dandelon.com
© 2008 AGI-Information Management Consultants
May be used for personal purposes only or by
libraries associated to dandelon.com network.

Physikalische Chemie

Peter W. Atkins

Dritte, korrigierte Auflage

Herausgegeben von
Arno Höpfner

Übersetzt von
Anna Schleitzer und Michael Bär

WILEY-VCH
Weinheim · New York · Chichester · Brisbane · Singapore · Toronto

Inhaltsübersicht

Inhalt

0 Einführung: Überblick und Hintergrund

Teil I: Gleichgewicht

1 Die Eigenschaften der Gase

2 Der Erste Hauptsatz: Grundlagen

3 Der Erste Hauptsatz: Hilfsmittel

4 Der Zweite Hauptsatz: Grundlagen

5 Der Zweite Hauptsatz: Hilfsmittel

6 Physikalische Umwandlungen reiner Stoffe

7 Die Eigenschaften einfacher Mischungen

8 Phasendiagramme

9 Das Chemische Gleichgewicht

10 Elektrochemie im Gleichgewicht

Teil II: Struktur

11 Quantentheorie: Einführung und Grundlagen

12 Quantentheorie: Methoden und Anwendungen

13 Atomstruktur und Atomspektren

14 Molekülstruktur

15 Molekülsymmetrie

16 Spektroskopie 1: Rotations- und Schwingungsübergänge

17 Spektroskopie 2: Elektronenübergänge

18 Spektroskopie 3: Magnetische Resonanz
19 Statistische Thermodynamik: Grundlagen
20 Statistische Thermodynamik: Anwendungen
21 Strukturaufklärung mit Beugungsmethoden
22 Die elektrischen und magnetischen Eigenschaften von Molekülen
23 Makromoleküle

Teil III: Veränderung

24 Die Bewegung von Molekülen
25 Die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen
26 Die Kinetik komplexer Reaktionen
27 Molekulare Reaktionsdynamik
28 Die Eigenschaften von Oberflächen
29 Dynamische Elektrochemie
30 Grundlagen der Thermodynamik irreversibler Prozesse

Weiterführende Informationen
Tabellenanhang
Register

Inhalt

0 Einführung: Überblick und Hintergrund 1

0.1 Grundbegriffe 1
0.2 Gleichgewicht 10
0.3 Struktur 11
0.4 Veränderung 18
0.5 Zusammenfassung 19

Teil I: Gleichgewicht

1 Die Eigenschaften der Gase 23

1.1 Das ideale Gas 23
1.1.1 Die Zustände der Gase 24
1.1.2 Die Gasgesetze 28
1.1.3 Die kinetische Gastheorie 34
1.2 Reale Gase 40
1.2.1 Zwischenmolekulare Wechselwirkungen 40
1.2.2 Die van-der-Waalssche Gleichung 43
1.2.3 Das Prinzip der übereinstimmenden Zustände 46

2 Der Erste Hauptsatz: Grundlagen 53

2.1 Grundbegriffe 53
2.1.1 Arbeit, Wärme und Energie 54
2.1.2 Der Erste Hauptsatz der Thermodynamik 55
2.2 Arbeit und Wärme 60
2.2.1 Volumenarbeit 60
2.2.2 Wärme und Enthalpie 64
2.3 Thermochemie 72
2.3.1 Die Standardenthalpie 73
2.3.2 Bildungsenthalpien 80
2.3.3 Die Temperaturabhängigkeit der Reaktionsenthalpien 84

3 **Der Erste Hauptsatz: Hilfsmittel** 91

3.1 Zustandsfunktionen und totale Differentiale 92
3.1.1 Zustandsfunktionen 92
3.1.2 Die Temperaturabhängigkeit der Enthalpie 97
3.1.3 Der Zusammenhang zwischen C_V und C_p 102
3.2 Adiabatische Volumenarbeit 105
3.2.1 Spezialfälle 105
3.2.2 Die Adiabaten idealer Gase 107

