

GUTACHTEN

zu Schäden an Pflastersteinen des Bauvorhabens: Neubau der Straße in

I. Auftrag:

Im Straßenpflaster des o. g. Bauvorhabens sind insbesondere an den Rändern von Betonpflastersteinen muschelförmige Abplatzungen aufgetreten. Teilweise treten diese auch inmitten der Pflasteroberseite, annähernd in Form einer Kalotte auf.

II. Ortstermin:

Ich habe am 1999-05-28, beginnend 12:00 Uhr eine Ortsbesichtigung durchgeführt, Steine sowohl vom bereits verlegten Pflaster als auch vom Stapel entnommen und eine Prüfung der Druckfestigkeit in Maßhaltigkeit durchführen lassen.

III. Bewertung der Feststellungen:

1. Produkt

Nach den von mir eingesehenen Lieferscheinen der bwg Betonwerke vom 1999-04-09, Nr. 901221 (siehe Anlage 1) und vom 1999-03-29, Nr. 901006 (siehe Anlage 2), welche mir beispielhaft in Kopie übergeben wurden, handelt es sich um Berlenit 20/20/8 & 20/30/8 schwarz, maschinenverlegbar – ohne Fase.

Nach einem Lieferschein vom 1999-05-28, Nr. 902288 der bwg ist Berlenit 20/20/8 & 20/30/8 schwarz, ohne Fase angeliefert worden (siehe Anlage 3). Bemerkenswert ist, dass in diesem Lieferschein die Kennzeichnung "maschinenverlegbar" nicht mehr enthalten ist.

In dem "Technischen Informationsblatt" (siehe Anlage 4) zu Berlenit ist als Vorschlag für einen Ausschreibungstext enthalten: "Berlenit nach DIN 18501, ohne Fase mit Abstandhalter, maschinenverlegbar."

Die von mir zur Prüfung entnommenen Pflastersteine entsprechen hinsichtlich Druckfestigkeit und Maßhaltigkeit den Forderungen der DIN 18.501¹ (siehe Anlage 5).

¹ DIN 18.501 – Pflastersteine aus Beton, Ausgabe November 1982

2. Verlegetechnik

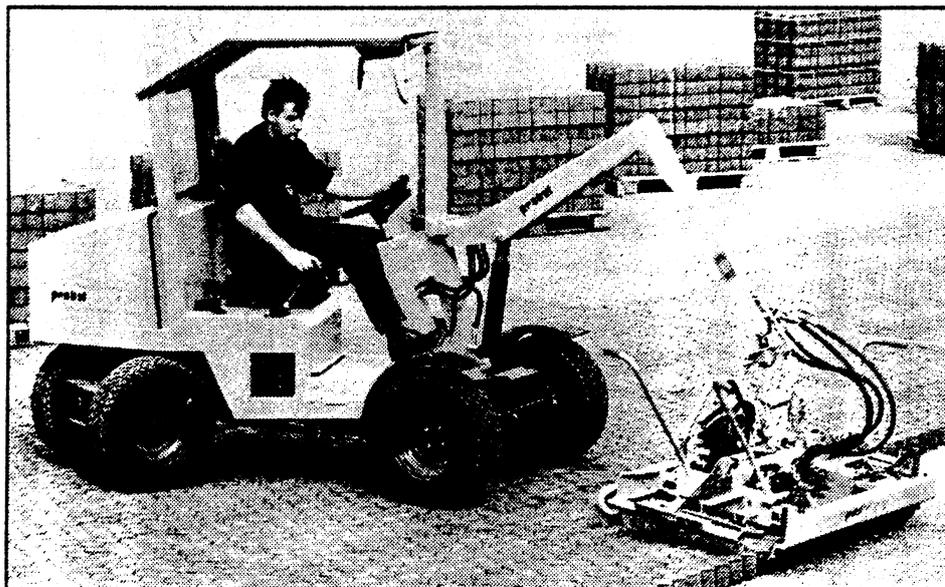
Betonpflaster kann entweder in traditioneller Art und Weise von Hand oder mit Verlegemaschinen ("maschinenverlegbar") verlegt werden.

Die Verlegung ist im vorliegenden Fall mit einer Verlegemaschine vom Typ HYDROMAK der Lehnen GmbH & Co. KG vorgenommen worden.

