

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 102 (1984)
Heft: 47

Artikel: Autoentwicklung für die Zukunft: Versuchsfahrzeuge Volvo LCP 2000
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-75572>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 09.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

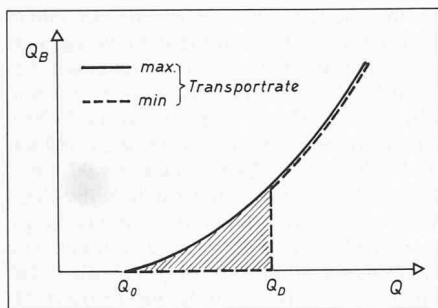


Bild 7. Geschiebefunktion unter Berücksichtigung der natürlichen Sohlenabpflasterung. Im Bereich $Q_0 < Q < Q_D$ ist diese nicht eindeutig definiert.

$$h_D = 0,15 d_m / J$$

Aus diesem Wert lässt sich der Grenzabfluss Q_D für den eigentlichen Erosionsbeginn der Sohle festlegen.

Dadurch muss auch die Geschiebefunktion differenziert betrachtet werden. In einem Bereich $Q_0 < Q < Q_D$ ist diese nicht mehr eindeutig definiert wie auf Bild 1. Wenn der Abfluss Q_0 übertroffen wird, ist zwar der Weitertransport von Material mit dem Durchmesser d_m möglich. Sofern aber keine Geschiebezufuhr von oben erfolgt, so wird auch kein Material aus der Sohle erodiert, und der Geschiebetransport beginnt erst bei Q_D . Je nach Aufgabenstellung muss in diesem Abflussbereich ein Wert für die Transportrate angenommen werden, der zwischen Null und einem Wert liegt, wie er durch die Geschiebefunktion ohne Berücksichtigung des Abpflasterungsprozesses gegeben ist (siehe Bild 7).

Literaturhinweise

- [1] Einstein, H.A.: «The Bedload Function for Sediment Transportation in Open Channel Flows». US Dept. of Agriculture, Techn. Bull. No. 1026, Sept. 1950
- [2] Gessler, J.: «Der Geschiebetriebbeginn bei Mischungen, untersucht an natürlichen Abpflasterungserscheinungen in Kanälen». Mitt. der Versuchsanstalt für Wasser- und Erdbau, ETH Zürich, Nr. 69, 1965
- [3] Günter, A.: «Die kritische mittlere Sohlschubspannung bei Geschiebemischungen unter Berücksichtigung der Deckschichtbildung und der turbulenzbedingten Sohlschubspannungsschwankungen». Mitt. der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, Nr. 3, 1971
- [4] Jäggi, M.: «Alternierende Kiesbänke». Mitt. der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, Nr. 62, 1983
- [5] Meyer-Peter, E.; Favre, H.; Einstein, H.A.: «Neuere Versuche über den Geschiebetrieb». SBZ Bd. 103, Nr. 13, 1934
- [6] Meyer-Peter, E.; Müller, R.: «Formulas for Bedload Transport». Proc. IAHR 3rd Congress, Stockholm, 1948
- [7] Meyer-Peter, E.; Müller, R.: «Eine Formel zur Berechnung des Geschiebetriebs». SBZ, 67. Jg., Nr. 3, 1949
- [8] Müller, R.: «Theoretische Grundlagen der Fluss- und Wildbachverbauungen». Mitt. der Versuchsanstalt für Wasser- und Erdbau, ETH Zürich, Nr. 4, 1943
- [9] Nikuradse, J.: «Strömungsgesetze in rauen Rohren». Forschungsheft des Deutschen Ingenieurwesens, Heft 361, 1933
- [10] Raudkivi, A.: Grundlagen des Sedimenttransports, Springer-Verlag, 1982
- [11] Smart, G.; Jäggi, M.: «Sedimenttransport in steilen Rinnen». Mitt. der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, Nr. 64, 1983
- [12] Smart, G.: «A Sediment Transport Formula for Steep Channels». Proc. ASCE, Journal of Hydr. Engrg. Vol. 110, No. 3, March 1984
- [13] Yalin, M.S.: Mechanics of Sediment Transport, Pergamon Press 2nd ed. 1977
- [14] Zanke, U.: Grundlagen der Sedimentbewegung, Springer-Verlag, 1982

