Van lab naar veld in de jaren 1970 Onderwijsmethoden voor ecologisch ontwerpen

Anna Renken

Sinds het midden van de twintigste eeuw zijn er in het architectuuronderwijs verschillende methoden ontwikkeld om in te spelen op de groeiende zorg over het milieu. Er bestaan toonaangevende wetenschappelijke publicaties over het werk dat in de jaren 1960 plaatsvond aan Amerikaanse universiteiten, bijvoorbeeld de pogingen van Victor Olgyay en Ian McHarg om ontwerp- en planningsprocessen aan te passen aan wetenschappelijke inzichten in regionale klimaten en landschappen.[1] Naarmate de aandacht voor milieukwesties in de jaren 1970 toenam, leidde een gedetailleerdere bevraging van reguliere ontwerpmethoden tot een reeks opvallende onderwijskundige initiatieven. Onder hen vallen Ralph Knowles en Wolf Hilbertz op door hun herziening van het architectuuronderwijs op basis van wetenschappelijke inzichten, om milieukennis en ontwerpstrategieën te ontwikkelen. Deze docenten werkten samen met hun studenten en collega's aan verschillende projecten, van planningskaders tot productiesystemen. Omdat de herziening van het ontwerponderwijs door Knowles en Hilbertz was gebaseerd op een nauwe betrokkenheid bij de ecologie, is hun werk bijzonder relevant, nu de klimaatcrisis in uiteenlopende disciplines aanleiding geeft tot heroriëntaties in het onderwijs en de praktijk.

Knowles en Hilbertz constateerden dat het architectuuronderwijs onvoldoende was toegerust om milieukwesties te behandelen en wendden zich daarom tot de wetenschap, waarvan ze het laboratoriummodel overnamen – Knowles was hoofd van het Natural Forces Laboratory van de University of Southern California (USC) in Los Angeles en Hilbertz van het Symbiotic Processes Laboratory van de University of Texas (UT) in Austin.[2] In deze laboratoria verzorgden ze studio's en voerden ze projecten uit, zowel op als buiten de campus. Ze maakten hierbij gebruik van gespecialiseerde instrumenten en werkten samen met wetenschappers en technici.[3] Hun werk vond plaats tijdens het 'milieudecennium' van de jaren 1970

1
Avigail Sachs, *Environmental Design: Architecture, Politics, and Science in Postwar America* (Charlottesville: University of Virginia Press, 2018), 60-61; 109-114. Zie ook: Victor Olgyay, *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism* (Princeton: Princeton University Press, 1963); Ian L. McHarg, *Design with Nature* (Garden City, NY: Doubleday/ Natural History Press, 1969).

2
Knowles en Hilbertz namen soms deel aan dezelfde gesprekken en lijken op de hoogte te zijn geweest van elkaars werk. Zie: Larry D. Busbea, 'Cybertecture', in: Larry D. Busbea, *The Responsive Environment: Design, Aesthetics, and the Human in the 1970s* (Minneapolis: University of Minnesota Press, 2020), 169.

3
Ralph Knowles, *Energy and Form: An Ecological Approach to Urban Growth* (Cambridge, MA: MIT Press, 1974), vii-viii; John J. Allan, Wolf Hilbertz en Alton J. De Long, 'Symbiotic Processes Laboratory: University of Texas School of Architecture', *Man-Environment Systems* 1/6 (1971), S60-S61.

From the Lab to the Field in the 1970s Ecological Design Pedagogies

Anna Renken

Since the mid-twentieth century, architecture educators have developed a variety of methods to address evolving concerns about the natural environment. Important scholarship has illuminated examples of such work at American universities in the 1960s, including Victor Olgyay and Ian McHarg's efforts to adapt design and planning processes to scientific understandings of regional climates and landscapes.[1] Yet as attention to environmental issues grew in the 1970s, a deeper questioning of established design methods guided an array of distinctive pedagogical endeavours. Among these, Ralph Knowles and Wolf Hilbertz stand out for restructuring their teaching of architecture by drawing from the sciences to cultivate environmental knowledge and design strategies. These professors worked with students and colleagues to produce projects ranging from planning frameworks to fabrication systems. Reimagining design pedagogy through close engagement with ecology, Knowles and Hilbertz's work is particularly instructive to consider today as the climate crisis calls for realignments of education and practice across fields.

