

# Insulinkühlung auf dem Motorrad

(für motorradfahrende Diabetiker mit Lust auf Afrika)

Walter Oevel, Zum Deich 11, 33100 Paderborn  
Tel.: 05293-724 (privat), 05251-605523 (Büro);  
Email: [walter@upb.de](mailto:walter@upb.de);  
homepage: [www-math.upb.de/~walter](http://www-math.upb.de/~walter)

24.2.2001

Es geht hier um einen von mir 1985 konstruierten Miniaturkühl-schrank für den Transport von Insulinampullen. Er kam zwischen 1985 und 1989 mehrfach zum Einsatz, jeweils bei Sahara-Reisen im Hochsommer. Als Motorräder wurden eine BMW 80 GS bzw. eine Dnepr MT 16 benutzt.

Der vorliegende Bericht ist eine Überarbeitung einer nun mehr als 15 Jahre alten Vorlage. **Achtung:** Ich habe nicht überprüft, ob die unten angegebenen Bezugsadressen noch gültig sind. Außerdem dürften die angegebenen Preise für die Bauteile wohl kaum noch stimmen.

## Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines zur Insulinkühlung	2
2	Kühlschränke: Für und Wider	3
3	Mein Kühlschrank: technische Daten	4
4	Arbeitsprinzip	5
5	Energiesparen, Temperaturregelung	6
6	Alarmschalter	8
7	Thermometer	8
8	Diverses	9
9	Preis	9
10	Wo den Kühlschrank anbringen?	10

## 1 Allgemeines zur Insulinkühlung

Die Sache ist längst nicht so kritisch: die Pharmaziefirmen geben zwar 8<sup>0</sup>C als Lagerungstemperatur an, dies scheint aber ein Wert zu sein, der die Haltbarkeit für Langzeitlagerung über Jahre hinweg garantieren soll. Ich hatte mich direkt an Chemiker der Insulinabteilung der großen Pharma-Firmen gewandt und dort folgende Informationen erhalten (inoffiziell, aus versicherungstechnischen Gründen bekommt man auf offizielle Anfragen nur die 8<sup>0</sup> genannt): Im Zusammenhang mit implantierten Insulinpumpen ist die Haltbarkeit des Insulins bei Körpertemperatur recht genau untersucht worden. Nach 6—8 Wochen Lagerung bei Körpertemperatur liegen die Aktivitätsraten immer noch über 90%, womit das Insulin für alle praktischen Belange voll verwendungsfähig ist. Bei Temperaturen über 40<sup>0</sup>C wird es natürlich kritisch. Allerdings sei selbst nach kurzzeitigem Überhitzen (mehrere Stunden bei 50<sup>0</sup>C) Insulin noch bedingt verwendungsfähig, konkrete Zahlenwerte habe ich dazu allerdings nicht. In der Zeitschrift „Apotheken-Praxis“ vom 15.8.96 findet sich folgende Tabelle, welche die obigen Aussagen tendenziell bestätigen. Bei einer konstanten Lager-temperatur von 40<sup>0</sup>C wurde gemessen, nach welcher Zeit die Aktivität auf 98% bzw. auf 95% gesunken war:

Insulin	98%	95%
Actrapid	5 Wochen	14 Wochen
Semilente	2 Wochen	5 Wochen
Lente	1 Woche	4 Wochen
Rapitard	3 Wochen	7 wochen
Ultralente	1 Woche	3 Wochen

Diese Aussagen stimmen auch mit meinen eigenen Erfahrungen überein. Ich trage stets einige Reserveampullen in meiner Jackentasche herum, falls man durch irgendwelche Umstände (Diebstahl, Unfall) mal von seinen eigentlichen Vorräten getrennt werden sollte. Eine dieser Ampullen, die 6 Wochen Afrika im Hochsommer (in der Regel 30–40<sup>0</sup> und einige Nachmittage mit 50<sup>0</sup>) ungekühlt hinter sich hatte, ist von mir mal ausprobiert worden, nachdem ich zurück war und der Stoffwechsel sich wieder auf „Heimat-Betrieb“ umgestellt hatte: die Wirkung hatte zwar merklich nachgelassen, aber ich konnte mich mit erhöhten Dosen und weniger Essen passabel über Wasser halten. Fazit: nicht für wochenlangen Gebrauch zu empfehlen, aber es ist gut zu wissen, daß man zur Not auf jeden Fall durchhalten kann, bis man wieder an frisches Insulin herankommt. Ich bin inzwischen nach mehreren Reisen in heißen Ländern zu der Einstellung gekommen, daß ich bei Temperaturen bis zu 40<sup>0</sup> gar nicht mehr über die Insulinkühlung nachdenke. Man muss sich klarmachen, daß man sich wirklich schon im Hochsommer in Südspeanien oder halt Afrika befinden muß, um auf solche Temperaturen zu treffen. Für „normale“ Fahrten innerhalb Europas tut's also in der Regel die Jackentaschenlösung. Genauer gesagt: ich benutze eine ganz normale kleine Thermoskanne für den Transport der „Hauptvorräte“ in etwas wärmeren Gefilden.