Bei der Verwendung von Verlegemaschinen werden mittels hydraulischer Greifzangen die in einer Lage auf der Palette liegenden Pflastersteine fixiert und nebeneinander liegend angehoben.



Verlegemaschine



Motorisiertes Verlegegerät

Bei dem Anheben berühren sich die an die Steine angeformten Abstandhalter.
 "Sind die Steine in der Verlegeklammer eingespannt, wird der Zwischenraum zwischen den Steinen durch die Abstandhalter bestimmt. Durch das zur Verlegung erforderliche Nachlassen der Einspannkraft fallen die Steine bogenförmig nach unten heraus. Das Auflegen der Steine auf das Pflasterbett, und das Entfernen der Verlegeklammer bewirken dann die Vergrößerung der Fugenbreiten auf das erforderliche Maß."²

Nach DIN 18.318³, dem Merkblatt für Flächenbefestigungen⁴ und nach ZTVP-StB⁵ muss dieses Maß 3 mm bis 5 mm betragen.

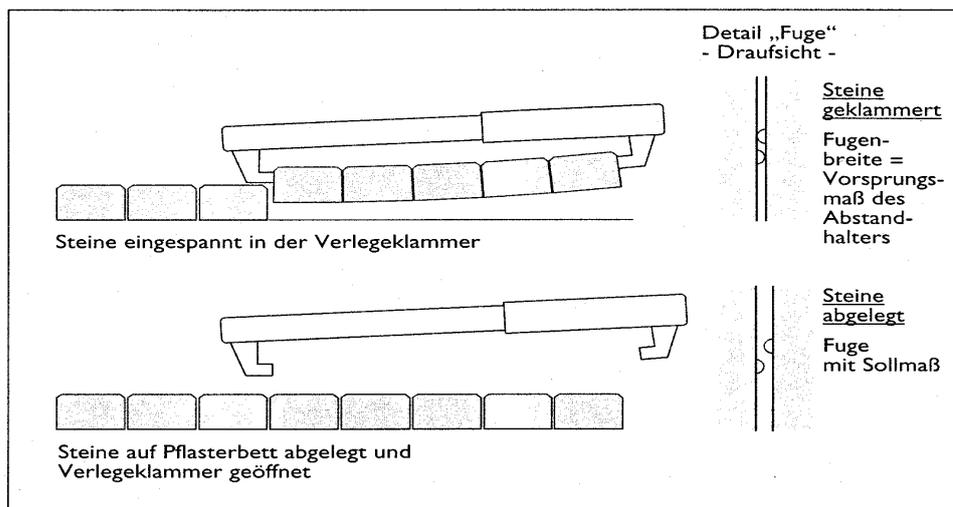


Abb. 3-18: Entstehung der Fugenbreite bei maschineller Verlegung²

Im vorliegenden Fall wird die erforderliche Mindestfugenbreite von 3 mm unterschritten, wie in den Bildern 1 und 2 erkennbar ist.

Die bis an die Oberkante der Pflastersteine reichende Abstandhalter liegen unmittelbar an den benachbarten Pflastersteinen an. An diesen Punkten sind typische Abplatzungen aufgetreten, siehe Bilder 3 und 4.

Kennzeichnend ist, dass die Abplatzungen jeweils dann auftreten, wenn die Abstandhalter bis an die Oberkante der Steine reichen, siehe Bild 5.

Im Bild 6 sind die Steine mit den bis an die Oberkante reichenden Abstandhalter bei der Lagerung auf der Palette dargestellt. Die Stärke der Abstandhalter beträgt etwa 1,5 mm, siehe Bild 7.

Abstandhalter dürfen nicht bis an die Oberfläche reichen. Nur wenn sie tiefer enden, kann bei der maschinellen Verlegung beim Nachlassen der Spannkraft der Verlegeklammer die bogenförmige Ausbildung der Steinreihe eintreten, die erforderlich ist, um Fugenbreiten von 3 mm bis 5 mm zu erreichen (siehe Anlage 10).