4 **Der Zweite Hauptsatz: Grundlagen** 113

4.1 Die Richtung freiwilliger Prozesse 114
4.1.1 Die Verteilung der Energie 114
4.1.2 Die Entropie 116
4.1.3 Entropieänderungen bei irreversiblen Prozessen 125
4.1.4 Entropieänderungen bei speziellen Prozessen 127
4.1.5 Der Dritte Hauptsatz der Thermodynamik 132
4.2 Der Wirkungsgrad thermischer Prozesse 134
4.2.1 Der Wirkungsgrad von Wärmekraftmaschinen 134
4.2.2 Energetische Aspekte der Kälteerzeugung 136
4.3 Die Beschränkung auf das System 139
4.3.1 Freie Energie und Freie Enthalpie 140
4.3.2 Die molare Freie Standardenthalpie 145

5 **Der Zweite Hauptsatz: Hilfsmittel** 153

5.1 Die Verbindung von Erstem und Zweitem Hauptsatz 153
5.1.1 Eigenschaften der Inneren Energie 154
5.1.2 Eigenschaften der Freien Enthalpie 156
5.2 Das chemische Potential 161
5.2.1 Das chemische Potential eines reinen Stoffes 162
5.2.2 Das chemische Potential einer Mischungskomponente 163
5.2.3 Weitere Bedeutung von μ 164
5.3. Reale Gase: Die Fugazität 165
5.3.1 Standardzustände realer Gase 166
5.3.2 Die Beziehung zwischen Fugazität und Druck 166

6 **Physikalische Umwandlungen reiner Stoffe** . . 173

6.1 Phasendiagramme 174
6.1.1 Phasengrenzlinien 174
6.1.2 Phasendiagramme spezieller Stoffe 176
6.2 Die Stabilität von Phasen: Phasenübergänge 179
6.2.1 Die Abhängigkeit der Stabilität von den Bedingungen 180
6.2.2 Die Lage der Phasengrenzlinien 184
6.2.3 Die Klassifikation der Phasenübergänge nach Ehrenfest . . . 188

7 **Die Eigenschaften einfacher Mischungen** . . . 195

7.1 Die thermodynamische Beschreibung von Mischungen 196
7.1.1 Partielle molare Größen 196
7.1.2 Thermodynamik von Mischphasen 201
7.1.3 Das chemische Potential flüssiger Phasen 203
7.2 Die Eigenschaften von Lösungen 208
7.2.1 Flüssige Mischungen 208
7.2.2 Kolligative Eigenschaften 209
7.3 Aktivitäten 216
7.3.1 Die Aktivität des Lösungsmittels 216
7.3.2 Die Aktivität des gelösten Stoffes 217

8 **Phasendiagramme** 225

8.1 Phasen, Komponenten, Freiheitsgrade 226
8.1.1 Definitionen 226
8.1.2 Die Phasenregel 228
8.2 Zweikomponentensysteme 230
8.2.1 Die Druckabhängigkeit der Zusammensetzung: Dampfdruckdiagramme 231
8.2.2 Die Temperaturabhängigkeit der Zusammensetzung: Siedediagramme 234
8.2.3 Flüssig/Flüssig-Phasendiagramme 236
8.2.4 Flüssig/Fest-Phasendiagramme 239
8.2.5 Ultrareinheit und kontrollierte Verunreinigung 241
8.3 Dreikomponentensysteme 243
8.3.1 Phasendiagramme in Dreieckskoordinaten 243
8.3.2 Begrenzt mischbare Flüssigkeiten 245
8.3.3 Der Einfluß gelöster Salze 246

9 **Das Chemische Gleichgewicht** 255

9.1 Freiwillig ablaufende chemische Reaktionen 256
9.1.1 Das Minimum der Freien Enthalpie 256
9.1.2 Die Zusammensetzung von Reaktionsgemischen im Gleichgewicht 258
9.2 Die Verschiebung des Gleichgewichts bei Änderung der Reaktionsbedingungen 266
9.2.1 Der Einfluß des Druckes auf das Gleichgewicht 266
9.2.2 Der Einfluß der Temperatur auf das Gleichgewicht 268
9.3 Ausgewählte Anwendungen 272
9.3.1 Die Gewinnung von Metallen aus ihren Oxiden 272
9.3.2 Säuren und Basen 274
9.3.3 Biologische Prozesse: Die Thermodynamik des ATP 286