Observing limitations in architecture's capacity to address environmental issues, these educators looked to the sciences and adopted the model of the laboratory: Knowles directed the Natural Forces Laboratory at the University of Southern California in Los Angeles and Hilbertz led the Symbiotic Processes Laboratory at the University of Texas at Austin.[2] Through these laboratories, they taught studios and conducted projects on- and off-campus, using specialised instruments and collaborating with scientists and engineers.[3] This work unfolded through the 'environmental decade' of the 1970s in the United States, amid increasing environmental action and scientific inquiry – from the first Earth Day to the analysis of complex ecosystem dynamics.[4] The laboratories' projects addressed associated concerns from energy

1
Avigail Sachs, *Environmental Design: Architecture, Politics, and Science in Postwar America* (Charlottesville: University of Virginia Press, 2018), 60-61; 109-114. See also: Victor Olgyay, *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism* (Princeton: Princeton University Press, 1963); Ian L. McHarg, *Design with Nature* (Garden City: Doubleday/Natural History Press, 1969).

2
Knowles and Hilbertz participated in some of the same conversations and seem to have been aware of each other's work. See: Larry D. Busbea, 'Cybertecture', in: Larry D. Busbea, *The Responsive Environment: Design, Aesthetics, and the Human in the 1970s* (Minneapolis: University of Minnesota Press, 2020), 169.

3
Ralph L. Knowles, *Energy and Form: An Ecological Approach to Urban Growth* (Cambridge, MA: MIT Press, 1974), vii-viii; John J. Allan, Wolf Hilbertz, and Alton J. De Long, 'Symbiotic Processes Laboratory: University of Texas School of Architecture', *Man–Environment Systems* 1/6 (1971), S60-S61.

4
Carolyn Merchant, *The Columbia Guide to American Environmental History* (New York: Columbia University Press, 2005), 77-82; 171-172.

in de VS, te midden van een groeiend aantal milieuprotesten en wetenschappelijke onderzoeken, zoals de eerste Earth Day en de analyse van de complexe dynamiek van ecosystemen.[4] De projecten van de twee laboratoria waren aan elkaar gerelateerd en liepen uiteen van energiegebruik en grondstoffenschaarste tot vervuiling en bedreigde diersoorten. Het was de bedoeling om zonne-energie toegankelijk te maken en mariene ecosystemen te ondersteunen. Dit artikel beschrijft de conceptuele en fysieke organisatie van de laboratoria vanaf hun oprichting tot hun vroege projecten, en verkent de wijze waarop Knowles en Hilbertz ingrepen in het ontwerponderwijs door wetenschappelijke methoden toe te passen in specifieke ecosystemen.

Ralph Knowles en het Natural Forces Laboratory

Knowles' collectieve inspanningen aan de University of Southern California (USC) stonden ten dienste van zowel de ecologie als de ontwerppraktijk. Knowles studeerde architectuur aan de North Carolina State University en het Massachusetts Institute of Technology. Daarna begon zijn onderwijs- en onderzoeksloopbaan aan de Auburn University in Alabama en trad hij in 1963 in dienst bij de USC.[5] Aan het einde van de jaren 1960 bekritiseerde hij de toen gangbare ontwerpmethoden vanwege het intensieve energiegebruik dat ze tot gevolg hadden en dat 'vandaag de dag een bedreiging vormt voor zowel het milieu als het voortbestaan van de mens'.[6] Tegen deze achtergrond werkte Knowles met studenten en collega's aan de ontwikkeling van 'ecologische kaders' voor het ontwerp van leefgemeenschappen die zowel het milieu beschermden als de stabiliteit en diversiteit van natuurlijke systemen nabootsten.[7] Deze aanpak was gebaseerd op de conceptualisering van de omgeving als een onderling verbonden stelsel dat zich voortdurend aanpast, terwijl 'de natuurlijke processen van zon, wind en water op elkaar en op de aarde inwerken'.[8] In zijn teksten verwees Knowles naar wetenschappelijk werk over zowel deze afzonderlijke processen, als over ecosystemen en energie in bredere zin.[9] Daarnaast begeleidde hij studenten die zich bezighielden met een gedetailleerde studie van de inheemse architectuur van het Amerikaanse zuidwesten. Hij verwees regelmatig naar ecologische planningsmethoden die in de jaren 1960 waren ontwikkeld, en positioneerde zijn aanpak als een serie wetenschappelijk onderbouwde interventies met belangrijke precedenten in de ontwerppraktijk.[10]