² Dauerhafte Verkehrsflächen mit Betonpflastersteinen, Bundesverband Deutsche Beton- und Fertigteilindustrie e. V. Bonn, Ausgabe 1997, S. 44

³ DIN 18.318 – Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Verkehrswegebauarbeiten, Pflasterdecken, Plattenbeläge, Einfassungen, Ausgabe Juni 1996

⁴ Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflaster und Plattenbelägen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.), Ausgabe 1989, ergänzte Fassung 1994

⁵ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (Hrsg.): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Pflasterdecken und Plattenbelägen im Straßenbau – ZTVP-StB –; (in Bearbeitung)

Das war bei den ersten Lieferungen der Fall. Bei diesen Steinen endet der Abstandhalter etwa 15 mm unterhalb der Oberkante und ist nach oben abgerundet, siehe Bild 8. Durch diese obere Abrundung kann die bogenförmige Verformung der Pflastersteine, die sich in der öffnenden Verlegeklammer befinden, erreicht und die erforderliche Fugenbreite von 3 mm bis 5 mm gewährleistet werden.

Bei dieser Art des Ablegens entsteht eine ausreichende Fugenbreite, die verhindert, dass Abstandhalter und benachbarter Pflasterstein einander berühren.

Das erforderliche Fugenmaß muss beim Ablegen erreicht werden. Nachträgliche Korrekturen sind nur noch innerhalb ganz geringer Grenzen möglich. Sollte das Fugenmaß zu eng verlegter Pflastersteine über das gesamte verlegte Paket verändert werden, würde durch die Addition der Verschiebung der Pflastersteine eine unzulässige Störung des Betts erfolgen. Außerdem wäre eine solche Korrektur derart zeitaufwendig, dass die maschinelle Verlegung unsinnig werden würde.

Das Ausplatzen an den Berührungspunkten der bis an die Oberkante hochgezogenen Abstandhalter ist reproduzierbar. Ich habe dazu Pflastersteine versuchsweise in eine Schraubzwinde eingespannt, siehe Bild 9. Die erreichbare Spannkraft einer solchen Schraubzwinde ist im Vergleich zu den hydraulisch betriebenen Verlegemaschinen verschwindend gering. Beim Versuch, die Pflastersteine anzuheben, erfahren diese eine bogenartige Verformung, wie sie beim Öffnen der Verlegeklammer stattfindet. Infolge dieser Verformung kommt es zu den typischen Abplatzungen, wie in den Bildern 10, 11, 12 und 13 erkennbar.

Ergebnis:

Das Pflaster ist mangelhaft verlegt, weil die erforderliche Mindestfugenbreite von 3 mm (bis 5 mm) nicht erreicht worden ist. Das Nichterreichen der Fugenbreite bei maschineller Verlegung ist darauf zurückzuführen, dass eine ungeeignete Ausbildung der Abstandhalter vorliegt.

Das als maschinenverlegbar angebotene Pflaster Berlenit ist ursprünglich mit Abstandhaltern ausgeliefert worden, die für die Maschinenverlegung geeignet sind. Zum späteren Zeitpunkt ist die Form der Abstandhalter verändert worden, so dass es zu den typischen, auch in Fachkreisen bekannten muschelförmigen Abplatzungen kommt.

3. Abplatzungen bei der bestimmungsgemäßen Benutzung der Straße

Verkehrsflächen, auch Straßen mit Pflaster sind unterschiedlichen Belastungen unterworfen.⁶

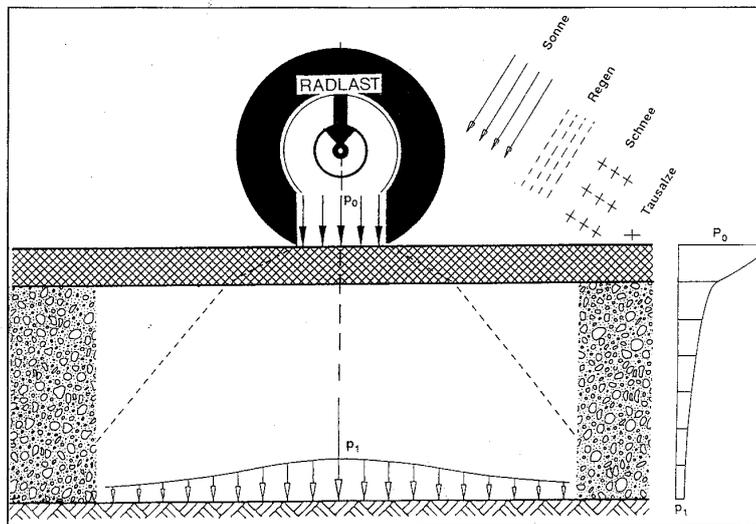


Abb. 1.2: Belastungen von Verkehrsflächen

Durch die vertikalen Belastungen kommt es zu zeitweiligen Verformungen der Fahrbahnoberfläche, hier konkret der Pflasterdecke.⁶

