordner und alle Unterordner verwendet.

Hinweis: Der Einsatz einer global.json-Datei ist empfohlen. Sie erhalten z.B. in Azure DevOps folgenden Hinweis: "Unless you have locked down a SDK version for your project(s), a newer SDK might be picked up which might have breaking behavior as compared to previous versions."

Wenn Visual Studio die in der global.json festgelegte .NET SDK-Version nicht finden kann, haben Sie zwei Optionen:

- Installieren Sie die in der global.json-Datei verlangte .NET SDK-Version. Sie bekommen diese kostenfrei unter der Webadresse *https://dotnet.microsoft.com/download*.
- Sie ändern die SDK-Version in der global.json auf eins der bei Ihnen installierten .NET SDKs. Welche SDKs Sie installiert haben, erfahren Sie mit dem Kommandozeilenbefehl `dotnet --list-sdks`

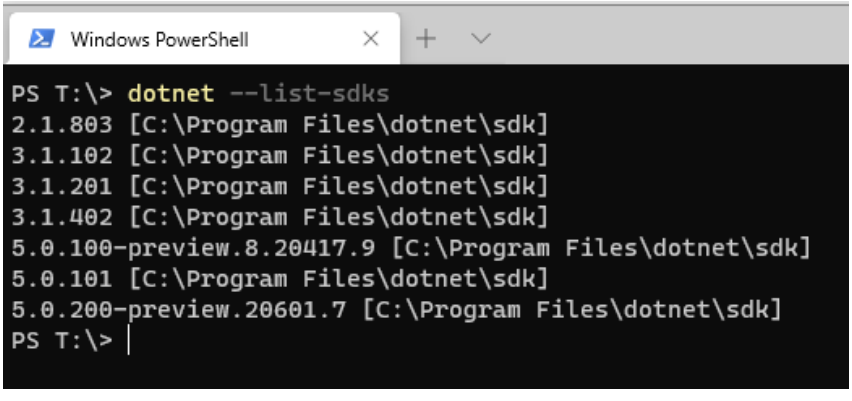


Abbildung: Liste der auf einem System installierten .NET SDKs

Hinweise: Wenn die Eingabeaufforderung den Befehl "dotnet" nicht finden kann, haben Sie gar kein .NET SDK installiert.

Nicht jede .NET SDK-Version ist mit jeder Version von Visual Studio kompatibel.

6.8 Testen Ihrer PC-Konfiguration

In diesem Kapitel wird ein kurzer Test Ihrer Systemkonfiguration durchgeführt mit dem Ziel, festzustellen, ob Ihr System korrekt funktioniert. Es wird ein Blazor WebAssembly-Projekt erstellt.

Ein Projekt startet man mit Verwendung der Projektvorlage "Blazor Server" oder "Blazor WebAssembly" im Dialog "File/New Project" in Visual Studio.

Tipp: Geben Sie im Suchdialog "Blazor" ein, siehe Abbildung.

Wählen Sie hier zum Test "Blazor WebAssembly". Nach der Auswahl des Namens (geben Sie ein "MiracleListBW" für das Projekt und "MiracleList" für die Projektmappe) und des von Ihnen wählbaren Zielpfades (wie immer sollte man einen Dateisystempfad ohne Leerzeichen wählen, das macht die Verwendung von Kommandozeilenwerkzeugen einfacher), kommt ein weiterer Dialog. Hier ist ".NET 5.0", "No Authentication", "Configure for HTTPS" und "Progressive Web App" zu wählen.

