

Versuchsprotokoll: „Blue Bottle“




Zeitaufwand:

Aufbau: 5 Minuten

Durchführung: 5 Minuten

Entsorgung/Abbau: 5 Minuten

Chemikalien:

Chemikalien	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbol	Schul-einsatz
Natriumhydroxid NaOH	10 g	35	26-37/39-45	 C Ätzend	SI+SII
Ethanol C ₂ H ₅ OH	99 g	11	7-16	 F Leicht-entzündlich	SI+SII
Methylenblau C ₁₆ H ₁₈ N ₃ SCl	1 g	22	22-24/25	 Xn Gesundheitsschädlich	SI+SII
Glucose C ₆ H ₁₂ O ₆	10 g	-	-	-	SI+SII

Herzustellende Lösungen:

- Ethanolische Methylenblau-Lösung (w = 1 %)
- Alkalische Zuckerlösung: 10 g Natriumhydroxid und 10 g Glucose in 300 mL Wasser lösen

Materialien:

- Messpipette mit Peleusball
- Schraubdeckelglas
- Becherglas

Versuchsaufbau:

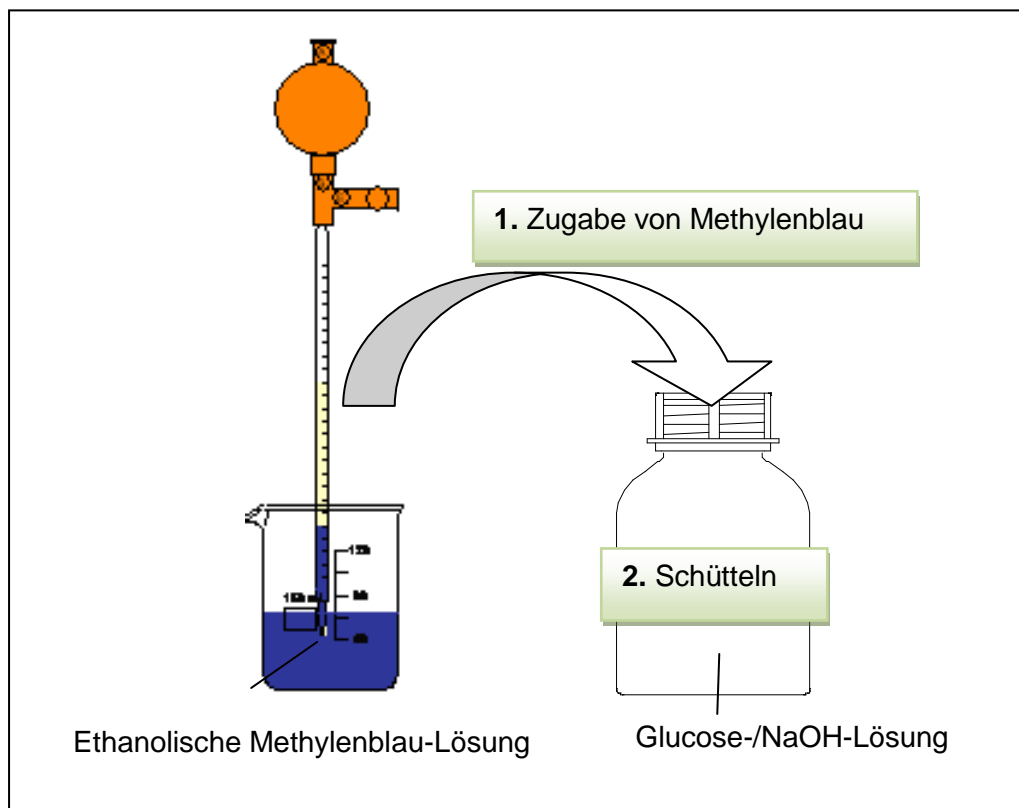


Abb.1 Versuchsaufbau

Durchführung:¹

1. In einem Schraubdeckelglas werden 10 g Natriumhydroxid und 10 g Glucose in 300 mL Wasser gelöst.
2. Zu dieser Lösung wird 1 mL einer einprozentigen Methylenblaulösung gegeben.
3. Nach der Entfärbung der Lösung wird das Schraubdeckelglas geschüttelt.

¹ Holfeld, M. (2000) S.39f.