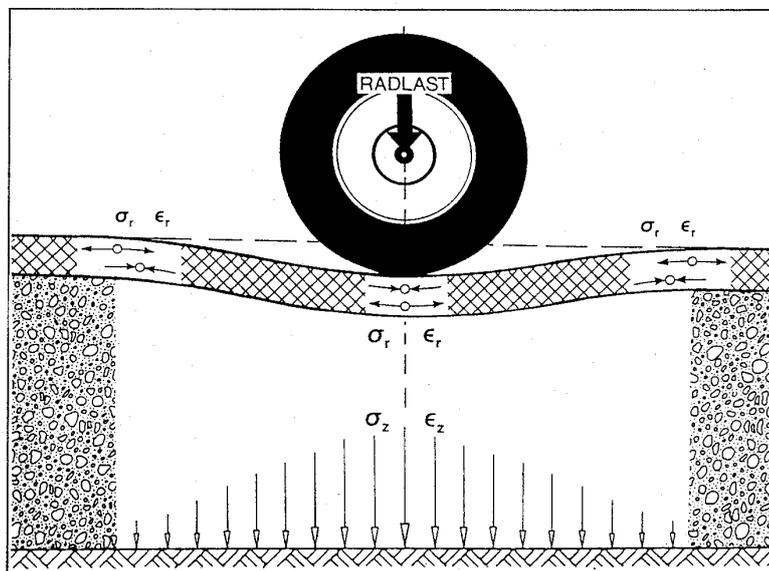


Abb. 1.4: Spannungen und Dehnungen innerhalb der Verkehrsflächenbefestigung infolge einer Radlast auf der Fahrbahn

⁶ Dr. Sönke Borgwardt u. a., Planung und Ausführung von Pflasterbelägen aus Beton, Kontakt & Studium Band 524, Expert Verlag Renningen-Malmsheim 1998, S. 4, S. 6 und S. 7

Durch diese Verformung der Pflasterdecke treten Kantenpressungen im oberen Bereich auf. Diese kämen auf den gleichen Mechanismus wie beim Verlegen mit der Klammer der Verlegemaschine zurück.

Weiterhin treten horizontale Belastungen infolge von Brems- und Beschleunigungskräften auf (siehe Anlage 6). Der horizontale Verschiebungswiderstand wird maßgeblich von den Einflussfaktoren Steinform, Steinmaterial und Art des Verbands bestimmt. Einflüsse des Tragschicht- und Bettungsmaterials sind von untergeordneter Bedeutung.

Einen weiteren Einfluss hat die Bettungsschichtdicke. Dabei ist eine Unterschreitung der vorgegebenen Dicke von 50 mm eher unschädlich. Schädlich sind allenfalls erhebliche Überschreitungen dieser.⁷

"Die kurzzeitigen vertikalen Verformungen (Einsenkungen), die durch die Radlasten an der Fahrbahnoberfläche ausgelöst werden, müssen stets so gering sein, daß durch die somit bewirkten inneren Spannungen σ und Dehnungen ε in den einzelnen Schichten die für den jeweiligen Baustoff geltende Festigkeit bei einmaliger Belastung nicht überschritten wird."⁶

Shackel⁷ gibt an, dass bei elastischen Verformungen in der Vertikalen bis zu 2 mm gemessen worden sind.

Eine elastische Verformung führt zu einer erheblichen Kantenpressung der aneinander liegenden Betonsteine im Bereich der Abstandhalter.

Die vertikalen Einsenkungen und Verformungen sind oft von horizontaler Verschiebung der Betonsteine, vor allem infolge von Brems- und Beschleunigungskräften, begleitet. Messungen haben deutliche Verschiebungen ergeben.⁷

Derartige horizontale Verschiebungen führen bei einem "knirsch" aneinander legen der Betonpflastersteine zu erheblichen Spannungsspitzen, insbesondere ausgehend von den anliegenden Abstandhaltern.