4
Carolyn Merchant, *The Columbia Guide to American Environmental History* (New York: Columbia University Press, 2005), 77-82; 171-172.

5
'In Memoriam of USC Architecture Emeritus Ralph L. Knowles', *USC Architecture* (30 augustus 2024), arch.usc.edu/news/in-memoriam-of-usc-architecture-emeritus-ralph-l-knowles.

6
Ralph Knowles, *Owens Valley Study: A Natural Ecological Framework for Settlement* (Los Angeles: Department of Architecture USC, 1969), 2.

7
Ibid., 3.

8
Knowles, *Energy and Form*, op. cit. (noot 3), 5.

9
Ibid., 84,195.

10
Ibid., 20-46, 81. Knowles verwijst naar de benadering van ruimtelijke ordening die is uiteengezet in: Ian McHarg, *Design with Nature* (Garden City, NY: The Natural History Press, 1969).



Ralph Knowles and students with a heliodon, a machine simulating the movement of the sun/ Ralph Knowles en studenten met een heliodon, een apparaat dat de beweging van de zon simuleert

In het Natural Forces Laboratory van de USC stond het concept van de omgeving als een stelsel van processen centraal. Docenten en studenten werkten er aan 'methoden om kunstmatige omgevingen te structureren in termen van dynamisch uitgebalanceerde reacties op de natuur'.[11] Het laboratorium werd in 1967 geopend na een reorganisatie van het derde jaar van de bacheloropleiding Architectuur.[12] De nabootsing van natuurlijke processen ging toen onderdeel uitmaken van deze fundamentele fase van de ontwerpopleiding. Tijdens de cursussen hield Knowles zich vooral bezig met de zon, terwijl zijn co-docenten, architect Pierre Koenig en landschapsarchitect Emmet Wemple, zich bezighielden met wind en water.[13] Daartoe introduceerden ze verschillende nieuwe instrumenten in het klaslokaal: ze gebruikten heliodons die met behulp van lampen op gebogen rails de beweging van de zon konden nabootsen, zodat de studenten de effecten van licht en schaduw op fysieke maquettes konden onderzoeken,

11
Ralph Knowles, *Form and Stability: A Slide Lecture on the Correlation between Form and the Functional Stability of a Building System That Is Acted upon by a Variable Natural Environment* (Washington, DC: Building Research Institute, 1968), 26.

12
Ralph Knowles, 'Design Emulating Biological and Organic Forms: Morphogenetic Design', in: Mitra Kanaani en Dak Kopec (red.), *The Routledge Companion for Architecture Design and Practice* (New York: Routledge, 2016), 77.

13
Knowles, *Energy and Form*, op. cit. (noot 3), vii.



A wind tunnel experiment with sand at the Natural Forces Laboratory/ Windtunnelproef met zand in het Natural Forces Laboratory

use and resource scarcity to pollution and endangered species, seeking to provide access to solar energy and support ocean habitats. Tracking the conceptual and physical organisation of these laboratories from their inception to their early projects, this article explores how Knowles and Hilbertz intervened in design pedagogy by employing methods from the sciences to work within specific ecosystems.

