

# Clean Architecture Implementation Steps

Komplettanleitung

190 Implementierungs-Schritte

7 Phasen

Domain → Application → Infrastructure → API → Tests

Template-Basis: Sensor/Measurement  
Ziel-Implementierung: Library Management (Author/Book/Loan)

Stand: 2025-11-19

# Inhaltsverzeichnis

<b>Hinweise</b>	<b>2</b>
<b>1 Phase 1: Domain Layer (Entitäten &amp; Geschäftslogik)</b>	<b>2</b>
1.1 Entities - „1“-Seite zuerst (z.B. Author) . . . . .	2
1.2 Entities - „n“-Seite (z.B. Book) . . . . .	2
1.3 Entities - Weitere „n“-Seite (z.B. Loan) . . . . .	2
1.4 Domain Specifications - „1“-Seite . . . . .	2
1.5 Domain Specifications - „n“-Seiten . . . . .	2
1.6 Domain Contracts (Interfaces) . . . . .	3
<b>2 Phase 2: Application Layer (Use Cases)</b>	<b>3</b>
2.1 DTOs (Data Transfer Objects) . . . . .	3
2.2 Application Interfaces . . . . .	3
2.3 Commands & Command Handlers - Create . . . . .	3
2.4 Commands & Command Handlers - Update . . . . .	3
2.5 Commands & Command Handlers - Delete . . . . .	3
2.6 Commands - Spezielle Operationen . . . . .	3
2.7 Queries & Query Handlers - GetById . . . . .	3
2.8 Queries & Query Handlers - GetAll . . . . .	4
2.9 Queries - Spezielle Abfragen . . . . .	4
2.10 Mapster Configuration . . . . .	4
2.11 Application Dependency Injection . . . . .	4
<b>3 Phase 3: Infrastructure Layer (Datenzugriff)</b>	<b>4</b>
3.1 Persistence - ApplicationDbContext . . . . .	4
3.2 Repositories - Generic Repository . . . . .	4
3.3 Repositories - Spezifische Repositories . . . . .	4
3.4 Unit of Work . . . . .	4
3.5 Services - Uniqueness Checker . . . . .	5
3.6 StartupDataSeeder . . . . .	5
3.7 StartupDataSeederOptions . . . . .	5
3.8 Infrastructure Dependency Injection . . . . .	5
<b>4 Phase 4: API Layer (REST-Schnittstelle)</b>	<b>5</b>
4.1 Result Extensions . . . . .	5
4.2 Controllers - „1“-Seite . . . . .	5
4.3 Controllers - „n“-Seiten . . . . .	5
4.4 Program.cs . . . . .	5
4.5 appsettings.json . . . . .	6
4.6 Seed-Daten . . . . .	6
<b>5 Phase 5: Datenbank-Migration</b>	<b>6</b>
<b>6 Phase 6: Tests (Domain &amp; Integration)</b>	<b>6</b>
6.1 Domain Tests . . . . .	6
6.2 API Integration Tests - Setup . . . . .	6
6.3 API Integration Tests - Endpoints . . . . .	6
<b>7 Phase 7: Finale Prüfungen</b>	<b>7</b>
<b>8 Bonus: Optimierungen &amp; Best Practices</b>	<b>7</b>
<b>9 Hilfreiche IDE-Shortcuts (Visual Studio)</b>	<b>7</b>
<b>10 Typische Fehlerquellen &amp; Lösungen</b>	<b>7</b>

## Hinweise

### Wichtige Grundregeln

- **1:n-Beziehungen:** Immer zuerst die „1“-Seite implementieren, dann die „n“-Seite
- **IDE-Features nutzen:** `Strg+.` für „Generate Method“, „Implement Interface“, „Add using“, etc.
- **Copy-Paste-Pattern:** Template kopieren, anpassen, generieren lassen