Beobachtung:

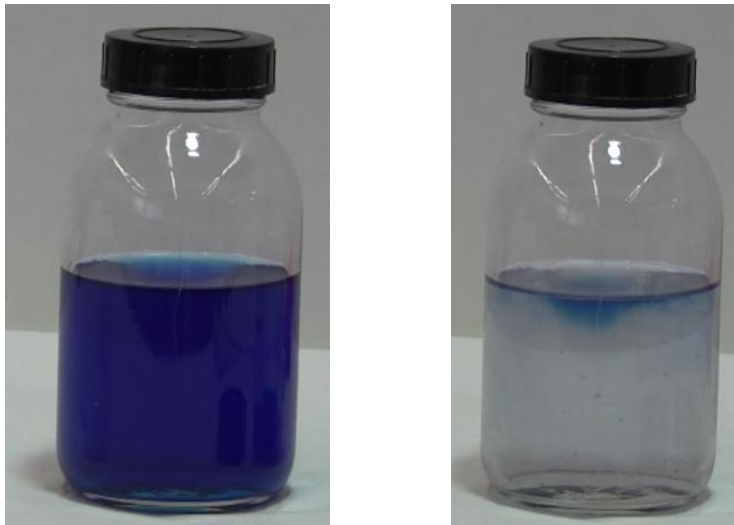


Abb.2+3 Versuchsbeobachtung

Nach der Zugabe der ethanolischen Methyleneblaulösung färbt sich die Flüssigkeit in dem Schraubdeckelglas blau. Nach etwa einer Minute entfärbt sich die Lösung wieder. Durch Schütteln des Schraubdeckelglases färbt sich die Lösung erneut blau, bis sie sich nach kurzer Zeit wieder entfärbt. Dieser Vorgang kann mehrmals wiederholt werden.

Entsorgung:

Die Lösungen werden neutral in den organischen Lösungsmittelbehälter entsorgt.

Auswertung:

1. Erläuterung des Versuchs:²

Ausschlaggebend für die blaue Farbe der Lösung ist das Methylenblau (Abb.4)

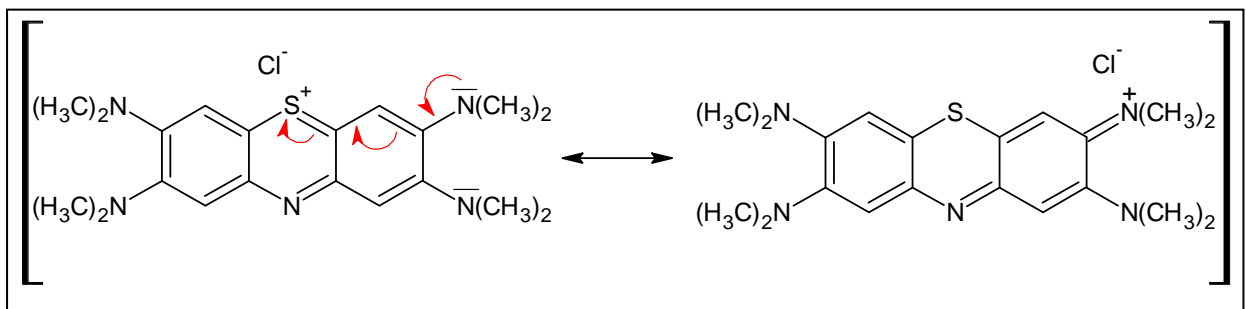


Abb.4 Methylenblau

² Holfeld, M. (2000) S.40

Die intensive blaue Farbe des Methyleneblaus liegt in dem ausgedehnten π -Elektronensystem begründet.

Methyleneblau wurde erstmals von Caro im Jahre 1876 hergestellt und stellt den wichtigsten Vertreter der **Phenothiazin**-Farbstoffe (auch Thiazin-Farbstoffe genannt) dar. Methyleneblau ist ein Redoxindikator, der in einer Redoxreaktion als Wasserstoff-Akzeptor fungiert.³

Auch in diesem Versuch ist Methyleneblau das Oxidationsmittel, das zunächst durch Glucose zu Leukomethyleneblau reduziert wird. Die Glucose wird dabei zur Gluconsäure oxidiert (Abb.5).