Ralph Knowles and the Natural Forces Laboratory

Knowles situated his collaborative work at USC in relation to ecological science as well as design practice. Educated in architecture at North Carolina State University and the Massachusetts Institute of Technology, he began his teaching and research career at Auburn University in Alabama before moving to USC in 1963.[5] By the late 1960s, he critiqued prevalent design techniques for resulting in intensive energy use that 'now poses a threat to both the environment and Man's own survival'.[6] In this context, Knowles worked with students and colleagues to develop 'ecological frameworks' for the design of communities that would both protect the environment and emulate the stability and diversity of natural systems.[7] This endeavour was premised on a conceptualisation of the environment as an interconnected system that adapts continuously as 'the natural forces of sun, wind and water interact with each other and with the earth'.[8] In his writings, Knowles referred to scientific work related to these distinct forces as well as broader ideas about ecosystems and energy.[9] Knowles also led students in detailed studies of Indigenous architecture of the American Southwest and referenced ecological planning methods developed in the 1960s,[10] positioning his approach as a scientifically informed intervention with important precedents in design work.

The concept of the environment as a system of forces was central to the Natural Forces Laboratory at USC, where professors and students worked to develop 'ways to structure artificial environments in terms of some dynamically balanced response to nature'.[11] The laboratory began in 1967 as a reorganisation of the university's third-year undergraduate architecture studios,[12] incorporating the simulation of natural forces into this fundamental stage of design training. In the studios, Knowles focused on the sun, while his co-teachers, the architect

5
'In Memoriam of USC Architecture Emeritus Ralph L. Knowles', *USC Architecture* (30 August 2024), arch.usc.edu/news/in-memoriam-of-usc-architecture-emeritus-ralph-l-knowles.

6
Ralph Knowles, *Owens Valley Study: A Natural Ecological Framework for Settlement* (Los Angeles: Department of Architecture, USC, 1969), 2.

7
Ibid., 3.

8
Knowles, *Energy and Form*, op. cit. (note 3), 5.

9
Ibid., 84; 195.

10
Ibid., 20-46; 81. Knowles refers to the land-use planning approach laid out in: Ian McHarg, *Design with Nature* (Garden City, NY: The Natural History Press, 1969).

11
Ralph Knowles, *Form and Stability: A Slide Lecture on the Correlation between Form and the Functional Stability of a Building System That Is Acted upon by a Variable Natural Environment* (Washington, DC: Building Research Institute, 1968), 26.

12
Ralph Knowles, 'Design Emulating Biological and Organic Forms: Morphogenetic Design', in: Mitra Kanaani and Dak Kopec (eds.), *The Routledge Companion for Architecture Design and Practice* (New York: Routledge, 2016), 77.

en windtunnels en watertafels waarmee ze luchtstromen en bodemdynamica konden bestuderen.[14] Met behulp van deze apparaten konden de studenten eerder gebouwde structuren zoals pueblo's analyseren en ontwerpen maken voor leefgemeenschappen in Los Angeles.[15] Tijdens de cursus kregen de studenten opdracht om woningen met bijvoorbeeld zonlichttoetreding en dwarsventilatie te ontwerpen, en daarbij hun kennis van de interactie tussen natuurlijke processen te combineren met de opgegeven functies en locaties.[16]