## 1 Phase 1: Domain Layer (Entitäten & Geschäftslogik)

### 1.1 Entities - „1“-Seite zuerst (z.B. Author)

1. Domain/Entities/Author.cs erstellen, von BaseEntity erben
2. Private Properties definieren (Id von BaseEntity, eigene Properties mit `private set`)
3. Private parameterloser Konstruktor für EF Core: `private Author() {}`
4. Navigation Property zur „n“-Seite: `public ICollection<Book> Books { get; set; } = new List<Book>();`
5. Factory-Methode `CreateAsync()` als `public static async Task<Author>` definieren
6. In Factory: `ArgumentNullException` für Objekt-Parameter werfen
7. In Factory: String-Parameter trimmen: `var trimmed = (param ?? string.Empty).Trim();`
8. In Factory: Interne Validierung aufrufen: `ValidateAuthorProperties(...)`
9. In Factory: Externe Validierung (Uniqueness): `await AuthorSpecifications.ValidateAuthorExternal(...)`
10. In Factory: Neue Instanz mit private Konstruktor zurückgeben
11. Update-Methode `UpdateAsync()` analog zu Factory (ohne new, Properties direkt setzen)

### 1.2 Entities - „n“-Seite (z.B. Book)

12. Domain/Entities/Book.cs erstellen, von BaseEntity erben
13. Properties analog, aber: `public int AuthorId { get; private set; }` für Fremdschlüssel
14. Navigation Property zur „1“-Seite: `public Author Author { get; set; } = null!;`
15. Bei weiterer „n“-Seite: `public ICollection<Loan> Loans { get; set; } = new List<Loan>();`
16. Factory mit Author-Objekt als Parameter: `CreateAsync(string isbn, Author author, ...)`
17. In Factory: Book und Author verknüpfen, AuthorId NICHT manuell setzen
18. Domain-Methoden für Business-Logik: `DecreaseCopies()`, `IncreaseCopies()`

### 1.3 Entities - Weitere „n“-Seite (z.B. Loan)

19. Domain/Entities/Loan.cs analog zu Book, mit BookId und Book Navigation Property
20. Spezielle Properties: `DateTime? ReturnDate` für optionale Werte
21. Factory-Methode mit Book-Objekt: `Create(Book book, ...)`
22. Business-Methoden: `MarkAsReturned(DateTime)`, `IsOverdue()`

### 1.4 Domain Specifications - „1“-Seite

23. Domain/Specifications/AuthorSpecifications.cs als static class erstellen
24. Konstanten definieren (`MinLength`, `MaxLength`)
25. Einzelne Check-Methoden: `public static DomainValidationResult CheckFirstName(...)`
26. Pattern: Prüfung  $\rightarrow ? \text{ Success(...) } : \text{ Failure(...) }$
27. `ValidateAuthorInternal()`: Liste von Checks, bei Fehler `DomainValidationException`
28. `ValidateAuthorExternal()`: Uniqueness-Check mit `IAuthorUniquenessChecker`

### 1.5 Domain Specifications - „n“-Seiten

29. Domain/Specifications/BookSpecifications.cs analog zu Author
30. Spezielle Checks: ISBN-Format (13 Ziffern), PublicationYear (Bereich)
31. Domain/Specifications/LoanSpecifications.cs: Checks für Dates, BorrowerName
32. Konstante: `public const int StandardLoanDurationDays = 14;`

## 1.6 Domain Contracts (Interfaces)

- 33. Domain/Contracts/IAuthorUniquenessChecker.cs: Task<bool> IsUniqueAsync(...)
- 34. Domain/Contracts/IBookUniquenessChecker.cs: Task<bool> IsUniqueAsync(...)

## 2 Phase 2: Application Layer (Use Cases)

### 2.1 DTOs (Data Transfer Objects)

- 35. Application/Dtos/GetAuthorDto.cs als public readonly record struct
- 36. Application/Dtos/GetBookDto.cs mit string? AuthorName für lesbare Anzeige
- 37. Application/Dtos/GetLoanDto.cs mit string? BookTitle und bool IsOverdue

### 2.2 Application Interfaces

- 38. Application/Interfaces/Repositories/IAuthorRepository.cs von IGenericRepository<Author> erben
- 39. Zusätzliche Query-Methoden: GetAuthorsWithBooksAsync(), GetByFullName(), GetByISBNAsync()
- 40. Application/Interfaces/Repositories/IBookRepository.cs analog
- 41. Application/Interfaces/Repositories/ILoanRepository.cs: GetLoansByBookIdAsync(), GetOverdueLoansAsync()
- 42. Application/Interfaces/IUnitOfWork.cs erweitern: Properties für alle Repositories