Schlussfolgerungen

Die kombinierte Analyse der Geschiebetransportversuche von Meyer-Peter und neuerer Versuche an der VAW im Steilbereich erlaubten die Herleitung einer neuen Formel zur Berechnung des Geschiebetransports in kiesführenden Flüssen. Bei ähnlichem Aufbau wie bei der bekannten Meyer-Peter-Formel erlaubt die bessere Berücksichtigung des Einflusses des Fließwiderstands auf

das Transportvermögen eine Anwendung auch auf höhere Gefälle bis 20%.

Bei differenzierter Betrachtung des Transportbeginns und der natürlichen Sohlenabpflasterung kann mit der neuen Formel auch eine verlässliche Geschiebefunktion abgeschätzt werden.

Adresse des Verfassers: Dr. M. Jäggi, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH-Zentrum, 8092 Zürich.

Autoentwicklung für die Zukunft

Versuchsfahrzeuge Volvo LCP 2000

(pd). In vierjähriger Entwicklungsarbeit entstand im Volvo-Forschungszentrum eine kleine Serie von vier Versuchsfahrzeugen im Rahmen des «Light Component Project» (LCP). Das Ingenieurteam unter Leitung von Ralph Melde hatte freie Hand, weltweit die modernsten Lösungen aufzuspüren. Die strengen Pflichtenheftanforderungen bezüglich Gewicht, Platzangebot, Treibstoffverbrauch und Fahreigenschaften sowie der Möglichkeiten der Serienfabrikation konnten erfüllt oder übertroffen werden.

Eine Serienfabrikation des Volvo LCP 2000 ist nicht vorgesehen, doch gehen viele der Erkenntnisse aus dieser Entwicklungsarbeit in die Herstellung gegenwärtiger und künftiger Modelle ein.

Pflichtenheft

Bei der Festlegung des Pflichtenhefts Anfang 1979 schienen die Anforderungen an das Versuchsfahrzeug auf der Grenze des Erreichbaren gewählt zu sein:

- ☐ Maximalgewicht (fahrbereit) 700 kg, bei Platz für vier Personen,
- ☐ Durchschnitts-Treibstoffverbrauch 4 l/100 km,
- ☐ Geringer Luftwiderstandsbeiwert $CD < 0,30$,

- ☐ Beschleunigung von 0 auf 100 km/h in unter 13 s und Höchstgeschwindigkeit über 150 km/h.

Bezüglich Qualität, Lebensdauer und Sicherheit muss das Zukunftsauto den heutigen Modellen gleichkommen oder sie übertreffen. Auch für eine allfällige Serienfabrikation waren strenge Auflagen zu erfüllen.

Die energetische Gesamtbilanz des Fahrzeugs war ebenfalls zu berücksichtigen. Für die Herstellung des LCP 2000, den Betrieb über eine Lebensdauer von zehn Jahren

Gewichtseinsparung

Da eine Gewichtsreduktion von 10 Prozent bei einem Auto eine Verbrauchsminderung von etwa 5 Prozent ermöglicht, suchten die Entwicklungsingenieure die günstigste Wahl der Werkstoffe im Rahmen der Pflichtenheftauflagen zu treffen. Dabei machten sie sich Lösungen der Luft- und Raumfahrtindustrie sowie von Forschungslaboratorien in verschiedensten Ländern zunutze, besonders für Erfahrungen in der Anwendung von Leichtmetallen wie Magnesium- und Aluminiumlegierungen.

