

bbr

Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau

Sonderdruck aus bbr Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau,
Ausgabe 12/1994

Verfüllmaßnahmen an Grundwasserbeschaffen- heitsmessstellen

Verfahren zur Einbringung von Tonmehl- Zement-Suspensionen

Dipl.-Berging. Lutz-Peter Nolte
Bohrinspektor Helmut Rohde



NBB Nord Bohr und Brunnenbau GmbH

Zentrale Hamburg

Randersweide 1
21035 Hamburg
Tel. 0 40 / 73 59 56 - 30
Fax 0 40 / 73 59 56 - 40 / - 66

Büro Grimmen

Zum Rauhen Berg 3
18507 Grimmen
Tel. 03 83 26 / 41 09
Fax 03 83 26 / 4 66 22

Büro Rauda

Am Fuchsgraben 2
07613 Rauda
Tel. 03 66 91 – 83 95 07
Fax 03 66 91 – 83 95 06

Verfüllmaßnahmen an Grundwasserbeschaffenheitsmeßstellen – Verfahren zur Einbringung von Tonmehl-Zement-Suspensionen

Lutz-Peter Nolte und Helmut Rohde

Das Beschütten von engen und tiefen Ringräumen mit herkömmlichen Füllgütern bei der Herstellung von tiefen Grundwassermeßstellen führt häufig zu erheblichen Mängeln. Geophysikalische Kontrollmessungen zeigen nicht vorhandene oder verrutschte Tonabdichtungen. Hieraus können Mängel wie Umläufigkeiten, hydraulische Kurzschlüsse, Hohlräume und Setzungen an der Oberfläche entstehen. Um dem Güteanspruch von GBM gerecht zu werden und derartige Mängel zu vermeiden, bietet die Ringraumverpressung mit einer Tonmehl-Zement-Suspension nach dem Preussag-Verfahren eine gute Lösung.

1. Einleitung

Eine umfangreiche Darstellung über den Bau von Grundwassermeßstellen gibt das DVGW-Merkblatt W 121 »Bau und Betrieb von Grundwasserbeschaffenheitsmeßstellen«, das im Oktober 1988 erschienen ist. Darin finden sich Aussagen zum Bau und zu den Kontrollen während und nach der Bauausführung sowie Hinweise zur Beprobung. In allen technischen Beschreibungen wird zwar zu den anzuwendenden Bohrverfahren und zur Qualität des Ausbaumaterials Stellung bezogen; was die Verfüllung des Ringraumes betrifft, sind die gemachten Angaben aber eher dürftig.

Schwierigkeiten und Risiken bei der herkömmlichen Ringraumverfüllung von tiefen GBM (Grundwasserbeschaffenheitsmeßstellen) haben uns veranlaßt, über ein neues Verfahren der Ringraumverfüllung nachzudenken.

Ein immer wiederkehrendes Problem bei der herkömmlichen Verfüllung von tiefen

GBM ist die genaue Positionierung von Tonsperren.

2. Probleme bei der herkömmlichen Verfüllung

Die Probleme beim Verfüllen der Ringräume von GBM mit herkömmlichen Schüttgütern wie Quarzfilterkies, Füllkies und Tongranulat oder Tonpellets können unterschiedlicher Art sein. Die Qualität einer regelgerechten Ringraumverfüllung ist von vielen Faktoren abhängig:

A. Von den technischen Faktoren bei der Niederbringung der Bohrung abhängig von:

- den geologischen Verhältnissen (Gerölle, Sandsteinbänke, Schichtgrenzen, Klüfte, Kavernen, Grundwasserspiegel usw.)
- dem Bohrverfahren
- dem Einsatz des richtigen Bohrgerätes, bezogen auf den jeweiligen Bohrauftrag
- dem richtigen Verhältnis Bohrgestänge/

Bohr-End-Durchmesser / Bohrtiefe / Pumpleistung / Aufstiegs geschwindigkeit

- dem auf die jeweiligen geologischen Verhältnisse abgestimmten Spülungsprogramm und der laufenden Kontrolle der Spülungseigenschaften
- dem richtigen Verhältnis Bohr-End-Durchmesser / Bohrtiefe / Dimension des Meßstellenausbauens.