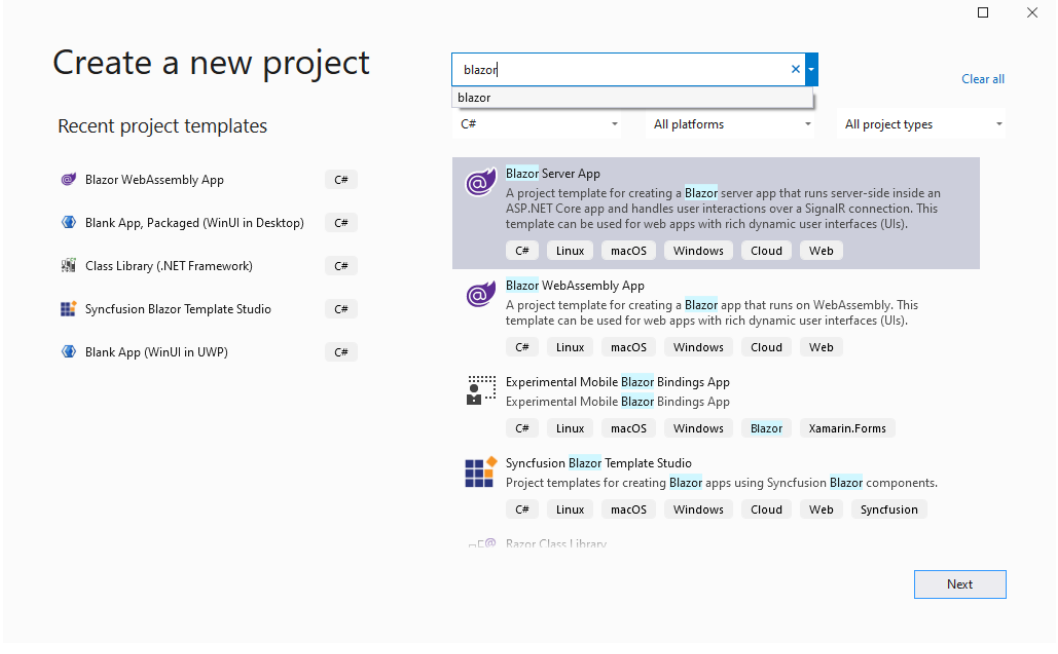


Abbildung: Wahl der Projektvorlage

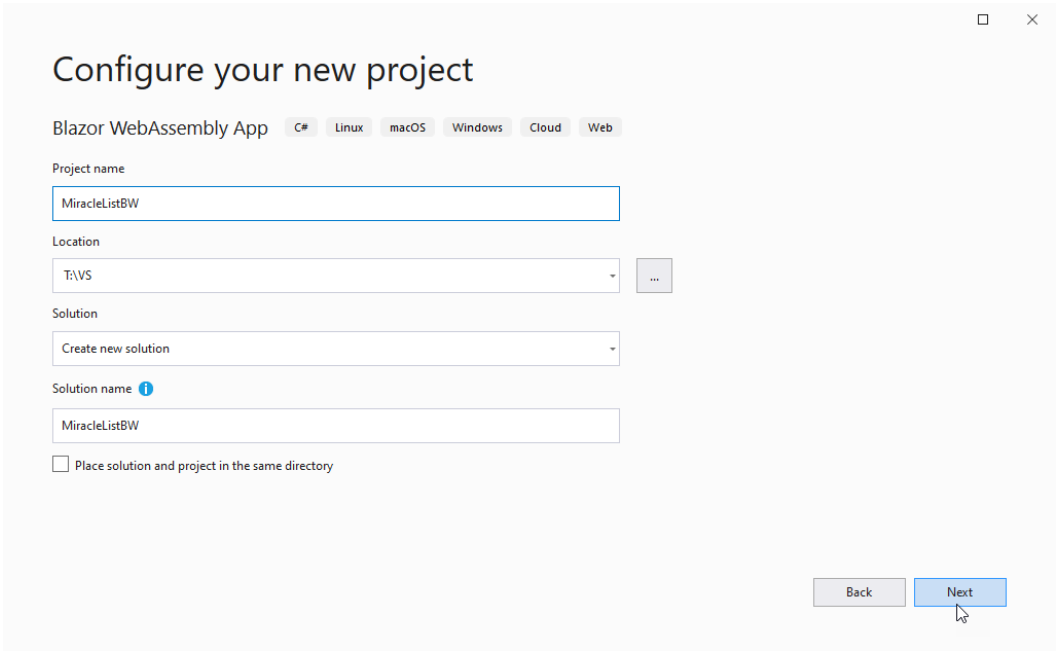


Abbildung: Einstellungen für die neue Blazor WebAssembly-Anwendung

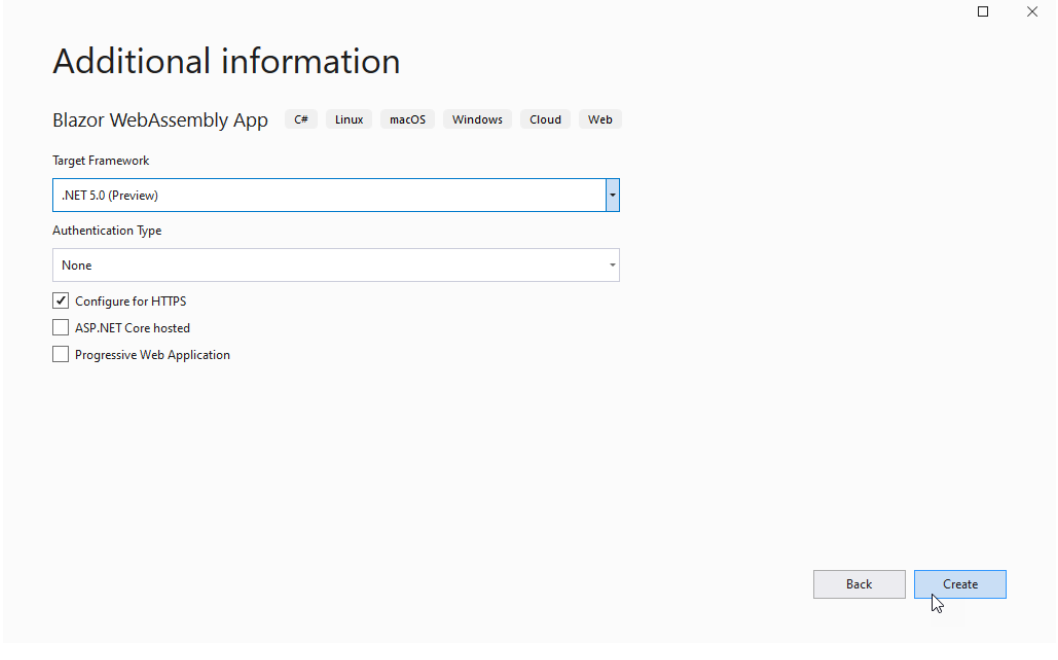


Abbildung: Weitere Einstellungen für die neue Blazor WebAssembly-Anwendung

Nach dem Anlegen des Projekts sehen Sie in Visual Studio eine Projektmappe mit einem Projekt (siehe rechts in der nächsten Abbildung). Darin gibt es einen Ordner "wwwroot" mit CSS- und Grafik-Dateien (u.a. Twitter Bootstrap und Open Iconic) sowie einer statischen index.html. Die Razor Components (.razor-Dateien) der einfachen Beispielanwendung von Microsoft finden Sie unter /Pages und /Shared. Der Startcode der Anwendung liegt in Program.cs und App.Razor.

_Imports.Razor enthält die Einbindungen von Namensräumen mit @using, die für alle Razor Component-Dateien gelten.

Nun sollten Sie die Anwendung übersetzen ("Build/Build Solution") und dann starten, entweder mit "Debug/Start Debugging" (Taste F5) oder "View in Browser" im Kontextmenü des Projekts. Wenn alles auf Ihrem PC korrekt arbeitet, sehen Sie die Webanwendung mit drei Menüpunkten (links in der Abbildung).