### 2.3 Commands & Command Handlers - Create

- 43. Folder: Application/Features/Authors/Commands/CreateAuthor/
- 44. CreateAuthorCommand.cs: record struct (...) : IRequest<Result<GetAuthorDto>>
- 45. CreateAuthorCommandValidator.cs: Von AbstractValidator<> erben, Rules im Konstruktor
- 46. CreateAuthorCommandHandler.cs: IRequestHandler<> implementieren (Strg+.)
- 47. Handler-Konstruktor: IUnitOfWork, IAuthorUniquenessChecker injizieren
- 48. Handle-Methode: Factory aufrufen, AddAsync(), SaveChangesAsync(), DTO mappen, Result.Created()
- 49. Analog für Book: CreateBookCommand, Validator, Handler (Author laden!)
- 50. Analog für Loan: CreateLoanCommand, Handler (Book laden, DecreaseCopies())

### 2.4 Commands & Command Handlers - Update

- 51. UpdateAuthorCommand.cs mit int Id als ersten Parameter
- 52. UpdateAuthorCommandValidator.cs mit Id > 0 Regel
- 53. UpdateAuthorCommandHandler.cs: Entity laden, NotFound prüfen, UpdateAsync(), Save
- 54. Analog für Book: UpdateBookCommand, Validator, Handler

### 2.5 Commands & Command Handlers - Delete

- 55. DeleteAuthorCommand.cs: record struct (int Id) : IRequest<Result<bool>>
- 56. DeleteAuthorCommandHandler.cs: Entity laden, Remove(), Save, Result.NoContent()
- 57. Analog für Book: DeleteBookCommand, Handler

### 2.6 Commands - Spezielle Operationen

- 58. ReturnLoanCommand.cs: record struct (int LoanId, DateTime ReturnDate)
- 59. ReturnLoanCommandHandler.cs: Loan laden (mit Book!), MarkAsReturned(), IncreaseCopies()

### 2.7 Queries & Query Handlers - GetById

- 60. Features/Authors/Queries/GetAuthorById/GetAuthorByIdQuery.cs: record struct mit int Id
- 61. GetAuthorByIdQueryHandler.cs: IRequestHandler implementieren, GetByIdAsync(), null-check
- 62. Analog für Book und Loan

## 2.8 Queries & Query Handlers - GetAll

- 63. GetAllAuthorsQuery.cs: record struct ohne Parameter
- 64. GetAllAuthorsQueryHandler.cs: GetAllAsync(), Collection von DTOs mappen
- 65. Analog für Books und Loans

## 2.9 Queries - Spezielle Abfragen

- 66. GetAuthorByIdQuery mit Validator für Id > 0
- 67. GetLoansByBookQuery.cs: Query mit int BookId Parameter
- 68. GetLoansByBookQueryHandler.cs: GetLoansByBookIdAsync(), DTOs mappen
- 69. GetOverdueLoansQuery.cs: Query ohne Parameter
- 70. GetOverdueLoansQueryHandler.cs: GetOverdueLoansAsync()

## 2.10 Mapster Configuration

- 71. Application/Common/Mappings/AuthorMappingConfig.cs: Static class, ConfigureAuthorMappings()
- 72. In Methode: TypeAdapterConfig<Author, GetAuthorDto>.NewConfig()
- 73. BookMappingConfig.cs: .Map(dest => dest.AuthorName, src => ...)
- 74. LoanMappingConfig.cs: .Map(dest => dest.IsOverdue, src => src.IsOverdue())

## 2.11 Application Dependency Injection

- 75. In Application/DependencyInjection.cs: MediatR registrieren
- 76. FluentValidation: services.AddValidatorsFromAssembly(...)
- 77. ValidationBehavior: services.AddTransient(typeof(IPipelineBehavior<,>), ...)
- 78. Mapster-Configs aufrufen: AuthorMappingConfig.ConfigureAuthorMappings();