B. Von der Qualität des Bohrloches selbst

abhängig von:

- der Vertikalität der Bohrung
- der Kalibertreue der Bohrung (Auskolkungen durch Nachfall oder zu geringen Bohrfortschritt in Geröllschichten)
- den Querschnittsverengungen durch Quellvorgänge oder sich aufbauenden Ton.

Alle aufgezeigten Faktoren stehen untereinander in engem Zusammenhang und können sich auf den eigentlichen Schüttvorgang negativ auswirken. Der Schüttvorgang selbst ist entsprechend der jeweiligen Schüttiefe mit außerordentlicher Umsicht, mit Sachverstand, mit laufender Kontrollotung und präziser Protokollführung durchzuführen. Als Schüttmaterial sollte wegen seiner guten Sinkeigenschaften und zur Vermeidung von Setzungen im Bereich der Aufsatzrohre und für die Unterschüttung ein gewaschener Füllkies der Körnung 2–8 mm eingebracht werden.

Besondere Sorgfalt ist beim Einbringen der Tonabdichtungen geboten, um Stockwerke untereinander zu trennen und Umläufigkeiten zu verhindern. Hier stehen diverse Produkte der verschiedenen Lieferanten als Pellets oder Granulat zur Verfügung.

Das Beschütten von Ringräumen kann noch so sorgfältig erfolgen; trotzdem werden bei Ringraumkontrollmessungen oder beim laufenden Betrieb von GBM immer wieder Mängel festgestellt, die auf die unter Punkt A. und B. aufgezeigten Faktoren zurückzuführen sind.



Dipl.-Ing. Lutz-Peter Nolte, geb. 1940; Bergbaustudium an der TU Clausthal. Seit 1972 bei der Preussag Anlagenbau GmbH, Abt. Brunnenbau in Hamburg



Helmut Rohde, geb. 1938; Bohrspektor. Seit 1980 bei der Preussag Anlagenbau GmbH, Abt. Brunnenbau in Hamburg

C. Die am häufigsten festgestellten Mängel sind:

- ▶ nicht vorhandene oder durch Setzungen verrutschte Tonabdichtungen, verbunden mit Umläufigkeiten und möglichen Einträgen von Kontaminationen
- ▶ Hydraulischer Kurzschluß unterschiedlicher Grundwasserstockwerke
- ▶ Hohlräume im Bereich von Ringraumverfüllungen durch Brückenbildung bzw. Setzungsvorgänge
- ▶ Setzungen an der Oberfläche, verbunden mit Trichterbildungen und Nachsackungen
- ▶ Versandung oder Sandführung durch die falsche Wahl der Filterkieskörnung bzw. nicht vorhandene Filterkieschüttung
- ▶ Undichtigkeiten im Bereich der Aufsatzrohre.

3. Auffüllung des Ringraumes

Um die vorstehend aufgeführten Mängel und Schadensbilder zu vermeiden und um dem Güteanspruch von GBM gerecht zu werden, geht man immer häufiger dazu über, die Ringräume mit einer Tonmehl-Zement-Suspension aufzufüllen.

Durch die höhere Wichte dieser Füllmassen erreicht man bei entsprechender Anwendungstechnik den Austausch der Spülung gegen die Dichtmasse.



Bild 1: Kolloidalmischanlage mit Vorratsbehälter

Die flüssige Suspension dringt in alle Bereiche des zu verfüllenden Ringraumes ein, verdrängt die gesamte Spülungssäule und sorgt nach dem Abbindeprozeß für eine voll-

ständige Auffüllung und Abdichtung der einzelnen Stockwerke und Trennschichten untereinander. Umläufigkeiten und nachträgliche Setzungen werden vermieden, da keine Hohlräume und Auskolkungen unverfüllt bleiben.

3.1 Füllmaterial

Das Füllmaterial besteht aus einer pumpfähigen Suspension aus Tonmehl-Zement-Wasser (Troptogel, Brutoplast). Als besonders geeignet hat sich eine Suspension im Verhältnis 70 % Tonmehl und 30 % Zement mit einer Dichte von ca. 1,4 – 1,5 g/cm³ erwiesen.

Die Suspension füllt den Ringraum vollständig aus und bleibt auch nach dem Abbindeprozeß plastisch. Inzwischen sind spezielle Fertigmischungen auf dem Markt erhältlich, die eine gleichbleibende Zusammensetzung und einfache Handhabung gewährleisten.