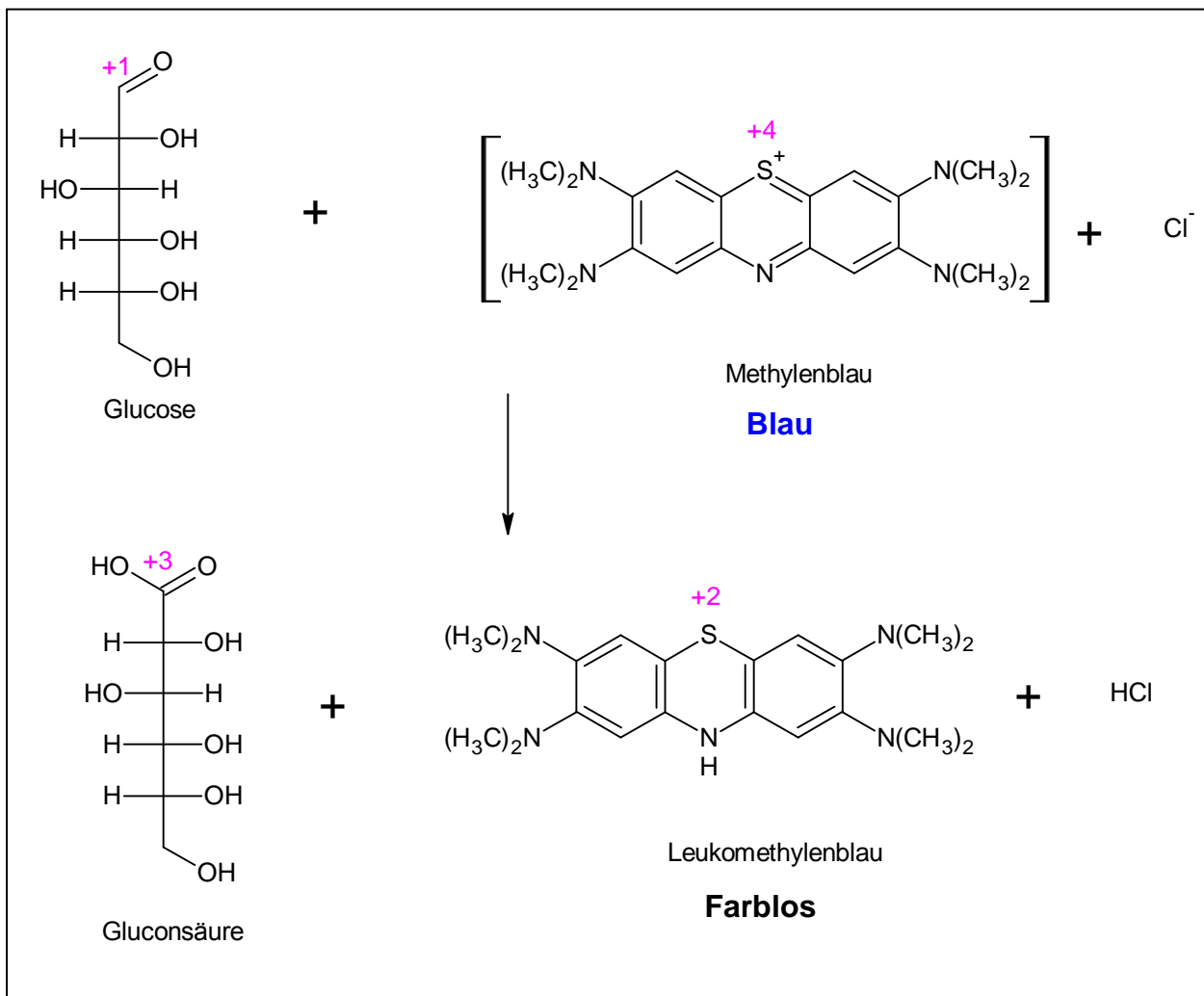


Abb.5 Reaktion der Entfärbung (Reduktion des Methyleneblaus)

Wie man an der Struktur des Leukomethyleneblaus erkennen kann, ist durch Reduktion des Methyleneblaus das konjugierte π -Elektronensystem zerstört worden, wodurch der intensive blaue Farbeindruck verschwindet.