# 3 Phase 3: Infrastructure Layer (Datenzugriff)

## 3.1 Persistence - ApplicationDbContext

- 79. Infrastructure/Persistence/AppDbContext.cs: DbSet-Properties hinzufügen
- 80. DbSets für alle Entities: Authors, Books, Loans
- 81. In OnModelCreating(): Fluent-API für Author (MaxLength, Required, Unique, RowVersion)
- 82. Fluent-API für Book: ISBN unique, Beziehung zu Author mit HasMany().WithOne().HasForeignKey()
- 83. Fluent-API für Loan: Beziehung zu Book konfigurieren
- 84. OnDelete-Verhalten: Cascade, Restrict, etc.

## 3.2 Repositories - Generic Repository

- 85. Infrastructure/Persistence/Repositories/GenericRepository.cs prüfen/anpassen

## 3.3 Repositories - Spezifische Repositories

- 86. Repositories/AuthorRepository.cs: Von GenericRepository<Author> und IAuthorRepository
- 87. Konstruktor: public AuthorRepository(AppDbContext ctx) : base(ctx) {}
- 88. Spezielle Methoden: GetAuthorsWithBooksAsync() mit .Include(a => a.Books)
- 89. GetByFullName(): .FirstOrDefaultAsync(a => (a.FirstName + + a.LastName) == fullName)
- 90. GetByISBNAsync(): .Include(a => a.Books).FirstOrDefaultAsync(a => a.Books.Any(...))
- 91. Repositories/BookRepository.cs analog
- 92. BookRepository: GetByIdAsync() und GetAllAsync() override für .Include(b => b.Author)
- 93. Repositories/LoanRepository.cs: GetLoansByBookIdAsync(), alle mit .Include(l => l.Book)

## 3.4 Unit of Work

- 94. Infrastructure/Persistence/UnitOfWork.cs: Properties für alle Repositories
- 95. Lazy Initialization: private IAuthorRepository? \_authors; public IAuthorRepository Authors => ...
- 96. Analog für Books und Loans

### 3.5 Services - Uniqueness Checker

- 97. `Services/AuthorUniquenessChecker.cs`: `IAuthorUniquenessChecker` implementieren (Strg+.)
- 98. Konstruktor: `AppDbContext` injizieren
- 99. `IsUniqueAsync()`: Datenbank-Query ob Author existiert (außer eigene Id)
- 100. `Services/BookUniquenessChecker.cs` analog für ISBN-Prüfung

### 3.6 StartupDataSeeder

- 101. `Services/StartupDataSeeder.cs`: `IHostedService` implementieren
- 102. Nested class `SeedDataUniquenessChecker` mit explicit interface implementation
- 103. `StartAsync()`: CSV einlesen, Entities mit Factory-Methoden erstellen
- 104. Beziehungen auflösen (Author zu Book über ID-Mapping)
- 105. Alle Entities hinzufügen, EINMAL `SaveChangesAsync()`

### 3.7 StartupDataSeederOptions

- 106. `Services/StartupDataSeederOptions.cs`: Class mit `public string CsvPath { get; set; }`

### 3.8 Infrastructure Dependency Injection

- 107. `Infrastructure/DependencyInjection.cs`: `DbContext` mit SQL Server registrieren
- 108. Repository-Registrierungen: `services.AddScoped<IAuthorRepository, AuthorRepository>()`;
- 109. `UnitOfWork`: `services.AddScoped<IUnitOfWork, UnitOfWork>()`;
- 110. Uniqueness-Checker: `services.AddScoped<IAuthorUniquenessChecker, ...>()`;
- 111. `StartupDataSeeder`: `services.AddHostedService<StartupDataSeeder>()`;
- 112. Options konfigurieren: `services.Configure<StartupDataSeederOptions>(...)`