Aus diesem Grunde ist zwingend vorgegeben, dass die Betonsteine nicht "knirsch" aneinander liegen dürfen, sondern auch bei maschineller Verlegung soweit auseinander fallen müssen, dass die Fugen mit Sand gefüllt werden.

Die Scherbrüche an den Berührungspunkten der Abstandhalter treten auch bei hochwertigem Beton auf, weil die Bruchfläche wesentlich kleiner ist als bei Pflastersteinen, bei denen der Abstandhalter in der Tiefe abgerundet endet.

Das Ausbrechen von einzelnen Teilen mitten in der Fläche zusätzlich oder einhergehend mit dem Abbrechen an den Berührungspunkten ist ein typisches Bruchverhalten von Beton.⁸

⁶ Dr. Sönke Borgwardt u. a., Planung und Ausführung von Pflasterbelägen aus Beton, Kontakt & Studium Band 524, Expert Verlag Renningen-Malmsheim 1998, S. 4, S. 6 und S. 7

⁷ Brian Shackel, Handbuch Betonsteinpflaster: Bemessung, Konstruktion, Ausführung, Beton-Verlag 1996, S. 90, S. 82, S. 83

⁸ Eberhard Siebel – Forschungsinstitut der Zementindustrie, Verformungsverhalten, Energieaufnahme und Tragfähigkeit von Normal- und Leichtbeton im Kurzzeitdruckversuch Heft 50/1989, Beton-Verlag GmbH Düsseldorf, S. 68

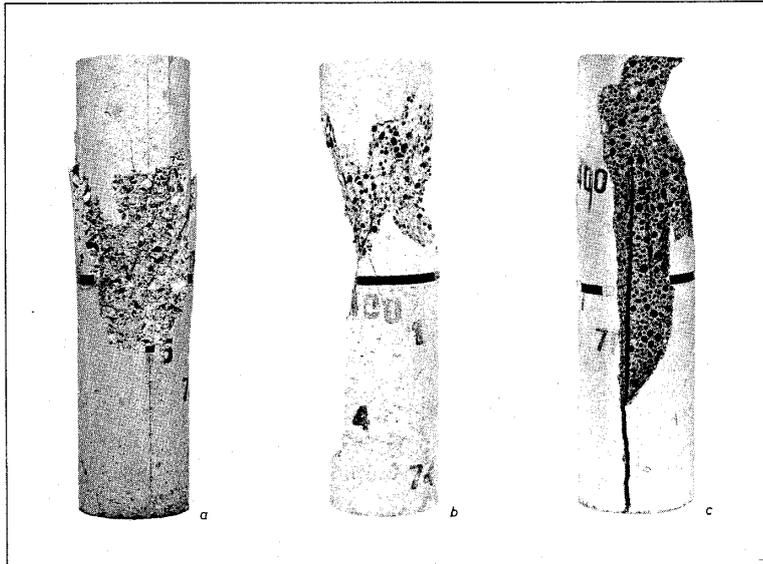


Bild 35: Bruchbilder von Beton⁸

- a) Normalbeton
- b) Leichtbeton mit Natursand (Leichtzuschlag 5 – Zuschlag mit höherer Rohdichte)
- c) Leichtbeton ohne Natursand

4. Prüfungs- und Hinweispflichten des Verarbeiters

Nach den "Technischen Hinweisen, Zum Einbau von Straßenbauerzeugnissen aus Beton" der bwg, Ziff. 2.2 Abnahme der Lieferung gilt: "Unmittelbar nach Eintreffen der Betonerzeugnisse auf der Baustelle ist – zumindest anhand des Lieferscheins und durch Inaugenscheinnahme – sorgfältig zu prüfen, ob die Lieferung der Bestellung entspricht." (siehe Anlage 7)

Die Lieferung hat ausdrücklich der Bestellung Berlenit entsprochen. Maßungenaugkeiten, Farbabweichungen oder sonstige offensichtliche Beschädigungen der Steine waren nicht zu erkennen.