Die zu verpressende Suspensionsmenge ergibt sich aus dem Ringraumvolumen zuzüglich eines Verlustzuschlages. Vom Verpreßmaterial sind, ähnlich den Handhabungen im Betonbau, Proben zu nehmen und zur Beweissicherung dem Auftraggeber zu übergeben. Aus diesem Grund ist besonders auf das geeignete Mischungsverhältnis der Verpreßsuspension zu achten. Die Verfestigung des Verpreßgutes beginnt ca. 5 Stunden nach dem Anmischen und ist nach ca. 3 Tagen abgeschlossen. Die eingebrachte Dichtung behält durch den hohen Tonanteil eine dauerhafte Plastizität.

Ein Druck-Verformungsdiagramm eines Probekörpers nach 3 Tagen Abbindezeit zeigt, daß nach Erreichen der Maximalfestigkeit von 0,2 kN kein Spröbruch erfolgt. Es schließt sich ein weiterer Bereich mit plastischer Verformung an.

Der Durchlässigkeitsbeiwert nach 28 Tagen entspricht mit $< 10^{-10}$ m/s einem natürlich anstehenden Ton.

3.2 Mischvorgang

Für die Mischung der als Sackware erhältlichen Fertigprodukte ist den entsprechenden Angaben des Herstellers über den Wasser-/Produktfaktor zu folgen. Es ist zu vermeiden, daß durch falsche Handhabung der Erfolg der Maßnahme in Frage

gestellt wird; zu viel Wasser bedeutet freies Wasser und kann als Hohlraum bei späteren Kontrollmessungen festgestellt werden. Zu wenig Wasser führt zu Verstopfungen und ge-

fährdet den kontinuierlichen Verpreßvorgang.

Erforderlich ist die kolloidale Vermischung in speziell für diese Stoffe entwickelten Mischern verschiedener Hersteller. Zu fordern ist hierbei die exakte einstellbare Wasserzu-



Bild 2: Zementierstück DN115 NORIP mit Ventilstück und Auspreßkammer

führung. Nach dem Mischvorgang wird die Suspension in einem Vorratsbehälter unter ständigem Rühren für den Verfüll- bzw. Verpreßvorgang vorgehalten. Das Einbringen über die Verpreßrohre sollte mittels Mono- und Plungerpumpen – nach Menge und Druck steuerbar – erfolgen (Bild 1).

Falls gewünscht, kann durch entsprechende Meßsätze der Druck und die Menge kontinuierlich aufgezeichnet werden. Der Verbrauch ist durch Zählen der Säcke und der Ablesungen an der Wasseruhr zu protokollieren.

4. Beschreibung der Verfüll-Verfahren ausgebauter GBM

4.1 Preussag-Verfahren

Bei größeren Ausbautiefen empfiehlt sich die Anwendung des patentierten »Preussag-Verfahrens«. Hierbei wird in den Ausbaustrang aus Kunststoff ein spezielles Ventilstück ca. 5 – 10 m oberhalb der Filterrohre eingebaut. In diesem Zwischenstück befinden sich Öffnungen, die mit einem Ventilsystem gegen den Außendruck verschlossen sind (Bild 2).

Nach dem Einbau des Meßstellenausbaustranges wird der Filter unter laufender Kontrollotung be- und überschüttet. Im Anschluß an den Schüttvorgang wird unter fortlaufender Positionskontrolle der Verpreßkolben am Verpreßgestänge behutsam in das Ventilstück eingefahren. Sind die Sperrklinken des Verpreßkolbens im Ventilstück eingerastet, er-



Bild 3: Verdrängte Dichtmasse im Auslaufgraben

folgt die Sitzkontrolle des Kolbens über Spülungszirkulation. Die Tonmehl-Zement-Suspension wird mittels Kolben-, Plunger- oder Mono-Pumpe mit ca. 100 bis 150 l/min. in den Ringraum gepumpt.

Der Verpreßvorgang ist abgeschlossen, wenn die Suspension mit der eingestellten

Dichte aus dem Ringraum in der Spülgrube austritt (Bild 3).