**Andererseits:** Man muß sich darüber im Klaren sein, daß bei absolutem Insulinmangel innerhalb weniger Stunden Koma-Gefahr erreicht ist, man hat also

keinerlei zeitlichen Spielraum, wenn durch irgendwelche unglücklichen Umstände der gesamte Insulinvorrat verdirbt. Das Insulin will damit sorgfältiger gehütet sein als etwa Pass und Geld.

Ein letzter Hinweis, falls das Insulin mal unterkühlt werden sollte: die Aktivität wird durch Gefrieren nicht beeinträchtigt, aber Depot-Insulin kristallisiert dabei zu Kurzzeit-Insulin um.

## 2 Kühlschränke: Für und Wider

Als erstes wieder eine Warnung: eine Eigenkonstruktion ist langwierig und teuer. Ich habe 2 Monate lang täglich mehrere Stunden organisiert, bestellt, gerechnet, mit Leuten diskutiert, gebastelt und getestet (immer mit der Befürchtung im Hinterkopf, daß das Ding doch nicht funktionieren wird). Jetzt ist es nicht mehr so schlimm, denn ich kann Euch Bauprinzip, Bestelladressen und Tips liefern, vor allem die Bestätigung, daß es wirklich funktioniert, sogar prächtig. Trotzdem, es ist mehr Arbeit, als man sich zunächst vorstellt.

Überlegt Euch vorher, ob Ihr - angesichts der allgemeinen Informationen zur Insulin-Kühlung - so ein Ding wirklich braucht. Man trifft selten auf Temperaturen über 40<sup>0</sup>, dann hängt man eh' irgendwo im Schatten rum und hat genügend Muße, sein Insulin in einen nassen Lappen zu wickeln und ständig feucht zu halten. Durch die Verdunstungskälte wird das Insulin dann auf jeden Fall ausreichend gekühlt. Beim Fahren auf dem Motorrad funktioniert das nicht so recht, weil alles blitzschnell austrocknet und man ständig anhalten und wieder anfeuchten müßte. (Allerdings sollte man bei solchen Temperaturen sowieso nicht fahren, sondern sich die Ruhe antun.)

Ich würde -außer bei Extremfahrten- jetzt auch ohne Kühlschrank losfahren. Da in der Regel nur tägliche Temperaturspitzen jenseits der Körpertemperatur abzufangen sind, dürfte es in der Regel völlig ausreichen, das Insulin in handelsüblichen Thermobehältern zu transportieren. Die Thermoskanne kann zusätzlich morgens mit frischem Wasser aufgefüllt werden, um die Aufwärmung im Laufe des Tages zu reduzieren (auch mitten in der Sahara steht morgens immer Wasser mit höchstens 20<sup>0</sup> zur Verfügung). Werden die kritischen Außentemperaturen täglich nur kurz überschritten, so reicht dieses Verfahren aus. Es ist die einfachste und kostengünstigste Lösung.

Erst in Extremsituationen („Sahara im Hochsommer“) sind weitere Maßnahmen angesagt. In der Tat hatte ich Insulinreserven während eines 4 wöchigen Äypten-Urlaubs im Juli/August in einer Thermoskanne mitgeführt. Am Ende des Urlaubs hatte sich das Insulin optisch deutlich verändert! Über die verbleibende Wirksamkeit kann ich in diesem Fall nichts aussagen, da ich lediglich das im Kühlschrank transportierte Insulin verwendet habe und die Reserven zum Schluß einfach weggeworfen wurden.