10 **Elektrochemie im Gleichgewicht** 293

10.1 Thermodynamische Eigenschaften von Ionen in Lösung . . . 294
10.1.1 Thermodynamische Bildungsfunktionen 294
10.1.2 Ionenaktivitäten 300
10.2 Elektrochemische Zellen 304
10.2.1 Elektrodenreaktionen und Elektroden 305
10.2.2 Zelltypen 309
10.2.3 Standard-Elektrodenpotentiale 314
10.3 Anwendungen der Standardpotentiale 321
10.3.1 Die elektrochemische Spannungsreihe 321
10.3.2 Löslichkeitskonstanten 322
10.3.3 Messung von pH- und pK-Werten 323
10.3.4 Potentiometrische Titrationen 325
10.3.5 Thermodynamische Funktionen aus der Messung des Zellpotentials 326

Teil II: Struktur

11 **Quantentheorie: Einführung und Grundlagen** 337

11.1 Die Anfänge der Quantenmechanik 338
11.1.1 Das Versagen der klassischen Physik 338
11.1.2 Der Welle-Teilchen-Dualismus 343
11.2 Die Dynamik mikroskopischer Systeme 346
11.2.1 Die Schrödinger-Gleichung 347
11.2.2 Die Wahrscheinlichkeitsinterpretation 349
11.3 Prinzipien der Quantenmechanik 353

11.3.1 Operatoren und Observablen 354
11.3.2 Superpositionen und Erwartungswerte 356

12 Quantentheorie: Methoden und Anwendungen 365

12.1 Translation 366
12.1.1 Das Teilchen im Kasten 366
12.1.2 Bewegung in zwei Dimensionen 371
12.1.3 Der Tunneleffekt 374
12.2 Schwingung 375
12.2.1 Die Energieniveaus 376
12.2.2 Die Wellenfunktionen 376
12.3 Rotation 382
12.3.1 Rotation in zwei Dimensionen 382
12.3.2 Rotation in drei Dimensionen 386
12.3.3 Der Spin 389

13 Atomstruktur und Atomspektren 395

13.1 Struktur und Spektren wasserstoffähnlicher Atome 396
13.1.1 Die Struktur wasserstoffähnlicher Atome 398
13.1.2 Atomorbitale und ihre Energien 401
13.1.3 Spektroskopische Übergänge und Auswahlregeln 409
13.2 Die Struktur von Mehrelektronenatomen 410
13.2.1 Die Orbitalnäherung 411
13.2.2 Selbstkonsistente Orbitale 417
13.3 Die Spektren von Mehrelektronenatomen 418
13.3.1 Singulett- und Triplettzustände 418
13.3.2 Spin-Bahn-Kopplung 419
13.3.3 Termsymbole und Auswahlregeln 422
13.3.4 Der Einfluß magnetischer Felder 427

14 Molekülstruktur 431

14.1 Die Valenzbindungstheorie 432
14.1.1 Das Wasserstoffmolekül 433
14.1.2 Homoatomare zweiatomige Moleküle 435
14.1.3 Vielatomige Moleküle 437
14.2 Die Molekülorbitaltheorie 443
14.2.1 Das Wasserstoffmolekül-Ion 443
14.2.2 Homoatomare zweiatomige Moleküle 448
14.2.3 Die Bezeichnung von Molekülzuständen 454
14.2.4 Heteroatomare zweiatomige Moleküle 456
14.3 Molekülorbitale in vielatomigen Molekülen 461
14.3.1 Walsh-Diagramme 462
14.3.2 Die Hückel-Näherung 464
14.3.3 Die Bändertheorie der Festkörper 469

15 Molekülsymmetrie 479

15.1 Die Symmetrieelemente von Körpern 480
15.1.1 Symmetrieoperationen und Symmetrieelemente 480
15.1.2 Die Klassifikation von Molekülen nach ihrer Symmetrie . . . 481
15.1.3 Konsequenzen der Molekülsymmetrie 484
15.2 Charaktertafeln 485
15.2.1 Charaktertafeln und Symmetriebezeichnungen 485
15.2.2 Symmetrie und Orbitalüberlappung 493
15.2.3 Auswahlregeln und Symmetrie 499