Unter Verwendung von 50 kg Magnesiumlegierungen konnten 200 kg Gewicht gegenüber der herkömmlichen Stahlkonstruktion eingespart werden. Dank der langfristig sichergestellten Verfügbarkeit von Magnesium (1 m³ Meerwasser enthält 1,3 kg Mg) und der Überwindung der Probleme der Entzündbarkeit und Korrosionsanfälligkeit

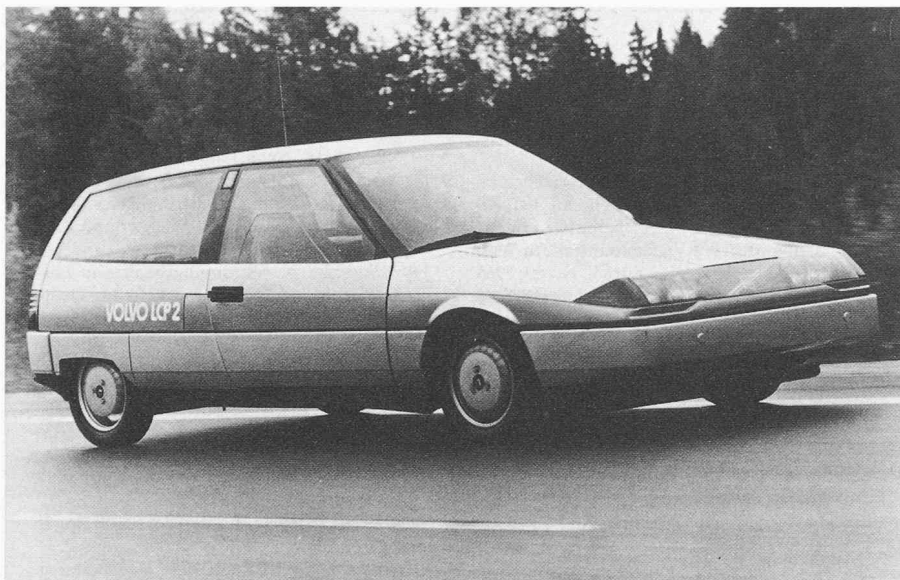


Bild 1. Versuchsfahrzeug Volvo LCP 2000

dürften Magnesiumlegierungen im Leichtbau in Zukunft eine bedeutende Rolle spielen, zumal auch die Herstellungskosten noch laufend sinken. Das Gewicht liegt etwa 30 Prozent unter jenem von Aluminium.

Aus diesem Grund wurden die vorwiegend mechanisch beanspruchten Felgen und Federungsarme sowie Getriebegehäuse, Lenkgehäuse und der mittlere Querträger aus Magnesiumlegierungen hergestellt, ebenso die thermisch beanspruchten Komponenten wie der Motorblock und der Auspuffkollektor.

Die *Aluminiumlegierung* AL-6000 findet für das Chassis und die Verstrebungen der Fahrgastzelle Verwendung. Die Möglichkeit der Kaltverschweissung und der Verklebung vereinfacht die Montagearbeit, und zudem könnte bei einer Serienfertigung die Zahl der erforderlichen Punktschweissungen von heute etwa 4000 auf lediglich 500 gesenkt werden. Sogar die vorderen Bremsscheiben und die hinteren Bremstrommeln der LCP-Fahrzeuge bestehen aus Aluminiumlegierungen. Gegenüber vergleichbaren Stahlkonstruktionen liess sich mit der Anwendung von Aluminium eine Gewichtseinsparung von insgesamt 115 kg erreichen.

Auch *Kunststoffe* finden im Vergleich zu heutigen Modellen vermehrt Anwendung. In Zukunft sollte auch die selbsttragende Plattform des LCP-Fahrgestells aus glasfaserarmiertem Polyamid anstatt aus Aluminium herstellbar werden. Dabei liesse sich die Zahl der Einzelteile von 43 auf 6 herabsetzen. In der vorliegenden Ausführung der LCP-Fahrzeuge sind Kupplungs-, Brems- und Gaspedal aus armiertem Kunststoff hergestellt, was gegenüber Stahl eine Gewichtsverminderung von 7 kg für diese Komponenten erbrachte.

Dach, Motorhaube, die Seitenteile und die Stossstangen sind aus ABS-Kunststoffen gefertigt. Solche Karosserieteile aus Kunststoff haben inzwischen in neueren Seriendesigns verschiedener europäischer Hersteller bereits Eingang gefunden. Ebenso wie die Kunststoff-Fensterscheiben sind diese Karosserieelemente mit Klebstoffen befestigt. Trotz des noch hohen Preises fanden auch Kohlenstoff-Sinterteile und kohlefaserar-

mierte Kunststoffteile Anwendung.