**Für Rucksacktouristen:** Da sehe ich keine praktikable Möglichkeit, sich einen Mini-Kühlschrank zu bauen, wegen des hohen Energiebedarfs, man würde sich an Batterien totschieben. Vielleicht geht es doch bei ganz geschickter Dimensionierung, zumal man in der Regel nur wenige Grade herunterkühlen muß um auf unter Körpertemperatur zu kommen.

Für **Autofahrer**: Es gibt fertige Mini-Kühlschränke zu kaufen, die für Medikamententransporte gedacht sind. Es gibt sie auch bei Ausrüstern von Wohnmobilen, ich habe sogar einmal einen in einem normalen Kaufhaus bei Camping-Artikeln gefunden. Diese Geräte werden von der elektrischen Anlage des Fahrzeugs angetrieben (also 12V), die kleinsten haben Ausmaße etwa L406xB260xH364 mm, Gewicht 4 kg, Kühlinhalt 12 Liter, Energieverbrauch um die 40 Watt, Preise etwa 300 DM (vor einigen Jahren). Kataloge und viele weitere Informationen gibt's z.B. bei

WAECO-Wähning & Co. Gmbh  
Sinninger Str. 36, Postfach 1144  
D-4407 Emsdetten  
Tel. 02572 / 3046

Die obigen Daten beziehen sich auf das Modell „Tropicool 12“ dieser Firma. Im Auto würde ich niemals eine Eigenkonstruktion beginnen, sondern so einen Kühlschrank kaufen, das ist das Einfachste, Bequemste und sogar Billigste, und das Kühlproblem ist damit erledigt.

Für **Motorradfahrer** kommt das wohl nicht in Frage: diese Geräte sind zu groß und damit nicht sturzsicher unterzubringen, der Energieverbrauch ist zu hoch, außerdem kann man sie nicht restlos verkleiden (mit einem eingebauten Gebläse wird die Wärme abgeführt), sodaß man sie nicht ganz vor Regen und Staub schützen kann. Also ist eine Eigenkonstruktion fällig.

### 3 Mein Kühlschrank: technische Daten

Ich werde im Folgenden meine eigene Konstruktion beschreiben, aber es ist natürlich jedem selbst überlassen, wie er sein Gerät dimensionieren will. Auf jeden Fall: das Prinzip funktioniert.

Zunächst einige Daten meines Kühlschranks:

Außenabmessungen: L 107 x B 60 x H 85 mm

Kühlinhalt: 3 Insulinampullen

Innentemperatur: wird durch ThermoSchalter zwischen 15<sup>0</sup> und 30<sup>0</sup> gehalten.

Verbrauch: zwischen 15 und 20 Watt.

Reine Materialkosten: ich habe durch ungeschickte Einkäufe etwa 800 DM (mit allem Drum und Dran, incl. elektronischem Thermometer) gebraucht. Jetzt bin ich schlauer, habe billigere Bezugsadressen und würde es bei einem neuen Versuch für etwa 400 DM hinbekommen.

Zum Verbrauch: Bei laufendem Motor liefert die Lichtmaschine immer genügend Energie. Das eigentliche Problem sind heiße Tage, an denen man gar nicht fährt. Der effektive Stromverbrauch ist schwer abzuschätzen, da durch die ThermoSchalter sich das Gerät erst bei einer Innentemperatur von etwa 30<sup>0</sup> einschaltet, dann bis 15<sup>0</sup> herunterkühlt und sich dann wieder ausschaltet. Mit der 20Ah-Batterie meiner BMW konnte ich das Motorrad 2 Tage lang in praller Sonne (Hochsommer im Niger) abstellen, am Abend des 2. Tages war die Batterie leer. Achtet man drauf, daß die Maschine stets im Schatten steht, so verlängern sich

die Aus-Phasen und die Batterie reicht länger. Wenn man jeden Tag ein bißchen fährt, ergeben sich keine Probleme, bei längeren Aufenthalten findet man dann in der Regel sowieso andere Kühlmöglichkeiten (eisgekühlte Cola gibt es wirklich überall).

## 4 Arbeitsprinzip

(Achtung: diesem Dokument sind keine Skizzen ('Bauteil A' etc.) beigelegt.)