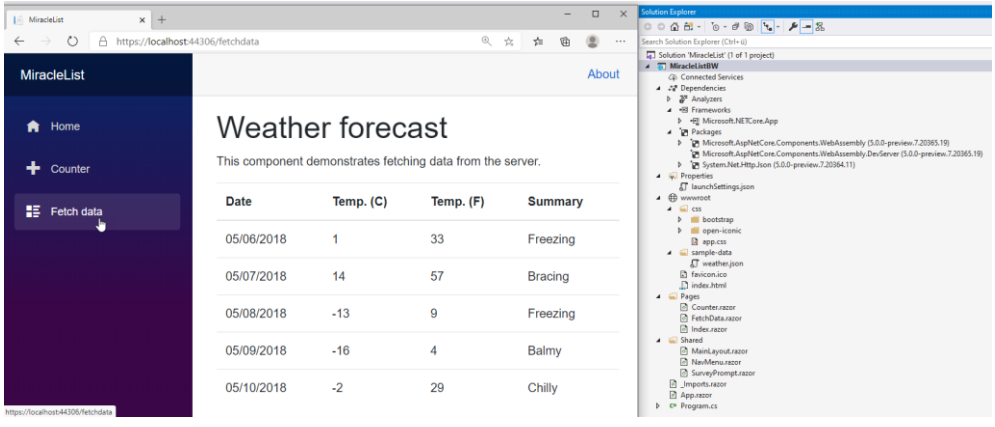


Abbildung: Beispielanwendung von Microsoft

Hinweis: Es gibt leider mannigfaltige Gründe, warum es auf Ihrem System zu einem Fehler kommt, den der Autor dieses Buch nicht hatte. Microsoft hat leider in jeder Version von Visual Studio immer neue Fehler eingebaut. Falls Sie einen Fehler bekommen, recherchieren Sie im Internet oder wenden Sie sich an den Support von Microsoft. Falls Sie Hilfe durch mich als Autor wünschen, nutzen Sie bitte den Support von www.IT-Visions.de [*www.IT-Visions.de/Support*].

6.9 Util.Log()

In den Beispielen in diesem Buch kommt immer wieder der Aufruf Util.Log() zur Ausgabe in das Konsolenfenster des Webbrowsers vor. Dies ist keine vorgefertigte Blazor-Funktion, sondern eine vom Autor dieses Buchs selbstdefinierte Hilfsroutine, die anders als das eingebaute Console.WriteLine() sowohl in Blazor WebAssembly als auch Blazor Server funktioniert. Die Implementierung finden Sie im Kapitel "Tipps & Tricks".

6.10 Qualitätssicherung der Programmcodebeispiele

Ich versichere Ihnen, dass die Programmcodebeispiele auf zwei meiner Entwicklungssysteme kompilierten und liefen, bevor ich sie per Kopieren & Einfügen in das Manuskript zu diesem Buch übernommen habe und auf der Leser-Website zum Download veröffentlicht habe.

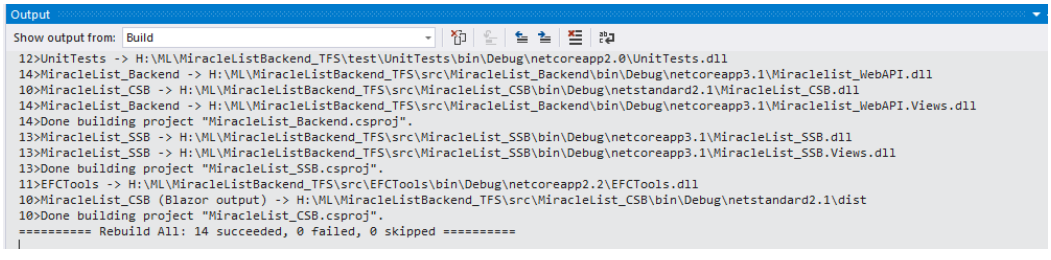


Abbildung: Beweis, dass alle Projekte in Visual Studio fehlerfrei übersetzen

Dennoch gibt es leider Gründe, warum die Beispiele bei Ihnen als Leser dieses Fachbuchs nicht laufen:

- Eine abweichende Systemkonfiguration (in der heutigen komplexen Welt der vielen Varianten und Versionen von Betriebssystemen und Anwendungen nicht unwahrscheinlich). Es ist einem Autor nicht möglich, alle Konfigurationen durchzutesten.
- Änderungen, die sich seit der Erstellung der Beispiele ergeben haben (von den vielen Breaking Changes, die ASP.NET Core immer wieder durch Microsoft erhält, können auch Beispiele betroffen sein, was nicht immer leicht zu entdecken ist).
- Schließlich sind auch menschliche Fehler des Autors möglich. Bitte bedenken Sie, dass das Fachbuchschreiben – wie im Vorwort erwähnt – nur ein Hobby ist. Es gibt nur sehr wenige Menschen in Deutschland, die hauptberuflich als Fachbuchautor arbeiten und so professionell Programmcodebeispiele erstellen und testen können wie kommerziellen (bezahlten) Programmcode.