Een meerfasige studie naar de ontwikkeling van een leefgemeenschap in Owens Valley, ten noorden van Los Angeles, laat zien hoe Knowles en zijn medewerkers wetenschappelijke observatie- en analysetechnieken inzetten om hun ontwerpen aan te passen aan een specifiek ecosysteem. Van 1968 tot 1972 leidde Knowles een groep masterstudenten stedenbouw en professionele consultants (onder wie een bioloog en meteoroloog) bij het ontwikkelen van een ecologisch planningskader voor die regio.[17] De groep observeerde en analyseerde de natuurlijke processen in Owens Valley aan de hand van samenhangend visueel materiaal, zoals kaarten van windpatronen, diagrammen van bijbehorende windtunnelsimulaties en luchtfoto's van door erosie gevormde duinen.[18] Vervolgens integreerden ze hun analyses om de delen van de vallei te identificeren, die het meest geschikt waren voor bebouwing.[19] Voor een van deze locaties gebruikten ze een raster als basisstructuur voor volumetrische diagrammen om te laten zien hoe bepaalde gebouwvormen zonlicht zouden toelaten of juist blokkeren: op de kleinere rastervierkanten van 200 voet [ca. 60 m] breed had de bebouwing een lagere dichtheid en fungeerde deze als buffer tussen de omliggende onbebouwde gebieden en de grotere rastervierkanten met een hogere dichtheid tot wel 800 voet [ca. 245 m] breed.[20] In plaats van scherpomlijnde plannen presenteerde de groep complexe draadmodellen die de studenten hadden vervaardigd in reactie op de beweging van de zon; dit waren voorbeelden van gebouwvormen die mogelijk waren binnen het planningskader.[21] Zowel in dit geval als in later werk over zonlichttoetreding ontwikkelden Knowles en zijn medewerkers ontwerpinstrumenten die

14
Knowles, 'Design Emulating Biological and Organic Forms', op. cit. (noot 12), 77. Zie ook: Andrew Witt en Christopher Reznich, *The Natural Forces Laboratory: Ralph Knowles and the Instrumentalized Studio* (Montréal: Canadian Centre for Architecture, 2018).

15
Knowles, *Energy and Form*, op. cit. (noot 3), 24; Ralph L. Knowles, *Sun Rhythm Form* (Cambridge, MA: MIT Press, 1981), 179-282. De Pueblo-architectuur, die wordt gebouwd door de inheemse Pueblo-bevolking in New Mexico en aangrenzende staten, omvat een verscheidenheid aan meerlaagse gebouwen in steen en adobe, voorzien van pleinen en terrassen. Albert Narath heeft het werk van Knowles nader toegelicht. Zie: New Mexico Museum of Art, 'History: Ancestral Pueblo Architecture'. online.nmartmuseum.org/nmhistory/art-architecture/ancestral-pueblo-architecture/history-ancestral-pueblo-architecture.html, 2010; Albert Narath, 'Earth Ecologies: Ralph Knowles, the Natural Forces Laboratory, and Ecosystem Design', in: Albert Narath, *Solar Adobe: Energy, Ecology, and Earthen Architecture* (Minneapolis: University of Minnesota Press, 2024), 81-118.

16
Knowles, *Sun Rhythm Form*, op. cit. (noot 15), 234.

17
Knowles, *Energy and Form*, op. cit. (noot 3), vii-viii.

18
Ibid., vii; 24-25; 54-59.

19
Ibid., 63-80.

20
Ibid., 126-129.

21
Ibid., 155-159.

Pierre Koenig and the landscape architect Emmet Wemple, addressed wind and water.[13] They introduced new equipment into the classroom to do so: heliodons simulated the movement of the sun with light bulbs on curved tracks, so that students could explore the effects of light and shadow on physical models, while wind tunnels and water tables allowed them to study airflow patterns and soil dynamics.[14] Using these devices, students analysed previously built structures, such as pueblos, and produced designs for neighbourhoods in Los Angeles.[15] Studio prompts to design housing with access to sunlight and cross-ventilation, for example, brought their understandings of interacting natural forces together with defined functions and sites.[16]