Insgesamt machen Kunststoffe fast einen Drittel des Gesamtgewichts der Versuchsfahrzeuge aus, also einen bisher praktisch unerreichten hohen Anteil. Unter konsequenter Anwendung moderner Leichtbauprinzipien gelang es, das Gewicht des Fahrzeugs auf 645 kg (Trockengewicht) zu beschränken. Die auf die einzelnen Materialien entfallenden Gewichtsanteile des LCP-Versuchsfahrzeugs im Vergleich zur konventionellen Bauweise sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Motorenentwicklung

In Zusammenarbeit mit englischen und deutschen Motorenbauern wurden zwei Turbo-Dieselmotoren mit Direkteinspritzung entwickelt, während Alternativen wie Gasturbine, Elektromotoren, Dampfmotor und Hybridantriebe aus verschiedenen Gründen nach und nach aufgegeben wurden.

Das eine Triebwerk ist ein Dreizylindermotor mit einem Garret-Turboaggregat. Der Motorblock besteht aus Magnesium; der komplette Motor wiegt 98 kg und leistet bei einem Hubraum von 1279 cm³ 50 DIN-PS bei 4300 U/min. Der Treibstoffverbrauch erreicht 4,2 l/100 km im Stadtverkehr, 3,0 l/100 km bei konstant 90 km/h und 4,0 l/100 km bei 120 km/h.

Der zweite entwickelte Motor ist ein Dreizylinder-Allbrennstoffmotor, der mit Benzin, Dieselöl oder sogar Sonnenblumenöl betrieben werden kann. Der Motorblock dieses

Motors besteht aus Gusseisen. Bei einem Hubraum von 1387 cm³ leistet das Aggregat mit einem KKK-Turbolader und einem Ladeluftkühler 90 DIN-PS bei 4500 U/min. Mit diesem Motor erreicht der LCP 2000 einen Treibstoffverbrauch von 4,2 l/100 km im Stadtverkehr, 2,9 l/100 km bei 90 km/h und 3,6 l/100 km bei 120 km/h. Selbst diese Verbrauchswerte glaubt das Entwicklungsteam noch weiter verbessern zu können. Die Höchstgeschwindigkeit liegt bei über 180 km/h, und die Beschleunigung von 0 auf 100 km/h benötigt 11 s.

Fahrwerk

Das Versuchsfahrzeug ist mit Frontantrieb, ölhydraulisch-pneumatischer Federung, Einzelradaufhängung und Niederprofilreifen (65%) ausgerüstet, womit selbst bei sportlicher Fahrweise gute Strassenhaltung und angenehmes Federungsverhalten gewährleistet werden können.

Luftwiderstand und Form

Drei Stylists ausserhalb der Volvo-Organisation wurden mit der Ausgestaltung (Bild 1) der Versuchsfahrzeuge beauftragt. Mit einer Länge von 3,98 m, einer Breite von 1,65 m und einer Höhe von 1,30 m erhielt der Wagen geräumige Abmessungen. Während der Platz für Fahrer und Beifahrer reichlich bemessen ist, sind die beiden hinteren Sitze, die erfahrungsgemäss seltener belegt sind, eher als Hilfsitze ausgelegt. Die Rücksitze sind übrigens umgekehrt angeordnet, so dass die hinteren Passagiere rückwärts fahren. Diese Anordnung bringt grosse Vorteile in bezug auf die Sicherheit, besonders im Fall einer Frontalkollision, und erlaubt, einen grossen Kofferraum von 1 m³ unterzubringen. Die Verstellbarkeit des Lenkrades, der Sitze und der Pedale entspricht den neuesten Erkenntnissen der Ergonomie.

Der Luftwiderstand wirkt sich besonders im Bereich höherer Geschwindigkeiten stark auf den Treibstoffverbrauch aus. Für eine Reduktion des Luftwiderstandskoeffizienten CD um 10 Prozent kann eine durchschnittliche Verbrauchseinsparung von 3 bis 4 Prozent angenommen werden. Daher widmeten die Entwicklungsingenieure der aerodynamischen Gestaltung besondere Aufmerksamkeit. Am Modell im Massstab 1:1 ergaben sich CD-Werte zwischen 0,25 und 0,28, also ein sehr tiefer Wert für ein Fahrzeug dieser Grösse, wobei der Ein- und Ausstieg dennoch bequem gehalten werden konnte.