Falls dennoch Beispiele bei Ihnen nicht laufen, kontaktieren Sie mich bitte unter

www.dotnet-doktor.de/Leserfeedback

mit einer sehr genauen Fehlerbeschreibung und Ihrer genauen Systemkonfiguration. Ich bemühe mich, Ihnen binnen zwei Wochen zu antworten. Im Einzelfall kann es wegen dienstlicher oder privater Abwesenheit aber auch länger dauern.

7 Was ist ASP.NET Core Blazor?

ASP.NET Core Blazor (kurz: Blazor) ist ein Webentwicklungsframework von Microsoft zur Entwicklung von Single-Page-Web-Applications (SPAs).

7.1 Blazor-Arten

Es gibt derzeit zwei Arten von Blazor mit verschiedenen Softwarearchitekturmodellen:

- **Blazor WebAssembly** (alias: Client-Side Blazor): Hier läuft der .NET-Programmcode und das HTML-Rendering im Webbrowser in dessen WebAssembly-Laufzeitumgebung. Eine von Microsoft entwickelte JavaScript-Bibliothek kommt hier dennoch auch zum Einsatz, um zwischen der WebAssembly-VM des Browsers und dem Document Object Model des Webbrowsers (DOM) zu synchronisieren, denn die WebAssembly-VM des Browsers hat laut W3C-Standard keinen Zugriff auf dessen DOM. Konkret bedeutet dies: Jedes Ereignis im Browser sendet die JavaScript-Bibliothek an die Blazor WebAssembly-Anwendung. Diese kann auf Ereignisse mit der Ausführung von C#-Code oder sogenannten Razor-Templates (mit Platzhaltern in der Syntax @xy) reagieren. C#-Code und Templates manipulieren aber mangels Zugang nicht das echte DOM, sondern eine Kopie davon innerhalb der WebAssembly-VM, die "Virtual DOM" genannt wird. Der vordefinierte Code von Microsoft synchronisiert die Änderungen auf das echte DOM und ändert so die sichtbare Oberfläche im Webbrowser.
- **Blazor Server** (alias: Server-Side Blazor): Hier läuft der .NET-Programmcode auf dem Webserver. Eine JavaScript-Bibliothek agiert im Browser als Gegenpart. Auch hier gibt es ein Virtual DOM, das aber auf dem Webserver liegt. Die Synchronisierung zwischen DOM im Webbrowser und Virtual DOM auf dem Webserver erfolgt hier in einzelnen Datenpaketen mit ASP.NET Core SignalR via Netzwerk über eine kontinuierliche Websocket-Verbindung. Dafür kommt ein kompaktes Synchronisierungsverfahren zum Einsatz. Wie bei Blazor WebAssembly aktualisiert auch bei Blazor Server die JavaScript-Bibliothek die Oberfläche und sendet Ereignisse zurück an Blazor (in diesem Fall über das Netzwerk).

Hinweis: Manche Entwickler denken, "Blazor Server" wäre der Server zu einer Blazor WebAssembly-Anwendung. Dies ist falsch. Blazor Server ist ein eigenes Softwarearchitekturmodell für die Entwicklung von Single-Page-Web-Applications.

Den wesentlichen Unterschied zwischen beiden Architekturmodellen veranschaulicht die nachstehende Abbildung von Microsoft: Während bei Blazor Server der .NET-Programmcode auf dem Server läuft und eine kontinuierliche Netzwerkübertragung aller Ereignisse und DOM-Änderungen zwischen Webserver und Webbrowser stattfindet, läuft bei Blazor WebAssembly der .NET-Code im Webbrowser. Details zu den Unterschiedenen beider Modelle werden Sie in weiteren Unterkapiteln erfahren.