Nach den "Technischen Hinweisen, Zur Lieferung von Straßenbauerzeugnissen aus Beton" der bwg ist bei der Abnahme von Betonerzeugnissen die Ordnungsmäßigkeit der Lieferung (Menge und Warenwert) zu prüfen.

Unter Ziff. 4.1 Kantenabplatzungen wird darauf hingewiesen: "Pflastersteine, Gehwegplatten, Rinnenplatten und Bordsteine die zu engfugig verlegt sind oder deren Unterlage (Tragschichten und Untergrund) nicht ausreichend tragfähig ist, werden infolge dessen – eventuell bereits beim Abrütteln – Kantenbeanspruchungen ausgesetzt, denen auch hochwertige Betone nicht widerstehen können.

Die Folge sind Kantenabplatzungen; sie stellen keinen Mangel des Erzeugnisses, sondern einen Mangel der Unterlage bzw. der Verlegeweise dar." (siehe Anlage 8)

⁸ Eberhard Siebel – Forschungsinstitut der Zementindustrie, Verformungsverhalten, Energieaufnahme und Tragfähigkeit von Normal- und Leichtbeton im Kurzzeitdruckversuch Heft 50/1989, Beton-Verlag GmbH Düsseldorf, S. 68

Ausschluss weiterer Ursachen:

Unzureichend hergestellte Untergründe können Ursache für Kantenabplatzungen sein. Dann würden Spurrillen ausgebildet oder sonstige ungleichmäßige Setzungen zu verzeichnen sein. Das ist hier nicht der Fall.

Weiterhin können beim Abrütteln Kantenabplatzungen auftreten. Das ist regelmäßig nicht überwiegend auf fehlerhafte Abrüttelung, sondern in erster Linie auf zu enge Fugen zurückzuführen. Solche sind hier vorhanden.

Zusammenfassung:

1. Es wurde eine Änderung der Form der Abstandhalter vorgenommen, die ursächlich für die Schäden ist. Dies ist ein systematischer Fehler bei der Herstellung der Betonsteine, kein einmaliger Ausreißer.
2. Die Änderung muss infolge des Einsatzes neuer Formen vorgenommen worden sein.
3. Wohl in Kenntnis, dass die Pflastersteine vom Typ Berlenit mit der veränderten Form der Abstandhalter nicht mehr maschinenverlegbar sind, ist die Kennzeichnung "maschinenverlegbar" auf dem Lieferschein weggelassen worden.

Nach DIN EN 1.338⁹, Ziff. 4.2.2 Abstandhalter, gewölbte Seitenflächen gilt: "Pflastersteine können mit Abstandhaltern oder gewölbten Seitenflächen hergestellt werden. Wenn Pflastersteine mit Abstandhaltern und gewölbten Seitenflächen geliefert werden, muß der Hersteller die Herstellmaße angeben."

Als Ursache für die Schäden ist eindeutig zu erkennen, dass wegen der (offensichtlich überraschend vorgenommenen) Änderung der Form der Abstandhalter die notwendigen Fugenbreiten bei maschineller Verlegung nicht mehr ausgebildet werden konnten. Die Änderung der Eigenschaft "maschinenverlegbar" in "nicht maschinenverlegbar" wurde von dem Hersteller erkannt, jedoch durch eine möglicherweise überraschende Klausel, nämlich nur durch das Weglassen der Bezeichnung "maschinenverlegbar" in den Lieferscheinen, nicht eindeutig mitgeteilt.

Für die Änderung der Form der Abstandhalter ist keine technische Notwendigkeit erkennbar.

Wahrscheinlich sind auch Aspekte des Vertrauensschutzes tangiert, denn der Unternehmer für die Herstellung der Straße muss davon ausgehen können, die Kalkulation insgesamt auf die Eigenschaft "maschinenverlegbar" aufbauen zu können. Diese Eigenschaft war ausdrücklich in dem Prospekt angeboten.

Es wird empfohlen, ausgehend von diesen Feststellungen, anwaltlichen Rat und Beistand in Anspruch zu nehmen.

Die Nachbesserungskosten sind lt. beigefügter Kalkulation mit 499.611,00 DM, rd. 500.000,00 DM zu beziffern (siehe Anlage 9).

⁹ DIN EN 1.338 – Pflastersteine aus Beton; Deutsche Fassung, Ausgabe Februar 1994