## 4 Phase 4: API Layer (REST-Schnittstelle)

### 4.1 Result Extensions

- 113. `Api/Extensions/ResultExtensions.cs` prüfen für `.ToActionResult()`

### 4.2 Controllers - „1“-Seite

- 114. `Api/Controllers/AuthorsController.cs`: `[ApiController]`, `[Route(„api/[controller]“)]`
- 115. Konstruktor: `IMediator` mediator per primary constructor injizieren
- 116. `[HttpGet]` `GetAll`: `await mediator.Send(new GetAllAuthorsQuery(), ct)`
- 117. `[HttpGet(„{id:int}“)]` `GetById` mit `ProducesResponseType`-Attributen
- 118. `[HttpPost]` `Create`: Command senden, `result.ToActionResult(this, createdAtAction: ...)`
- 119. `[HttpPut(„{id:int}“)]` `Update`: Id-Prüfung gegen `Command.Id`
- 120. `[HttpDelete(„{id:int}“)]` `Delete`: Command senden
- 121. XML-Kommentare für Swagger

### 4.3 Controllers - „n“-Seiten

- 122. `Api/Controllers/BooksController.cs` analog zu Authors
- 123. `Api/Controllers/LoansController.cs` mit speziellen Endpoints:
- 124. `[HttpPost]` `CreateLoan`
- 125. `[HttpPut(„{id:int}/return“)]` `ReturnLoan` mit `DateTime returnDate` im Body
- 126. `[HttpGet(„book/{bookId:int}“)]` `GetLoansByBook`
- 127. `[HttpGet(„overdue“)]` `GetOverdueLoans`

### 4.4 Program.cs

- 128. `Api/Program.cs`: Builder erstellen, Services registrieren
- 129. `builder.Services.AddApplication();` aufrufen
- 130. `builder.Services.AddInfrastructure(builder.Configuration);` aufrufen

- 131. Swagger konfigurieren mit XML-Kommentaren
- 132. Middleware-Pipeline: UseSwagger, UseSwaggerUI, MapControllers

## 4.5 appsettings.json

- 133. Api/appsettings.json: ConnectionString unter „ConnectionStrings“ hinzufügen
- 134. StartupDataSeeder-Konfiguration: SStartupDataSeeder: { CsvPath: "..."}

## 4.6 Seed-Daten

- 135. Api/Data/library\_seed\_data.csv erstellen mit Spalten für Authors und Books

# 5 Phase 5: Datenbank-Migration

- 136. Terminal öffnen, zu Api-Projekt navigieren
- 137. `dotnet ef migrations add InitialCreate` ausführen
- 138. `dotnet ef database update` ausführen
- 139. Prüfen ob Datenbank erstellt wurde (SQL Server Object Explorer)

# 6 Phase 6: Tests (Domain & Integration)

## 6.1 Domain Tests

- 140. Domain.Tests/AuthorTests.cs: FakeUniquenessChecker-Klassen erstellen
- 141. Tests für Factory-Methode: CreateAsync\_Succeeds\_WithValidData
- 142. Tests für Validierungen mit [Theory] und [InlineData]
- 143. Tests für Duplikat-Erkennung: CreateAsync\_DuplicateFullName\_Throws
- 144. Domain.Tests/BookTests.cs analog
- 145. Domain.Tests/LoanTests.cs: MarkAsReturned\_SetsReturnDate, IsOverdue\_ReturnsTrue
- 146. Domain.Tests/AuthorSpecificationsTests.cs für einzelne Check-Methoden
- 147. Analog für BookSpecifications und LoanSpecifications

## 6.2 API Integration Tests - Setup

- 148. Api.Tests/Utilities/TestWebApplicationFactory.cs: WebApplicationFactory<Program>
- 149. ConfigureWebHost(): InMemory-Database, Repositories manuell registrieren
- 150. db.Database.EnsureCreated() aufrufen