16 **Spektroskopie 1: Rotations- und Schwingungsübergänge** 507

16.1 Allgemeine Merkmale spektroskopischer Methoden 508
16.1.1 Experimentelle Grundlagen 508
16.1.2 Die Intensität von Spektrallinien 513
16.1.3 Die Breite von Spektrallinien 519
16.2 Reine Rotationsspektren 521
16.2.1 Die Energieniveaus der Rotation 523
16.2.2 Rotationsübergänge 528
16.2.3 Raman-Rotationsspektren 531
16.2.4 Kernstatistik 533
16.3 Die Schwingung zweiatomiger Moleküle 535
16.3.1 Molekülschwingungen 535
16.3.2 Auswahlregeln für Schwingungsübergänge 536
16.3.3 Anharmonizität 537
16.3.4 Rotationsschwingungsspektren 539
16.3.5 Raman-Schwingungsspektren zweiatomiger Moleküle 541
16.4 Die Schwingungen vielatomiger Moleküle 542
16.4.1 Normalschwingungen 542
16.4.2 Schwingungsspektren vielatomiger Moleküle 545
16.4.3 Raman-Schwingungsspektren vielatomiger Moleküle 547

17 **Spektroskopie 2: Elektronenübergänge** 557

17.1 Die Eigenschaften elektronischer Übergänge 558
17.1.1 Die Schwingungsstruktur von Elektronenspektren 558
17.1.2 Spezielle Arten von elektronischen Übergängen 561
17.2 Das Schicksal angeregter Zustände 563
17.2.1 Fluoreszenz und Phosphoreszenz 563
17.2.2 Dissoziation und Prädissoziation 565
17.3 Laser 566
17.3.1 Das Laserprinzip 566
17.3.2 Laserbauarten 570
17.3.3 Laseranwendungen in der Chemie 574
17.4 Photoelektronenspektroskopie 578
17.4.1 Die Grundlagen 578
17.4.2 UV-Photoelektronenspektroskopie 580
17.4.3 Röntgen-Photoelektronenspektroskopie 581

18 **Spektroskopie 3: Magnetische Resonanz** . . . 587

18.1 Kernresonanz 588
18.1.1 Die Energien von Kernen in einem Magnetfeld 588
18.1.2 Die chemische Verschiebung 590
18.1.3 Die Feinstruktur des Spektrums 596
18.2 Pulstechniken in der NMR 605
18.2.1 Der Vektor der Magnetisierung 605
18.2.2 Linienbreiten und Reaktionsgeschwindigkeiten 608
18.2.3 Der Kern-Overhauser-Effekt 612
18.2.4 Zweidimensionale Kernresonanz 613
18.2.5 Kernresonanz in Festkörpern 614
18.3 Elektronenspinresonanz 616
18.3.1 Der *g*-Faktor 617
18.3.2 Die Hyperfeinstruktur 618

19 **Statistische Thermodynamik: Grundlagen** . . . 625

19.1 Die Verteilung von Molekülzuständen 626
19.1.1 Verteilungen und Gewichte 627
19.1.2 Die molekulare Zustandssumme 632
19.2 Innere Energie und Entropie 637
19.2.1 Die Innere Energie 637

19.2.2 Die statistische Definition der Entropie 640
19.3 Die kanonische Zustandssumme 642
19.3.1 Die kanonische Gesamtheit 642
19.3.2 Die thermodynamische Information in der Zustandssumme . . 644
19.3.3 Unabhängige Moleküle 645

20 Statistische Thermodynamik: Anwendungen . 653

20.1 Grundlegende Beziehungen 654
20.1.1 Die Berechnung thermodynamischer Funktionen 654
20.1.2 Die molekulare Zustandssumme 656
20.2 Anwendungen der statistischen Thermodynamik 664
20.2.1 Mittlere Energien 665
20.2.2 Wärmekapazitäten 666
20.2.3 Zustandsgleichungen 669
20.2.4 Nullpunktsentropien 671
20.2.5 Gleichgewichtskonstanten 672

21 Strukturaufklärung mit Beugungsmethoden . 681

21.1 Die Struktur von Kristallen 682
21.1.1 Gitter und Elementarzellen 682
21.1.2 Die Identifikation von Gitterebenen 683
21.2 Die Beugung von Röntgenstrahlen 686
21.2.1 Das Braggsche Gesetz 686
21.2.2 Das Pulververfahren 687
21.2.3 Röntgenbeugung an Einkristallen 692
21.3 Die Ergebnisse von Röntgenbeugungsexperimenten 697
21.3.1 Die Struktur der Metalle: Kugelpackungen 698
21.3.2 Ionenkristalle 699
21.3.3 Absolute Konfigurationen 700
21.4 Neutronen- und Elektronenbeugung 702
21.4.1 Neutronenbeugung 703
21.4.2 Elektronenbeugung 703