Die aktiven Bausteine sind sogenannte Peltier-Elemente, die es bei Zulieferern von Physik-Labors und in besseren Elektronik-Handlungen gibt. Das sind platte elektronische Bausteine (in meinem Fall etwa 30 x 30 x 4 mm groß), im Wesentlichen 2 dünne Keramikplatten mit Halbleiterblöcken dazwischen. Da hängen zwei Drähte draus hervor, an die man bis zu knappen 9 Volt Gleichspannung anlegt, worauf die eine Seite warm, die andere kalt wird. Diese Dinger pumpen also einfach Wärme. Ich habe 4 Elemente CP 1.4-71-06L der Firma

AMS  
Componenten und Systeme der Electronic  
Josephsburgstrasse 4  
8000 München 80  
Tel: 089/433596

eingebaut, Stückpreis etwa 70 DM. AMS ist eine der besten und billigsten Bezugsquellen. Man bekommt die Peltier-Elemente in aller Größen und Leistungen, ich habe Dutzende verschiedener Schaltungen mit unterschiedlichen Typen durchgerechnet, der obige Typ war für meine Schaltung am besten.

Die Insulinampullen (3 Stück bei mir, bei größerem Insulinbedarf macht man halt alles etwas größer, kein Problem) stecken in einem Alublock (Bauteil A) mit geeigneten Bohrungen von 24mm Durchmesser. Die Ampullen haben damit ein wenig Spiel, damit bei ganz tiefen Temperaturen nicht etwa das sich zusammenziehende Aluminium die Ampullen sprengt. Keine Angst, die Ampullen werden auch nach Tausenden von Kilometern Wellblechpiste durch die Schüttelei nicht zerdeppert.

(Anmerkungen: ich würde den Block nicht wieder auf die momentan verwendeten Insulinampullen zuschneiden. Ein paar Jahre später ist man auf ein anderes Insulin mit anderen Ampullengrößen eingestellt und braucht eventuell größere Mengen. Der Kühlbereich sollte lieber großzügig bemessen werden, bei zu viel Platz legt man die Ampullen halt in Tücher eingewickelt hinein).

Dieser Alublock ist von allen Seiten -bis auf eine- von Styropor ummantelt, auf der letzten Seite befinden sich die Peltierelemente (Bauteil B), die Wärme von dem Alublock weg auf die „heiße Aluplatte“ (Bauteil C) pumpen. Das restliche Problem ist es nun, die Wärme von dieser Platte abzuführen, damit sie sich nicht zu sehr aufheizt. Ich habe sie einfach auf die Innenseite meiner Alupacktasche geschraubt (mit Wärmeleitpaste dazwischen, gibt's in jedem Elektronikladen, wird auch mit den Peltierelementen mitgeliefert, ist aber -glaube ich- gar nicht so wichtig), sodaß sich die Wärme auf die gesamte Packtaschenseite verteilt und

dort durch Fahrtwind, Luft-Zirkulation oder einfach durch Strahlung abgeführt wird.

Das Prinzip ist also ganz einfach (und damit nicht anfällig), funktioniert aber tadellos.