## 6.3 API Integration Tests - Endpoints

- 151. Api.Tests/Books/BooksEndpointTests.cs: IClassFixture<TestWebApplicationFactory<Program>>
- 152. HttpClient \_client im Konstruktor von Factory holen
- 153. Helper-Methode GetFirstAuthorId() um seeded Authors zu finden
- 154. Test: GetAll\_ReturnsOk\_WithBooks - einfacher GET-Test
- 155. Test: Create\_ReturnsCreated\_WithValidData - POST mit Command
- 156. Test: Create\_ReturnsBadRequest\_WithInvalidISBN - Validierungs-Test
- 157. Test: Create\_ReturnsNotFound\_WithNonExistentAuthor - Entity-Not-Found
- 158. Test: GetById\_ReturnsOk\_WhenBookExists - Erst erstellen, dann abrufen
- 159. Test: Update\_ReturnsOk\_WithValidData - PUT-Test
- 160. Test: Update\_ReturnsBadRequest\_WhenIdMismatch - Id-Prüfung
- 161. Test: Delete\_ReturnsNoContent\_WhenBookExists - DELETE-Test
- 162. Test: Create\_ReturnsConflict\_WithDuplicateISBN - Uniqueness-Test
- 163. Api.Tests/Loans/LoansEndpointTests.cs mit allen Loan-Endpunkt-Tests
- 164. Test: CreateLoan\_DecreasesAvailableCopies - Business-Logik testen
- 165. Test: ReturnLoan\_IncreasesAvailableCopies - Business-Logik testen
- 166. Test: GetOverdueLoans\_ReturnsOk\_WithOverdueLoans - Loan mit altem Datum
- 167. Test: GetLoansByBook\_ReturnsOk\_WithLoans - Mehrere Loans abrufen



## 7 Phase 7: Finale Prüfungen

168. Alle Warnings beheben (Strg+. für Quick Fixes)
169. Solution builden: `dotnet build` - muss erfolgreich sein
170. Alle Tests ausführen: `dotnet test` - alle grün
171. API starten: `dotnet run --project Api`
172. Swagger aufrufen: `https://localhost:xxxx/swagger`
173. Alle Endpoints manuell testen: Create → GetAll → GetById → Update → Delete
174. Validierungen testen: Leere Strings, ungültige ISBNs, nicht existierende FKs
175. Business-Logik testen: AvailableCopies ändern sich bei Loan/Return
176. Overdue-Loans abrufen
177. Code-Review: Namenskonventionen, XML-Kommentare, `async/await`
178. Git: Branch erstellen, alle Änderungen committen

## 8 Bonus: Optimierungen & Best Practices

179. Globale Error-Handler-Middleware
180. Logging mit ILogger in Handlers
181. Rate Limiting für API-Endpoints
182. CORS-Policy konfigurieren
183. Health Checks hinzufügen
184. API-Versionierung einführen
185. Pagination für GetAll-Queries (Skip/Take)
186. Soft-Delete statt Hard-Delete
187. Caching-Layer für häufige Queries
188. Background-Jobs für zeitgesteuerte Operationen

## 9 Hilfreiche IDE-Shortcuts (Visual Studio)

### Visual Studio Shortcuts

- **Strg+.** - Quick Actions (Generate Method, Implement Interface, Add using)
- **Strg+R, Strg+R** - Rename (Refactoring)
- **Strg+K, Strg+D** - Format Document
- **Strg+K, Strg+C** - Comment Selection
- **Strg+K, Strg+U** - Uncomment Selection
- **F12** - Go to Definition
- **Strg+F12** - Go to Implementation
- **Shift+F12** - Find All References
- **Strg+T** - Go to All (Suche nach Typen/Files)
- **Strg+,** - Navigate To (Suche innerhalb Solution)

## 10 Typische Fehlerquellen & Lösungen

- **CS0246 (Type not found):** using Statement fehlt → Strg+. „Add using“
- **CS0535 (Interface not implemented):** → Strg+. „Implement Interface“
- **EF Core Migration Fehler:** Falsche ConnectionString oder SQL Server nicht erreichbar
- **Null Reference:** Navigation Properties nicht geladen → `.Include()` verwenden
- **Validation Fehler:** FluentValidation Rules prüfen, DTO-Mapping korrekt?
- **Circular Reference:** DTOs statt Entities in API zurückgeben
- **Foreign Key Constraint:** Entities in korrekter Reihenfolge speichern (1-Seite vor n-Seite)
- **Concurrency Exception:** RowVersion in UpdateAsync prüfen, OptimisticConcurrency in EF



---

## **190 Schritte zum Erfolg**

Template-Basis: Sensor/Measurement

Ziel: Library Management (Author/Book/Loan)

---