22 Die elektrischen und magnetischen Eigenschaften von Molekülen 709

22.1 Elektrische Eigenschaften 710
22.1.1 Permanente und induzierte Dipolmomente 710
22.1.2 Der Brechungsindex 717
22.2 Zwischenmolekulare Wechselwirkungen 720
22.2.1 Wechselwirkungen zwischen Dipolen 720
22.2.2 Abstoßende Beiträge: Die Gesamtwechselwirkung 728
22.2.3 Wechselwirkungen in Molekularstrahlen 729
22.3 Magnetische Eigenschaften 731
22.3.1 Die magnetische Suszeptibilität 731
22.3.2 Permanente magnetische Momente 732
22.3.3 Induzierte magnetische Momente 734

23 Makromoleküle 739

23.1 Größe und Form von Makromolekülen 740
23.1.1 Mittlere Molmassen 740
23.1.2 Kolligative Eigenschaften 742
23.1.3 Die Sedimentation 748
23.1.4 Viskosität 753
23.1.5 Lichtstreuung 755
23.2 Konformation und Konfiguration 758
23.2.1 Statistische Knäuel 759
23.2.2 Helix- und Faltblattstrukturen 761
23.2.3 Tertiär- und Quartärstrukturen 763

Teil III: Veränderung

24 Die Bewegung von Molekülen 771

24.1 Die Bewegung von Molekülen in Gasen 771
24.1.1 Stöße mit Wänden und Oberflächen 772
24.1.2 Die Geschwindigkeit der Effusion 773
24.1.3 Der Transport gegen einen Gradienten 775
24.1.4 Die Transporteigenschaften eines idealen Gases 778
24.2 Die Bewegung von Molekülen und Ionen in Flüssigkeiten . . . 783
24.2.1 Die Struktur von Flüssigkeiten 783
24.2.2 Die Bewegung von Molekülen in Flüssigkeiten 786
24.2.3 Die Leitfähigkeit von Elektrolytlösungen 787
24.2.4 Ionenbeweglichkeiten 792
24.2.5 Leitfähigkeit und Ion-Ion-Wechselwirkungen 798
24.3 Diffusion 798
24.3.1 Die thermodynamische Kraft 799
24.3.2 Die Diffusionsgleichung 803
24.3.3 Diffusionswahrscheinlichkeiten 805
24.3.4 Eine statistische Betrachtung der Diffusion 807

25 Die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen . 813

25.1 Empirische Reaktionskinetik 814
25.1.1 Experimentelle Methoden 814
25.1.2 Die Geschwindigkeit von Reaktionen 816
25.1.3 Integrierte Geschwindigkeitsgesetze 821
25.1.4 Reaktionen in der Nähe des Gleichgewichts 825
25.1.5 Die Temperaturabhängigkeit von Reaktionsgeschwindigkeiten . 828
25.2 Theorie der Reaktionskinetik 832
25.2.1 Elementarreaktionen 832
25.2.2 Aufeinanderfolgende Elementarreaktionen 834
25.2.3 Unimolekulare Reaktionen 842

26 Die Kinetik komplexer Reaktionen 849

26.1 Kettenreaktionen 850
26.1.1 Der Verlauf von Kettenreaktionen 850
26.1.2 Explosionen 853
26.1.3 Photochemische Reaktionen 856
26.2 Polymerisationen 858
26.2.1 Kettenpolymerisation 859
26.2.2 Schrittweise Polymerisation 861
26.3 Katalyse und Oszillationen 863
26.3.1 Homogene Katalyse 864
26.3.2 Autokatalyse 865
26.3.3 Oszillierende Reaktionen 866
26.3.4 Chemisches Chaos 869

27 Molekulare Reaktionsdynamik 875

27.1 Reaktive Stöße 876
27.1.1 Die Stoßtheorie 876
27.1.2 Diffusionskontrollierte Reaktionen 881
27.1.3 Die Stoffbilanzgleichung 884
27.2 Die Theorie des aktivierten Komplexes 886
27.2.1 Die Reaktionskoordinate und der Übergangszustand 886
27.2.2 Die Eyring-Gleichung 887
27.2.3 Eine Thermodynamische Betrachtung des aktivierten Komplexes 893
27.3 Die Dynamik molekularer Stöße 896
27.3.1 Reaktive Stöße 896
27.3.2 Potentialhyperflächen 898
27.3.3 Theoretische und experimentelle Ergebnisse 899