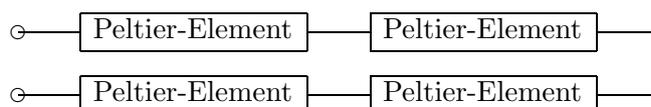
Die Peltierelemente bauen bei festgelegter Spannung und vorgegebenem Wärmedurchfluß (dieser ist bei diesem Kühlschranks gegeben durch die ins Innere fließende Wärme durch die Isolationsschicht) eine bestimmte Temperaturdifferenz auf, die durch die Baudaten der Peltier-Elemente gegeben ist. Die Innentemperatur des Kühlschranks ist damit gegeben durch die Temperatur der „heißen Aluplatte“ minus der Temperaturdifferenz, die durch die Konstruktion festgelegt ist. Im Fahrtwind wird die „heiße Aluplatte“ stets auf Lufttemperatur gehalten, im Stand erhitzt sie sich etwas über Umgebungstemperatur (nicht sehr viel), bis genügend Wärme abstrahlt und ein Gleichgewicht erreicht wird. Bei maximaler Spannung (8,6 Volt) und extrem guter Isolation (also fast kein Wärmezufuß) kann ein einzelnes Element eine Temperaturdifferenz von über  $60^0$  aufbauen. Da man an die 12 Volt des Bordnetzes gebunden ist, Vorwiderstände zur Spannungsreduktion verschwendete Batterie-Energie bedeuten und Elektronik (Zerhacken, Runterspannen, Gleichrichten) wegen (Temperatur)Anfälligkeit nicht in Frage kommt, bietet sich eine Serienschaltung zweier Elemente an, die dann jeweils gut 6 Volt abbekommen, das ist ein ganz passabler Arbeitspunkt. Da ich keine Erfahrung hatte, habe ich sicherheitshalber eine 2. Stufe mit 2 weiteren Peltierelementen verwendet, d.h. die beiden am Alublock befindlichen Elemente pumpen Wärme auf eine Zwischenplatte (Bauteil D), von dort wird die Wärme über die 2. Stufe auf die „heiße Aluplatte“ weitergepumpt. Dadurch erhöht sich die Temperaturdifferenz (allerdings nicht auf das Doppelte, da die 2. Stufe die Eigenwärme der 1. Stufe mitpumpen muß). Meinen Berechnungen nach hätte die Schaltung bei meiner Konstruktion mit der von mir verwendeten Isolierung eine Temperaturdifferenz von etwa  $60^0\text{C}$  aufbauen müssen, die Messungen später ergaben dann aber nur  $35^0\text{C}$  (das ist der berüchtigte Unterschied zwischen Theorie und Praxis), das reicht aber allemal. Da das Gesamtgerät bei mir sehr klein werden sollte, ist meine Isolation allerdings sehr dürftig ausgefallen, ich würde heute auf allen Seiten einen cm Styropor mehr spendieren, womit die Temperaturdifferenz deutlich raufgehen sollte. Die 2. Stufe dürfte dann damit überflüssig werden. Vorteil der 2. Stufe ist allerdings: sollte ein Peltier-Element kaputtgehen, so kann man ohne große Basterei die entsprechende Stufe von außen einfach abklemmen und hat immer noch die verbleibende funktionsfähige Stufe zur Verfügung.

## 5 Energiesparen, Temperaturregelung

Ganz wichtiger Aspekt. Da da riesigen im Prinzip zu erreichenden Temperaturdifferenzen unnötig sind, sollte man versuchen, den Energiebedarf möglichst zu senken, damit im Stand nicht die Batterie schon nach einigen Stunden leer ist. Da ein einzelnes Element nicht mit 12 V fertig wird, muß man zunächst die Spannung vernünftig reduzieren. Hat das Motorrad nur eine schwache Batterie, so kann man eine zusätzliche 6 V-Batterie irgendwo anbauen und dazwischen-

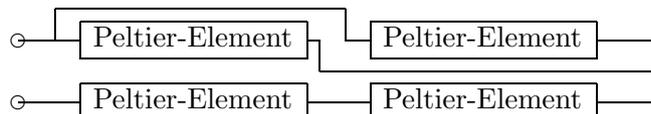
schalten, womit man noch zusätzliche Kapazität gewonnen hätte. Der andere Weg ist eine Serienschaltung mehrerer Elemente, sodaß jedes Element bei geringerer Spannung läuft, dafür ist die erreichbare Temperaturdifferenz nicht so groß. Wenn ich den Kühlschrank noch einmal bauen würde, würde ich wieder 4 Elemente (2 Stufen mit je 2 Elementen) verwenden, alle in Serie geschaltet, sodaß der Energieverbrauch gering ist. Die Verkabelungen würde ich so anbringen, daß man bequem in einem Handgriff die Schaltung umändern kann, etwa von

energiesparend,  
kleine  
Temperaturdifferenz



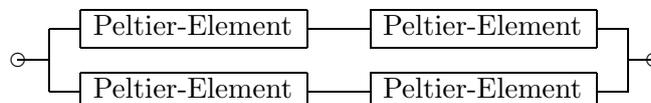
auf

mittlere Leistung



oder

volle Leistung,



sodaß man sich den Umständen anpassen kann. Aber Achtung, lieber Klemmen nehmen und eventuell mit dem Schraubenzieher hantieren müssen als bequeme aber anfällige Schalter einbauen. Meine Kühlschrank ist auf „mittlere Leistung“ geschaltet, der Energieverbrauch liegt beim Einschalten bei etwa 20 Watt, wird die Temperaturdifferenz aufgebaut, so erhöht sich der Innenwiderstand und die Leistung geht auf etwa 15 Watt zurück. Alles gemessen in einem Wärmeschrank bei 60°C.