³ RÖMPP Online, Stichwort "Methyleneblau" (letzter Zugriff 10.04.2010)

Durch das anschließende Schütteln der Lösung diffundiert Luftsauerstoff in die Lösung und oxidiert das Leukomethylenblau wieder zu Methylenblau (Abb.6).

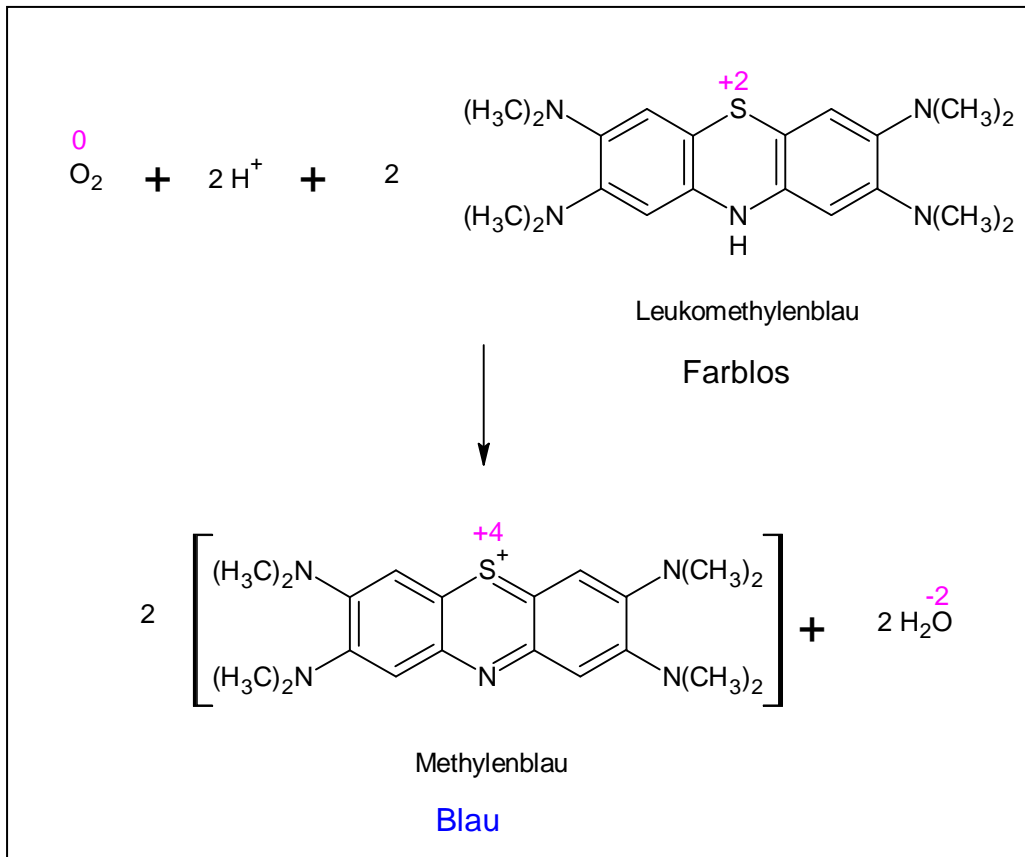


Abb.6 Reaktion der Färbung (Oxidation des Leukomethylenblaus)

Dieser Vorgang kann so lange wiederholt werden, bis keine Glucose zur Reduktion des Methylenblaus mehr vorhanden ist.

2. Hintergrundinformationen Methylenblau:⁴

Methylenblau findet in der Industrie vielfältige Verwendungsmöglichkeiten. So wird Methylenblau als Färbemittel für mit Tannin gebeizte Baumwolle genutzt. Mit Methylenblau gefärbte Polyacrylnitrilfasern zeigen eine hohe Lichtechtheit, weshalb dieser Stoff zum Färben und Drucken von Papieren und kosmetischen Artikeln, als Lackfarbstoff sowie in der Medizin und Mikroskopie verwendet wird. Durch P. Ehrlich wurde Methylenblau erstmals als ein sogenannter Vitalfarbstoff eingesetzt. Dieser Vitalfarbstoff färbt bestimmte Teile des lebenden Organismus sehr stark ein, während andere ungefärbt bleiben. So kann diese Lösung beispielsweise zum Anfärben von Blutparasiten dienen. Aus diesem Grund wird Methylenblau in