Zur Kontrolle des Schließmechanismus' am Ventilstück wird die oberste Verbindung am Kopf des Verpreßgestänges geöffnet. Wird kein Auslaufen beobachtet, können Kolben und Gestänge ausgebaut werden.

Im Fall von Undichtigkeiten am Ventil verbleibt die Verpreßgarnitur bis zum Erhärten der Dichtmasse im Meßstellenausbau. Erst dann erfolgt der Ausbau und das konventionelle Entwickeln der GBM.

4.2 Verpressung mit Verpreßrohren im Ringraum

Bei GBM mit geringer Teufe kann der Auffüllvorgang mit einem Gestänge bzw. mit PE-Schläuchen, die in den Ringraum zwischen Bohrlochwand und Meßstellenausbau eingebaut werden, erfolgen.

Bei dieser Vorgehensweise sollte das Bohrloch jedoch bis Unterkante Meßstellenausbau erweitert werden. Auch bei diesem Verfahren erfolgt der eigentliche Verpreßvorgang von unten nach oben.

Der Nachweis für den ordnungsgemäßen Einbau des Füllmaterials wird dadurch erreicht, daß der Verpreßvorgang solange zu erfolgen hat, bis die gesamte Spülungssäule verdrängt und die Dichtmasse bei Gelände austritt (Bild 4).

4.3 Vorteile der Ringraumverpressung

Im Gegensatz zu einer herkömmlichen Verfüllung der Ringräume einer GBM mit Schüttgütern bestehen bei der Verpressung der Ringräume mit einer Tonmehl-Zement-Suspension folgende Vorteile:

- geringerer Bohrlochquerschnitt bei Anwendung des Preussag-Verfahrens
- geringerer Zeitaufwand durch den Verpreßvorgang, verglichen mit einer herkömmlichen Verfüllung
- kürzere Entwicklungszeiten beim Klarpumpen für die Beprobung
- alle Stockwerke und trennenden Schichten eines Bohrprofils werden abgedichtet und damit Umläufigkeiten und evtl. Kontaminationen vermieden
- Hohlräume und Auskolkungen werden ausgefüllt, Trichterbildungen und Nachsackungen vermieden. Eine kostenaufwendige Nachbesserung derartiger Mängel entfällt
- Querschnittverengungen, verbunden mit Brückenbildungen, werden verdrängt.

5. Kontrolluntersuchungen

Die in Berlin mit 150 mm Bohr-End-Durchmesser abgeteufte Testbohrung wurde nach der geophysikalischen Vermessung auf 330 mm erweitert und mit Filter- und Aufsatzrohren DN 115KV mit einem Verpreßstück von 99,5 – 100,0 m = minus Erdoberfläche ausgebaut. Die Tonsperre und die Kies-schüttung wurden entsprechend der Auszeichnung eingebracht (Bild 5). Anschließend wurde die Bezugsmessung und dann die Ver-