Der wichtigste Punkt zum Energiesparen ist die Temperaturregelung. Ich habe mehrere Temperaturschalter am inneren Alublock befestigt. Die billigste (und dabei wohl sehr zuverlässige) Lösung sind die Klixon-Temperaturschalter in einer Waschmaschine (30°C-Stufe). Zu bestellen etwa beim nächsten Kundendienst vom Quelle-Versand, etwa 20 DM. Ich habe diese Dinge allerdings nie ausprobiert, sondern kleinere Schalter bei

Eberle GmbH  
Oedenberger Str. 55-65, Postfach 130153  
8500 Nürnberg 12  
Tel: 0911/5693-1

bestellt. Kataloge kommen lassen! Die Auswahl ist riesig. Weiter Bestelladresse:

SECME, Wendelsteinweg 11, Postfach 1317, 8028 Taufkirchen/München, Tel. 089/6127031. Nach Thermostaten fragen.

Dies sind knopfförmige runde Schalter, in denen bei steigender Temperatur ein Bi-Metallplättchen von einer Position in eine andere springt und dabei einen Stromkreis schließt oder öffnet (man braucht natürlich den Typ, der bei hohen Temperaturen schließt). Sinkt die Temperatur dann wieder, so springt das Plättchen erst bei einer (in der Regel etwa 10 - 15 °C) niedrigeren Temperatur zurück und öffnet den Schaltkreis. Es gibt Schalter mit allen möglichen Sprungtemperaturen zur Auswahl. Riesennachteil: Mindestbestellmengen für knapp 200 DM ! **Achtung:** die Schalter vor dem Einbau ausprobieren, nicht alle funktionieren einwandfrei. Die Schalter sind die einzigen mechanischen Teile im Kühlschrank (und damit etwas anfällig). Einer der eingebauten Schalter klemmte bei mir gleich nach ein paar Tagen und mußte abgeklemmt werden, der Reserve-Schalter tut's jetzt seit Jahren trotz Rüttelerei über mehrere Tausend km Wellblechpiste.

Der obere Schaltungspunkt liegt bei mir bei 30°C, der untere bei 15°C. Damit springt mein Kühlschrank erst bei einer Innentemperatur von 30°C an, kühlt auf 15°C herunter und schaltet sich dann wieder aus, hierdurch kommt die größte Energieeinsparnis zustande.

## 6 Alarmschalter

Ich habe einen weiteren Temperaturschalter eingebaut, der bei einer Innentemperatur von 37°C schließt und dann ein Lämpchen am Armaturenbrett aufleuchten läßt über eine völlig separate Stromversorgung. Das soll mir anzeigen, wenn irgendein Defekt auftritt und der Kühlschrank nicht mehr funktioniert. Das hat sich als extrem wichtig erwiesen, da ich in den Zuleitungen vom Bordnetz Schalter eingebaut hatte, die mit Sand und Staub nicht klarkamen und zum Schluß kurzgeschlossen werden mußten. Nicht vergessen, wenn unbemerkt ein Defekt auftritt und das Insulin zerkoht, dann wird's böse ! Ich wüßte nicht, wie man billig an einen Temperaturschalter in diesem Bereich herankommt. Vielleicht habt Ihr Glück und erwischt 2 Waschmaschinenschalter mit etwas unterschiedlicher Sprungtemperatur, sodaß man einen zum Regeln und den anderen zum Warnen verwenden kann. Oder vielleicht den regelnden in der Nähe der Peltierelemente anbringen (dort ist in ausgeschaltetem Zustand der größte Wärmezufuß von außen, sodaß es dort ein bißchen wärmer ist).

## 7 Thermometer

Ich hatte mir für die Konstruktion ein elektronisches Thermometer gekauft (etwa 100 DM), dessen Temperaturfühler ich beim Zusammenbau dann im inneren Alublock versenkt habe, sodaß ich jederzeit die Innentemperatur messen kann. Dient vielleicht mehr meinem Spieltrieb, es ist aber beruhigend, jederzeit eine exakte Kontrollmöglichkeit über den Kühlschrank zu haben. Das Thermometer kann man sich auch getrost selbst bauen, Schaltpläne und Zubehör gibt's in jedem Elektronikladen.

(Nachtrag im Jahre 2001: elektronische Thermometer bekommt man heutzutage für ein paar Mark in jedem Supermarkt.)