⁴ RÖMPP Online, Stichwort "Methylenblau" (letzter Zugriff 10.04.2010)

der Mikroskopie eingesetzt und in Form von speziell angefertigten Pillen dient dieser Farbstoff einer Funktionsprobe des Magens. Bei Vergiftungen mit Kohlenstoffmonoxid, Cyanverbindungen, Nitrit und anderen Methämoglobin-Bildnern werden 1%ige Methylenblaulösungen intravenös verabreicht. Des Weiteren wird das Methylenblau in der Tiermedizin bei äußerlichen und innerlichen Wunden, Furunkeln, Magen- und Darmkatarrh und ähnlichen Krankheiten eingesetzt. In der Teichwirtschaft wird Methylenblau zur Abtötung von Pilzen und Parasiten eingesetzt.

3. Hintergrundinformationen: „Die blauen Leute von Troublesome Creek“⁵

Seit etwa 160 Jahren ist bei vielen Einwohnern des kleinen Ortes Troublesome Creek im US-Bundesstaat Kentucky eine in unterschiedlichen Nuancen vorkommende Blaufärbung der Haut aufgetreten. Der Grund für diese Blaufärbung der Haut ist ein Gendefekt, der seit mehreren Generationen in dieser Ortschaft vererbt wird.

Im Hämoglobin-Molekül liegt das Eisen-Ion im zweiwertigen Zustand vor, da nur dieses zweiwertige Eisen dazu in der Lage ist, Sauerstoff reversibel zu binden. Dies ist wichtig für den menschlichen Organismus, da die roten Blutkörperchen nur so ihre wichtigste Funktion, den Sauerstofftransport, erfüllen können. Bei allen Menschen erfolgt jedoch in den Erythrozyten eine spontane Oxidation des Hämoglobins zu Methämoglobin, weshalb etwa 0,5-2% des Gesamthämoglobins als Methämoglobin vorliegt. Im Methämoglobin liegt das Eisen-Ion in dreiwertiger Form vor, weshalb Methämoglobin nicht dazu in der Lage ist, Sauerstoff reversibel zu binden. Dieser Vorgang ist im menschlichen Organismus jedoch nicht gefährlich, da dieses Methämoglobin wieder durch ein Enzym, die Methämoglobin-Reduktase (Diaphorase), zu Hämoglobin reduziert wird (*Abb. 7*).

Durch den Gendefekt der „blauen Leute“ produzieren diese Menschen jedoch relativ wenig des Methämoglobin abbauenden Enzyms Diaphorase. Dies führt zu einer Erhöhung der Methämoglobin-Konzentration im Blut, was letztlich für die Blaufärbung der Haut verantwortlich ist.

⁵ Brandl, H. (2006) S.106ff.

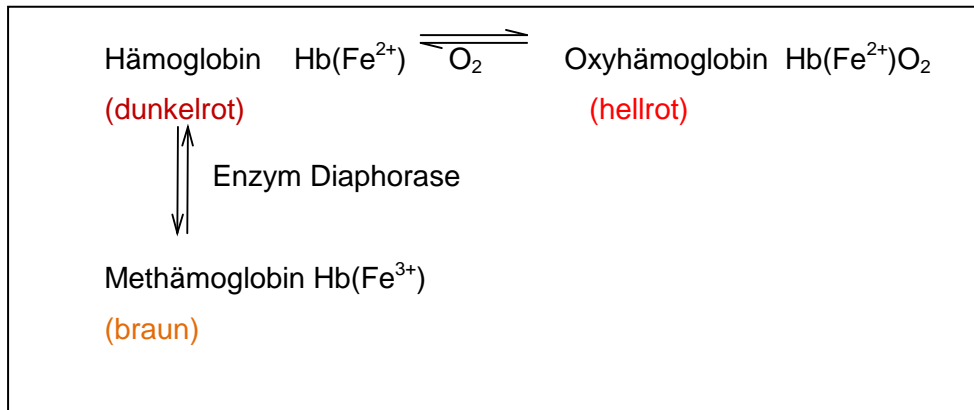


Abb.7 Verschiedene Farben des Hämoglobins

Kurioserweise verordnete der Arzt Madiseon Cawein den blauhäutigen Patienten Methylenblau-Pillen zur Heilung der Krankheit. Diese Maßnahme half den Menschen mit dieser Krankheit, so dass die Haut der Betroffenen bald wieder eine rosa Farbe annahm. Dabei konnten die Patienten beobachten, wie das „blaue Blut“ mit dem Urin aus ihren Körpern ausgeschieden wurde.