A multi-phase study for the development of a community in Owens Valley, north of Los Angeles, shows how Knowles and his collaborators used scientific techniques of observation and analysis to guide design in relation to a particular ecosystem. From 1968 to 1972, Knowles led a group of urban design graduate students and professional consultants (including a biologist and meteorologist) in developing an ecological planning framework for the region.[17] The group observed and analysed natural forces in Owens Valley through interrelated visuals; for example, maps of wind patterns and diagrams of corresponding wind tunnel simulations accompanied aerial renderings of dunes formed through erosion.[18] They then integrated their analyses to identify certain areas of the valley as most suitable for building.[19] For one such site, they used a grid and volumetric diagrams to convey how building forms could be calibrated for access to sunlight: lower-density construction on smaller grid squares 200 feet [c. 60 m] wide would serve as a buffer between surrounding undeveloped areas and higher-density development on larger squares up to 800 feet [c. 245 m] wide.[20] Rather than presenting a defined scheme, they showed complex wireframe models, which students had created in response to the sun's movement, as examples of possible building forms within the planning framework.[21] Here, as well as in later work on solar access, Knowles and his collaborators developed

13
Knowles, *Energy and Form*, op. cit. (note 3), vii.

14
Knowles, 'Design Emulating Biological and Organic Forms', op. cit. (note 12), 77. See also: Andrew Witt and Christopher Reznich, *The Natural Forces Laboratory: Ralph Knowles and the Instrumentalized Studio* (Montreal: Canadian Centre for Architecture, 2018).

15
Knowles, *Energy and Form*, op. cit. (note 3), 24; Ralph L. Knowles, *Sun Rhythm Form* (Cambridge, MA: MIT Press, 1981), 179-282. Pueblo architecture, built by Indigenous Pueblo people in New Mexico and neighboring states, includes a variety of multistory stone and adobe structures incorporating plazas and terracing. Albert Narath has situated Knowles's work in this context in greater depth. See: New Mexico Museum of Art, 'History: Ancestral Pueblo Architecture', online.nmartmuseum.org/nmhistory/art-architecture/ancestral-pueblo-architecture/history-ancestral-pueblo-architecture.html, 2010; Albert Narath, 'Earth Ecologies: Ralph Knowles, the Natural Forces Laboratory, and Ecosystem Design', in: Albert Narath, *Solar Adobe: Energy, Ecology, and Earthen Architecture* (Minneapolis: University of Minnesota Press, 2024), 81-118.

16
Knowles, *Sun Rhythm Form*, op. cit. (note 15), 234.

17
Knowles, *Energy and Form*, op. cit. (note 3), vii-viii.

18
Ibid., vii; 24-25; 54-59.

19
Ibid., 63-80.

20
Ibid., 126-129.

21
Ibid., 155-159.

het energiegebruik konden reduceren en het idee van een samenhangende leefgemeenschap voor mensen, dieren en planten konden ondersteunen.[22]

Wolf Hilbertz en het Symbiotic Processes Laboratory

Hilbertz' ontwerpwerk stond, net als dat van Knowles, ten dienste van de ecologie, maar omvatte ook elementen van systeemdenken en cybernetica. Hilbertz studeerde architectuur aan de Akademie der Künste in Berlijn en aan de University of Michigan, bekleedde een onderwijs- en onderzoekspositie aan de Southern University in Louisiana en trad in 1970 in dienst bij de University of Texas in Austin.[23] In het begin van de jaren 1970 constateerde hij dat de ontwerppraktijk van die tijd niet was ingesteld op veranderende milieuomstandigheden, waarbij menselijke activiteiten plaatsvonden die 'in toenemende mate ten koste gaan van de rest van de natuur'.[24] Hij introduceerde het concept 'cybertecture' [een combinatie van fysieke architectuur en digitale technologie] om 'evolutionaire milieusystemen' te ontwikkelen, die konden leren van levende systemen en nieuwe technieken konden integreren in adaptieve ontwerp- en bouwprocessen.[25] Hilbertz stelde dat 'een beter begrip van milieucycli de mens zou kunnen helpen om zich te ontwikkelen van de "dominante" mens tot de "participerende" mens'. Vervolgens begon hij een studie naar symbiose bij mariene organismen en betoogde hij dat de mens ernaar moet streven om de evolutie op een meer doordachte manier te beïnvloeden.[26] Uit zijn teksten blijkt dat hij voortdurend probeerde om wetenschappelijke en technologische methoden te gebruiken om ontwerp opnieuw te situeren binnen ecologische dynamieken.