## 8 Diverses

Die Peltierelemente sind mechanisch vorsichtig zu behandeln, sie dürfen nicht zu stark gequetscht werden. Die „heiße Aluplatte“ wird mit 4 Schrauben M5 an den inneren Alublock geschraubt, die beiden Stufen der Peltierelemente sowie die Zwischenplatte (Bauteil D) sind einfach dazwischen geklemmt (Wärmeleitpaste nicht vergessen, hier wichtig). Mit Fingerspitzengefühl die Schrauben vorsichtig und gleichmäßig anziehen, sodaß die Peltierelemente auch nach längerer Rüttelung nicht verrutschen. Alle Teile, die die Peltierelemente berühren, sollten poliert sein, damit die Wärme gut übertragen wird. Die 4 Schrauben, mit denen geklemmt wird, sind mit Teflon-Scheiben unterlegt, um den Wärmerückfluß von der „heißen Aluplatte“ zum inneren Alublock etwas zu dämmen. Unter diesem Aspekt wären Plastikschraben besser, die würden sich aber bei hohen Temperaturen dehnen. Die Schrauben müssen natürlich versenkt werden, damit die heiße Platte wärmeleitend an den Kühlkörper (Packtasche oder was auch immer) angeschraubt werden kann. Alle Schrauben sind bei mir mit Klebstoff gesichert.

Die Styroporummantelung des inneren Alublocks (Platten zurechtschneiden oder ausschäumen) ist von einer Alu-Außenverkleidung umgeben, die ich mir in einem Aluminium verarbeitenden Betrieb habe anfertigen, kanten und schweißen lassen. Dieses Gehäuse ist mit einer dicken Klebeschicht von der heißen Platte thermisch abgekoppelt. Nachteil: einmal geklebt, kommt man nicht mehr zum Reparieren ans Innere des Kühlschranks. Daher lieber einige Reserveteile mit einbauen, die man von außen abklemmen oder dazuschalten kann. Oder halt nicht kleben, sondern schrauben. Ich habe keine Ahnung, ob die Klebung zur Wärmeentkopplung wirklich viel bringt.

Um ans Insulin zu gelangen, ist die obere Styroporplatte abnehmbar. Das umgebende Alu-Gehäuse ist oben offen, darauf sitzt ein Alu-Deckel, den ich lediglich mit aufgeklebten Klettverschlüssen befestigt habe. Dem Perfektionsdrang ist natürlich keine Grenzen gesetzt.

## 9 Preis

Hängt davon ab, wieviele Peltier-Elemente verwenden sollen, was für Thermoschalter man nimmt, ob ein Thermometer gekauft oder selbst gebaut werden soll:

2 oder 4 Peltierelemente	140 – 280	DM
Thermoschalter	20 – 200	DM
Alublöcke, Platten, Gehäuse	50 – 100	DM
Thermometer	100	DM
<hr/>		
	200 – 700	DM

Das gibt euch eine Vorstellung über die Größenordnungen. Billig ist es nicht, außerdem viel Arbeit. Vielleicht geht das alles auch viel simpler und billiger, Ihr solltet das Alles mehr als Anregung verstehen und keinesfalls als fertigen Bauplan. Wer Ideen hat, möge sich melden, ich würde mich wirklich über ein weiteres Exemplar (oder eine ganz andere Konstruktion) freuen.

## **10 Wo den Kühlschranks anbringen?**

Das Bauprinzip ist so, daß der Kühlschrank sehr flexibel untergebracht werden kann: die „heiße Platte“ ist an irgendeinem Metallgegenstand aufzuschrauben, der die Wärme in die Umgebung ableitet. In mehreren Fällen, wo ich mit Alu-Koffern unterwegs war, wurde die „heiße Platte“ einfach auf die Innenseite der dem Motorrad zugewandten Seite des Alu-Koffers aufgeschraubt (diese Seite bekommt keine direkte Sonnenstrahlung ab. Sollte natürlich nicht in der Nähe des Auspuffs liegen.). In einem anderen Fall war ich ohne Alu-Koffer unterwegs. Ich habe mir einfach eine kleine Geldkassette gekauft, die fest mit dem Rahmen des Motorrads verschraubt wurde und quasi als „Mini-Koffer“ nur für den Kühlschrank diente.