Die scheinbar paradoxe Verwendung eines blauen Farbstoffes zur Heilung dieser Krankheit ist durch die Elektronen-Transfer-Eigenschaften des Methylenblaus zu erklären. So wird der Farbstoff zunächst durch ein enzymatisches Reduktionssystem in den Erythrozyten in Leuko-Methylenblau reduziert. Dieses Leuko-Methylenblau reduziert nun seinerseits spontan Methämoglobin zu Hämoglobin, wobei das Leuko-Methylenblau wieder zu Methylenblau oxidiert wird. Somit übernimmt das Methylenblau die Aufgabe des Enzyms Diaphorase. Das entstandene Methylenblau wird über die Nieren mit dem Urin ausgeschieden. Durch das Methylenblau hat der Urin dann eine blaue Farbe, wodurch das Ausscheiden von „blauem Blut“ der „blauen Leute von Troublesome Creek“ nach Einnahme der Methylenblaupillen zu erklären ist.

Didaktische Betrachtung:

Einordnung in den Lehrplan:

Im Lehrplan ist dieser Versuch in der Qualifikationsphase Q2 im Bereich „Kohlenstoffchemie II: Technisch und biologisch wichtige Kohlenstoffverbindungen“ einzuordnen. In diesem Bereich ist das Thema Kohlenhydrate ein genannter Schwerpunkt. Als Unterrichtsinhalte gelten unter anderem die Reaktionen der Kohlenhydrate.

Eine weitere Möglichkeit zur Einordnung dieses Versuchs in den Lehrplan ist der im Leistungskurs ebenfalls in der Qualifikationsphase Q2 zu verordnende fakultative Unterrichtsinhalt Farbstoffe.

Einordnung des Versuchs:

Der „Blue-Bottle“-Versuch ist ein optisch sehr schöner und für Schüler sicher beeindruckender Versuch. Der apparative Aufwand ist sehr gering und auch die Chemikalien sollten an der Schule vorhanden sein. Laut „HessGiss“-Datenbank dürfen alle verwendeten Chemikalien von Schülern der Sekundarstufe I+II uneingeschränkt verwendet werden, weshalb sich dieser Versuch sowohl als Lehrerdemonstrationsversuch als auch als Schülerversuch eignet. Dieser Versuch ist ein bekannter Showversuch. So kann durch diesen Versuch das Interesse am Unterrichtsfach Chemie bei einigen Schülern geweckt werden. Vielleicht kann man dabei auch kurz auf die Geschichte der „blauen Leute“ eingehen, um einen Alltagsbezug herzustellen.

Dieser Versuch darf jedoch nicht nur alleine als Showversuch gesehen werden. So können anhand dieses Versuchs beispielsweise die Oxidation von Glucose, wie auch konjugierte π -Elektronensysteme und deren Eigenschaften (Farbstoffe), besprochen werden. Zum besseren Verständnis kann neben dem „Blue-Bottle“-Experiment auch auf das „Violett-Bottle“-„Red-Bottle“- und „Ampel-Bottle“- Experiment eingegangen werden. Anhand dieser vier Beispiele können die Schüler dann auch das Prinzip der konjugierten π -Elektronensysteme erkennen.

Literaturangabe:

Brandl, H. (2006). Trickkiste Chemie (2. Auflage). Köln: Aulis-Verlag Deubner

Holfeld M. (2000). Das Blue-Bottle-Experiment einmal anders. Praxis der Naturwissenschaften-Chemie, 47/3, S.39-40.

Elektronische Quellen:

Hessisches Gefahrstoffinformationssystem Schule „HessGISS“- 2008/2009, Version 13.0

„RÖMPP Online“, Version 3.2, verfügbar unter <http://www.roempp.com/prod/index1.html> (lizenzpflichtig, zuletzt abgerufen am 10.04.2010)

Abbildungsverzeichnis:

Alle Abbildungen wurden selbst angefertigt.