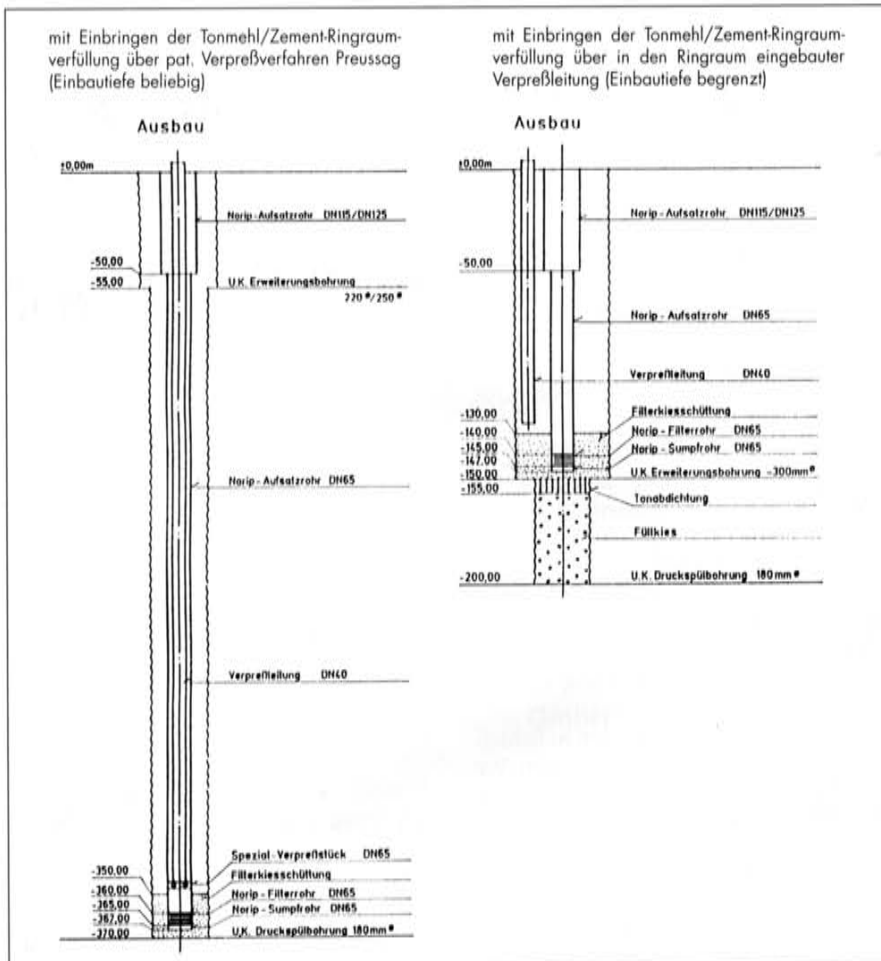


Bild 4: Prinzzeichnung für Verfüllverfahren

pressung der Tonmehl-Zement-Suspension vorgenommen.

Die abschließende Kontrollmessung erfolgte nach einigen Tagen Abbindezeit.

► der Nachweis der Dichtmasse ist mit mehreren Verfahren möglich. Zur Kontrolle der komplizierten Vorgänge erscheint eine Kombination von Gamma- und Gamma-Gamma-

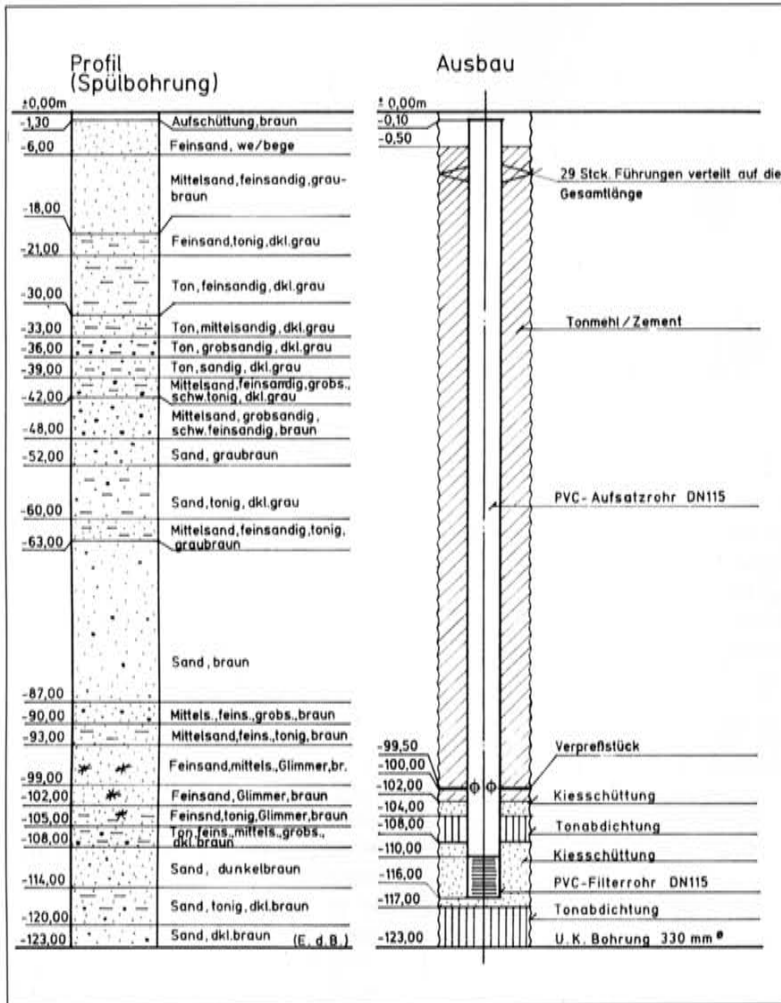
6. Schlußbetrachtung

Auch GBM sind unterirdische Bauwerke, zu deren Herstellung und Erhaltung ein gehöriges Maß an Fachkompetenz erforderlich ist.