Tabelle 1. Gewichtsverteilung nach Materialien beim Versuchsfahrzeug Volvo LCP 2000

Material	Volvo LCP 2000		Heutiger «Kompakt»-Wagen	
	kg	%	kg	%
Stahl	130	20,2	429	51,1
Aluminium	178	27,6	110	13,1
Magnesium	43	6,7	-	-
Kunststoff	170	26,4	140	16,7
Gummi	30	4,6	118	14,1
Verschiedenes	94	14,5	42	5,0
Total	645	100	839	100

Ausblick

Obschon eine Serienfabrikation der Versuchsfahrzeuge bei Volvo nicht zur Diskussion steht, basiert die Auslegung des LCP 2000 auch auf montagetechnischen Überlegungen, die aus gründlichen Analysen hervorgingen.

Die gewählte *Modularbauweise* gestattet die konsequente Weiterentwicklung der Teamwork-Montage. Mit dieser Methode konnte Volvo im Werk Kalmar eine Pionierleistung im Automobilbau – die Fliessbandarbeit abschaffen. Mit dem Einbau grösserer

Komponenten auf einer Plattform lässt sich die eigentliche Montagezeit der LCP-Fahrzeuge gegenüber konventioneller Bauweise bis zu 30 Prozent verkürzen. Die Vormontage ganzer Baugruppen wie Motor, Vorderachse und Getriebe oder der Chassisplattform mit Beleuchtung und Kühler kann dezentral in Zulieferbetrieben erfolgen, deren Werkstätten wiederum menschlicheren Massstäben entsprechend eingerichtet werden können. Vormontierte Baugruppen erleichtern zudem die Lagerhaltung stark.

Bei einer Weiterentwicklung zur Serienproduktion könnten nach Ansicht des Entwicklungsteams noch weitere 15 bis 20 kg Ge-

wicht eingespart werden, so dass auch die Pflichtenheftanforderung eines maximalen Gesamtgewichts von 700 kg des fahrbereiten Wagens – der LCP 2000 wiegt fahrbereit 707 kg – erfüllt werden kann.

Wesentliche Erkenntnisse aus der Entwicklungsarbeit gehen jedoch bereits laufend in die Weiterentwicklung der heutigen Modelle ein. Der weiteren Entwicklung der im LCP-Projekt aufgegriffenen Techniken schenkt die Firma grosse Aufmerksamkeit im Rahmen der Forschung und Entwicklung, für welche die Aufwendungen in der Grössenordnung von 10 Prozent des Jahresumsatzes liegen.

SIA-Ordnungen für Leistungen und Honorare

Eine Gegenüberstellung mit der «Anleitung» und dem «Mustervertrag» öffentlicher Institutionen

Mitte August 1984 sind die «Anleitung zum Abschluss von Verträgen für Architektur- und Ingenieurleistungen» und der «Mustervertrag» der Konferenz der Bauorgane des Bundes (KBOB), der Schweiz. Bau-, Planungs- und Umweltschutzdirektoren-Konferenz (SBPUDK) und des Schweizerischen Städteverbandes (StV) mit Inkraftsetzung auf 1. Juli 1984 publiziert worden.

Der SIA erhält zahlreiche Anfragen und hört viele kritische Bemerkungen bezüglich der von öffentlichen Institutionen herausgegebenen «Anleitung» und dem dazugehörigen «Mustervertrag». Diese Unterlagen weichen im Aufbau von den SIA-Ordnungen und den SIA-Verträgen ab. Dies erfordert ein eingehendes Studium und einen genauen Vergleich der Texte, damit die Unterschiede erkannt und gewertet werden können. Dadurch werden die Vertragsvorbereitungen wesentlich erschwert. Man empfindet ferner das Vorgehen als Druckversuch öffentlicher Instanzen, nachdem diese noch massgeblich an der Ausarbeitung der neuen Ordnungen mitgewirkt haben. Schliesslich wird es nicht als Aufgabe der öffentlichen Hand angesehen, Musterverträge zu verkaufen, nachdem bisher auf den Vertragsgrundlagen des SIA die besonderen Vereinbarungen ohne weiteres berücksichtigt werden konnten.

