



## 空中花园（屋顶花园）

**绿色屋顶 = 天然空调**

**(屋顶绿化, 隔热, 自然冷却降温)**

在屋顶种植植物, 每天定时浇水, 已经作为一种绿化方式被应用。绿色屋顶不仅起到了隔热, 调节气候的作用, 还会美化环境, 具有观赏性。

- Michael Blumberg



[www.blumberg-engineers.de](http://www.blumberg-engineers.de)

### 绿色屋顶的应用

绿色屋顶又被称为天然空调。夏季通过水的蒸发将室内的热量散发出去, 冬季植物又可以防止室内的热量流失, 起到保温的作用。目前在不伦瑞克 (Braunschweig) 联邦农业研究中心 (FAL) 正在对这种效果进行研究。



*Braunschweig 联邦农业研究中心 (FAL) 牛棚屋顶(2006)*

开姆尼茨（Chemnitz）萨克森纺织研究所（STFI）研制的保水垫，被铺在总面积834m<sup>2</sup>的奶牛棚顶（倾斜式屋顶）。用于均衡气候，温度，改善奶牛居住条件和提高牛奶产量。

绿色屋顶除了被作为天然空调外，还有很多其他用途。它可以直接回收利用雨水，减轻城市排水系统的压力。植物生长吸收雨水中的营养物质，起到净化雨水的作用。绿色屋顶不仅可以对雨水进行回收利用和净化，也能利用和净化居民污水，农业污水和工业污水。使污水处理费用降低，减轻城市排水系统和污水处理厂的压力，增加绿化面积，使水在自然界更好的循环。净化后的水可用于花园和农田的灌溉以及公共卫生设施（如：厕所）等。



*Braunschweig, FAL 牛棚供水管 (2006)*

目前城市空气中的细颗粒物污染越来越严重，水生植物可以过滤空气中的悬浮物质（干沉降），使其沉积在植物表面，被雨水冲刷后进入保水垫内，作为营养物质被植物吸收利用。

另外绿色植物还可以起到保护屋顶，防止风化的作用。可以延长屋顶的使用寿命。

对于可步入式的屋顶，还可以作为空中花园和休闲区，增强建筑的视觉效果。

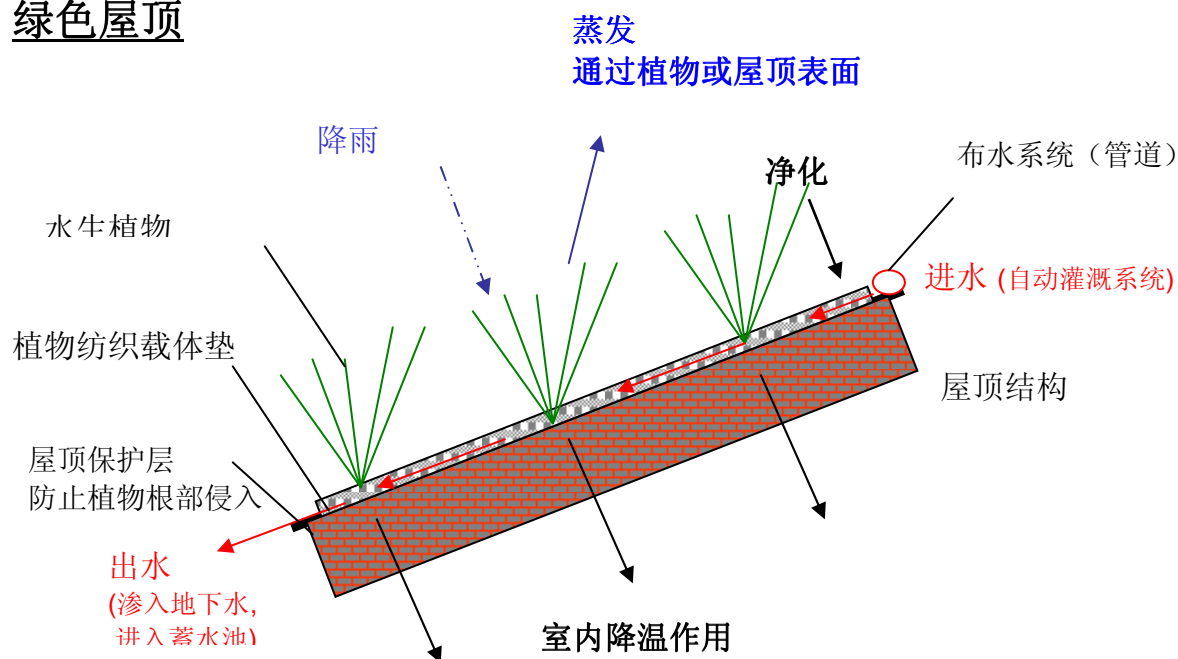
## 绿色屋顶的结构和原理（试点：FAL 牛棚）

在建造 FAL 棚顶时，水生植物先在载体垫中进行培养。选择使用的植物载体垫，既要能很好的保存水分，同时可以保护屋顶（挡阳光和紫外线）。经过一个植物生长期后（大约 4 到 5 个月），待植物根系完全长入载体垫内，这些载体垫在 2005 年 11 月被铺到或固定到倾斜度 15° 的屋顶。



安装植物载体垫 (2005)