Um die vorstehend aufgezeigten Mängel und Schadensbilder bei der herkömmlichen Ringraumverfüllung zu vermeiden und um dem Güteanspruch von GBM gerecht zu werden, sollten die Ringräume mit einer Tonmehl-Zement-Suspension verpreßt werden. Auch bei Brunnenanlagen geht man mehr und mehr dazu über, die Ringräume mit derartigen Dichtmassen aufzufüllen, um teure Sanierungs- und Nachdichtungsmaßnahmen zu vermeiden. ☒

Literaturhinweise

- DVGW Regelwerk, Technische Mitteilung Merkblatt W121, Bau und Betrieb von Grundwasserbeschaffungsstellen. – Bonn, Okt. 1988
- DIN 4021, Teil 1: »Erkundung durch Schürfe und Bohrungen«, Aufschlüsse im Boden
- DIN 4021, Teil 2: »Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben«, Aufschlüsse im Fels
- J. Tschache: Zu technischen Fragen bei der Einrichtung und beim Bau von Grundwassermeßstellen. – Vortragsveranstaltung des Geologischen Landesamtes Schleswig-Holstein 1993/4
- W. Assmann, H. J. Pickel, K. Schelkes, H. Vierhuff: Tiefe Grundwassermeßstellen im Lockergestein, Erfahrung und Weiterentwicklung. – bbr, Heft 2, 1983
- B. Toussaint, W. Pütz: Eignungsprüfung von Grundwassermeßstellen, insbesondere im Zusammenhang mit Programmen zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit. – Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt
- J.D. Henning: Gedanken zum Bau und zur Beprobung von Grundwassermeßstellen. – Vortrag auf der DVGW-Arbeitsitzung »Trinkwasser«, 1985, am 27.11.1985 in Hamburg
- R. Homrighausen, U. Lüdeke: Dichtigkeit von Ausbaumaterialien und Wirksamkeit von hydraulischen Barrieren im Ringraum. – bbr, Heft 7, 1990



(Zeichnung PREUSSAG, Büro Brunnenbau)

Bild 5: Grundwasserbeschaffungsmeßstelle Testbohrung

In der Testbohrung wurden folgende geophysikalischen Messungen durchgeführt: Brunnen-FEL, Magnetiklog, Gamma-Ray, Gamma-Gamma-Messungen mit langem Spacing, Gamma-Gamma-Messungen mit kurzem Spacing, die aus GG berechneten RHO*-Dichtekurven, Neutron-Neutron-Messungen.

Aus diesen Messungen können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

► Von 102–3 m (Unterkante eines Metallschutzrohres) ist Dichtmasse im Ringraum vorhanden

► der Anteil der Partien mit dichtem Material im Ringraum bzw. stärkerem Gebirgsseinfluß liegt unter 10 %

► in allen abzudichtenden bindigen Schichten ist über die gesamte Mächtigkeit oder über ausreichend mächtige Partien durchgehend Verfüllmasse nachgewiesen. Die Meßergebnisse verdeutlichen die Vorteile des Einsatzes einer Tonmehl-Zement-Suspension gegenüber herkömmlichen Dichtungen

Messungen vor und nach dem Verpressen mit Dual-Spacing-Sonden am effektivsten

► um unregelmäßige Materialverteilung im Ringraum, Gebirgsseinflüsse und mögliche Fließkanalbildungen zu erfassen, ist mit den Gamma-Gamma-Sonden jeweils mindestens eine Belegmessung zu fahren

► mit den aus Gamma-Gamma-Messungen berechneten RHO*-Dichtekurven deutet sich eine Quantifizierungsmöglichkeit für den Nachweis der Ringraumverfüllung hinsichtlich Fehlstellen an

► Messungen in der unverrohrten Aufschlußbohrung eignen sich nur bedingt zum Vergleich mit den Messungen nach dem Verpressen, da die veränderten geometrischen Verhältnisse aufwendige Korrekturen erfordern, die oft nicht nachvollziehbar sind.