Nachfolgend werden die wesentlichsten Unterschiede dargestellt. Wir hoffen, damit die Diskussion zu versachlichen.

Die Mitwirkung der öffentlichen Hand bei der Revision der LHO

Die Revision der SIA-Ordnungen erfolgte in mehrjähriger Arbeit in Kommissionen, in denen Vertreter der öffentlichen wie der privaten Auftraggeber mitgearbeitet haben. Im Vernehmlassungsverfahren sind alle Interessierten eingeladen worden, ihre Stellungnahme abzugeben. Davon wurde ausgiebig Gebrauch gemacht. Auf konferenziellen Wege wurde hierauf versucht, die aus den unterschiedlichen Standpunkten natürlicherweise noch verbliebenen Differenzen zu bereinigen. Dies ist weitgehend gelungen. Umfassende, einheitliche und klare Ordnungen sind das Ergebnis. KBOB, SBPUDK und StV haben dem SIA zugesichert, dass die neuen LHO als Grundlage für Vertragsverhandlungen mit Auftragnehmern dienen, wobei

aber gegenüber einigen wenigen Formulierungen der LHO Vorbehalte angebracht worden sind.

Mit Schreiben vom 30. April 1984 sind dem SIA die Entwürfe für die «Anleitung» und den «Mustervertrag» zur Abgabe einer Stellungnahme bis 11. Mai 1984 zugestellt worden. Der SIA antwortete – trotz der sehr kurzen Frist – am 10. Mai 1984.

Der Vorschlag eines Ergänzungsblattes

Verschiedene Bestimmungen der «Anleitung» und des «Mustervertrages» weichen nur in der Formulierung oder materiell in untergeordneten Punkten von den LHO ab. Die wenigen verbleibenden Differenzen, die zu Spezialregelungen führen, hätten ohne weiteres als Ergänzung in einem dem jeweiligen

SIA-Vertrag beilegbaren Blatt zusammengefasst werden können. Der SIA beantragte deshalb in seiner Stellungnahme vom 10. Mai 1984 die Auflistung der Abweichungen in einem solchen Ergänzungsblatt. Damit wäre die partnerschaftliche Erarbeitung der LHO und des SIA-Vertragsmusters unterstrichen worden. Die Existenz eines «Mustervertrages» der öffentlichen Hand gibt zu einer Verunsicherung Anlass. Die Anwendung dieses «Mustervertrages» verursacht einen grossen Mehraufwand, muss bei Vertragsabschlüssen der Text doch sehr sorgfältig mit den LHO verglichen werden.

Leider sind KBOB, SBPUDK und StV auf den Vorschlag des SIA nicht eingetreten. Verschiedenen materiellen Einwendungen des SIA ist hingegen in der «Anleitung» Rechnung getragen worden.

Wertung der Unterlagen KBOB/SBPUDK/StV

Die Anwendung der neuen LHO wurde seitens der öffentlichen Hand als Grundlage für Vertragsverhandlungen zugesichert. Dies ist auch in Art. 5.2 des «Mustervertrages» ausdrücklich festgehalten. «Anleitung» wie «Mustervertrag» schöpfen aber den breiten Verhandlungsspielraum der LHO aus. Bei loyaler Anwendung sollte jedoch das Grundprinzip der SIA-Ordnungen – gute Leistung verdient ein angemessenes Honorar – nicht unterlaufen werden.

In der «Anleitung» ist notiert, dass Kosten- wie Zeittarif auf eingehenden Nachkalkulationen beruhen. Im Kostentarif wird der Aufbau der Formel grundsätzlich als richtig anerkannt. Die einzelnen Faktoren (B honorarberechtigte Bausumme, p Honorar-Grundprozentsatz, n Schwierigkeitsgrad bzw. Baukategorie, q Leistungsanteil, r Korrekturfaktor) sind nicht bestritten; sie gelten aber als Richtwerte. Verlangt