## 绿色屋顶



绿色屋顶的结构和原理

为了防止植物根部侵入屋顶，破坏屋顶表面结构，可以用池塘防渗层（铝箔防渗）作为保护层。

为了在不同季节给植物生长提供足够的水分，必须在屋脊上配置布水管，建立一个完整的人工灌溉系统。



布水管的出水口



屋脊上的灌溉系统

整个屋顶分六段，每段由 11 到 12 个植物载体垫组成，每个载体垫宽 1,18 m。每段有两个出水口，保证每天 750 升的供水。为使植物无论是在夏季还是冬季都能达到最佳生长状态，我们对具体的供水量进行了不同的实验测试和优化。多余的雨水通过植物载体垫流出，收集在蓄水池中，以保证植物的灌溉。植物和微生物通过提取水和空气中的营养物质进行生长。

通过载体垫流出的水，可以将室内的热量带走。通过定时灌溉，植物的蒸腾作用以及夏季对阳光的屏蔽，都可使室内温度降低，为奶牛的居住创造了良好条件。

水从载体垫流出后，通过排水管，最终流入砂石过滤区。过滤后的水将渗入地下水或者存入蓄水池，通过抽水泵回到屋顶对植物进行灌溉。砂石过滤区设格栅，用以去除水中的树叶和植物。



## 植物特性

屋顶植物的自动灌溉系统由计算机控制，霜冻期自动关闭。这些水生植物通过特殊的方法进行培养，除了需要大量的水外，还需要很少的营养物质。通过培养植物形成很强大的根部系统，为好氧菌的活动提供了良好的环境。这种根部环境像个滤网一样，会将水中的悬浮物质过滤出来。

水生植物的生命力在寒冷的冬天也很强，它们中的很多类型都有耐低温的特性。这些植物在夏天贮备营养物质，以备冬季使用，并且在冬季会减少自身的新陈代谢。



*FAL 屋顶的水生植物 (2006)*

以下水生植物在 FAL 试点被用到:

植物名称	德语名称
<i>Caltha palustris</i>	Sumpfdotterblume
<i>Carex rostrata</i>	Schnabelsegge
<i>Carex acutiformis</i>	Sumpfssegge
<i>Carex riparia</i>	Ufersegge
<i>Iris pseudacorus</i> (菖蒲)	Sumpfschwertlilie
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	Kuckuckslichtnelke
<i>Lysimachia nummularia</i>	Pfennigkraut
<i>Lythrum salicaria</i> (千屈菜)	Blutweiderich
<i>Mimulus luteus</i> (珍珠菜)	Gauklerblume
<i>Mentha aquatica</i> (水薄荷)	Wassermintze
<i>Myosotis palustris</i>	Sumpfergissmeinnicht



*Myosotis palustris* (Sumpfergissmeinnicht)



*Mimulus luteus* (Gauklerblume)

在 2006 年，绿色屋顶运作的第一年，调查结果显示夏季有绿色屋顶的牛棚里的温度比旁边普通牛棚低了大约 5° C。

绿色屋顶作为一个低耗能的，有空调作用的绿化方式，同时还具有很大的生态环境多重效应，特别是在一些全球化的大城市。

#### 试点资料及数据：

客户： Braunschweig 城市建设管理局

面积： 834 m<sup>2</sup>

植物在载体垫上培养和屋顶建设： 2005 年

气候效应首次测量比较： 2006 年

(Dr. Georg, FAL)



来自埃塞俄比亚的实习生 *Fekadu* 先生在绿化后的屋顶，2006 年 9 月

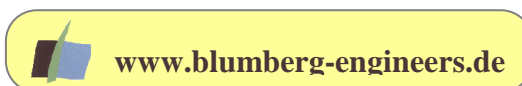


## 空中花园，绿色屋顶的好处及环境效应

1. 通过屋顶屏蔽，植物蒸腾和夏季遮阳，使屋顶，室内以及周围小环境的温度降低。
2. 减少雨水流量。
3. 避免阳光直接照射屋顶，从而延长屋顶的使用寿命。
4. 增加绿化面积。
5. 避免了空调的使用（节约能源）。
6. 改善小气候，广泛推广后，可避免大城市夏季过热的气候。
7. 过滤和减少空气中的悬浮物质和有害物质，净化空气。
8. 比黑暗的沥青屋顶有更高的短波辐射反射效应。
9. 这种植物载体垫绿化方式使屋顶负荷较轻，植物经过一个周期的生长后会覆盖整个屋顶。
10. 在可步入式屋顶种植各种各样的水生植物，随之产生相应的动物栖息地（如：蝴蝶，鸟类等），使整个建筑更具有观赏性。
11. 绿色屋顶同时可以净化雨水，生活污水和工业污水（相当于生态湿地，植物过滤器，等）。
12. 由计算机控制的全自动灌溉系统。

\* 每蒸发 1g 的水，会带走周围 2.450 kJ 的热量。蒸发的水在大气层中冷凝后，又降回到地面。

作者： M. Blumberg



Ingenieurbüro Blumberg • Gänsemarkt 10 • D-37120 Bovenden  
Telefon: +49 05593-937750  
E-Mail: [contact@blumberg-engineers.de](mailto:contact@blumberg-engineers.de) • Internet: [www.blumberg-engineers.de](http://www.blumberg-engineers.de)