28 **Die Eigenschaften von Oberflächen** 907

28.1 Die Eigenschaften flüssiger Oberflächen 908
28.1.1 Oberflächenspannung 908
28.1.2 Gekrümmte Oberflächen 909
28.1.3 Die Kapillarwirkung 911
28.2 Oberflächenaktive Substanzen 913
28.2.1 Der Oberflächenüberschuß 913
28.2.2 Die experimentelle Untersuchung von Oberflächenfilmen . . . 915
28.3 Kolloide 916
28.3.1 Klassifikation und Herstellung von Kolloiden 916
28.3.2 Struktur und Stabilität von Kolloiden 917
28.4 Struktur und Wachstum von Oberflächen 922
28.4.1 Das Wachstum von Oberflächen 922
28.4.2 Die Zusammensetzung von Oberflächen 923
28.5 Adsorption an Oberflächen 929
28.5.1 Physisorption und Chemisorption 930
28.5.2 Adsorptionsisothermen 931
28.5.3 Die Geschwindigkeit von Oberflächenprozessen 937
28.6 Die katalytische Aktivität von Oberflächen 941
28.6.1 Adsorption und Katalyse 941
28.6.2 Beispiele für Katalyse an Oberflächen 943

29 **Dynamische Elektrochemie** 951

29.1 Elektrodenprozesse 925
29.1.1 Die elektrische Doppelschicht 952
29.1.2 Die Geschwindigkeit der Ladungsübertragung 955
29.1.3 Die Polarisation von Elektroden 961
29.2 Elektrochemische Prozesse 964
29.2.1 Elektrolyse 965
29.2.2 Die Eigenschaften von Zellen unter Belastung 965
29.2.3 Brennstoffzellen und sekundäre Zellen 967
29.3 Korrosion 969
29.3.1 Die Geschwindigkeit der Korrosion 969
29.3.2 Korrosionsschutz 970

30 **Grundlagen der Thermodynamik irreversibler Prozesse** 975

30.1 Entropieproduktion 976
30.1.1 Entropieproduktion bei der Wärmeleitung 977
30.1.2 Flüsse und Kräfte 978
30.1.3 Die phänomenologischen Gleichungen 980
30.1.4 Entropieproduktion bei der Diffusion 982
30.1.5 Entropieproduktion bei chemischen Reaktionen 982
30.2 Allgemeine irreversible Thermodynamik linearer Prozesse . . 984
30.2.1 Alte Reziprozitätsrelationen 984
30.2.2 Die Reziprozitätsrelationen von Onsager 984
30.2.3 Anwendungen der Reziprozitätsrelationen von Onsager . . . 985
30.2.4 Der stationäre Zustand 986
30.2.5 Anmerkungen zu linearen Prozessen 988
30.2.6 Die Kopplung von Flüssen 989
30.3 Thermodynamik nichtlinearer irreversibler Prozesse 990
30.3.1 Das Evolutionskriterium und der stationäre Zustand 991
30.3.2 Katalyse und Regelung 992
30.3.3 Das Evolutionskriterium und das kinetische Potential 994
30.3.4 Information als thermodynamische Größe 995
30.3.5 Evolution 996

Weiterführende Informationen 999

1 Die Maxwell-Boltzmann-Verteilung 999
2 Beziehungen zwischen partiellen Ableitungen 1001
3 Elektrostatik 1002
4 Die Debye-Hückel-Theorie 1003
5 Klassische Mechanik 1006
6 Quantenmechanik 1009
7 Differentialgleichungen 1011
8 Der harmonische Oszillator 1013
9 Die Rotationsbewegung 1014
10 Schwerpunktskoordinaten 1016
11 Die Abtrennung der inneren Bewegung 1017
12 Das Pauli-Prinzip 1018
13 Gruppen 1019
14 Unbestimmte Multiplikatoren 1020
15 Die Elastizität von Gummi 1022
16 Die ungeordnete Bewegung 1023

Tabellenanhang 1025

Register 1071