Dit was ook het doel van de experimenten van het Symbiotic Processes Laboratory aan de University of Texas in Austin, waar docenten en studenten werkten aan de 'mens-dier-plant-machine-natuur symbiose' en aan 'evolutionaire milieusystemen'.[27] Samen met architectuur- en techniekdocenten Alton De Long en John Allan richtte Hilbertz in 1970 in een industrieel gebouw buiten de campus een 'interdisciplinaire faciliteit' op die was uitgerust met allerlei apparatuur zoals computers, sensoren en 3D-plotters.[28] Hier gaf Hilbertz bachelor- en mastercursussen en seminars, en leidde hij projecten waarbij ook extern onderzoek werd betrokken. Samen met zijn studenten experimenteerde hij met vormgevingsprocessen,

22
Ibid., 189. Zie ook: Knowles, *Sun Rhythm Form*, op. cit. (noot 15), 46. Deze benadering contrasteert met meer recente duurzaamheidsconcepten, die meer nadruk leggen op energiezuinigheid.

23
Wolf Hilbertz, 'Building in the Sea: Experiments and Projections', *IL 27: Natural Building* (1980), 174.

24
Wolf Hilbertz, 'Strategies for Evolutionary Environments', in: Edward Allen (red.), *The Responsive House: Selected Papers and Discussions from The Shirt-Sleeve Session in Responsive Housebuilding Technologies, Held at the Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, May 3-5, 1972* (Cambridge, MA: MIT Press, 1974), 254.

25
Wolf Hilbertz, 'Toward Cybertecture', *Progressive Architecture* (mei 1970), 98.

26
Wolf Hilbertz, Desmond Fletcher en Carolyn Krausse, 'Mineral Accretion Technology: Applications for Architecture and Aquaculture', *Industrialization Forum* 8/4-5 (1977), 84; Hilbertz, 'Strategies for Evolutionary Environments', op. cit. (noot 24), 254.

27
Allan, Hilbertz en De Long, 'Symbiotic Processes Laboratory', op. cit. (noot 3), S60.

28
Ibid., S60-S61.

design tools that could reduce energy use and support interconnected communities of humans, animals and plants.[22]

Wolf Hilbertz and the Symbiotic Processes Laboratory

Hilbertz framed his design work in relation to ecology, as Knowles had, while also incorporating further elements of systems thinking and cybernetics. After studying architecture at the Academy of Fine Arts in Berlin and the University of Michigan, Hilbertz taught and led research at Southern University in Louisiana and moved to UT Austin in 1970.[23] In the early 1970s, he found the design work of the time to be unsuited to the changing environment, with human activity occurring 'at the ever-increasing expense of the rest of nature'.[24] He put forth the concept of 'cybertecture' as a way to work towards 'evolutionary environmental systems' that would take cues from living systems while integrating new technology into adaptive design and construction processes.[25] Asserting that 'an increased knowledge of environmental cycles may allow man "the dominant" to evolve into man "the participant"', Hilbertz went on to study symbiosis in marine organisms and argue that humans should work to influence evolution more thoughtfully.[26] His writings convey an ongoing effort to use science and technology to resituate design within ecological dynamics.

This aim guided the experimental activities of the Symbiotic Processes Laboratory at UT Austin, where professors and students worked towards 'man-animal-plant-machine-nature symbiosis' as well as 'evolutionary environmental systems'.[27] Along with architecture and engineering professors Alton de Long and John Allan, Hilbertz established this 'interdisciplinary facility' in 1970 in an off-campus industrial building equipped with hardware including computers, sensors and 3D plotters.[28] In this setting, Hilbertz taught undergraduate and graduate studios and seminars and led projects incorporating off-site research. He and his students experimented with form-making processes in the laboratory – using lasers and light-sensitive materials to produce small structures, for example – as well as in the field, traveling to colder climates to test strategies for building full-scale shelters out of ice.[29] Extending from these experiments, the group made drawings

22
Ibid., 189. See also: Knowles, *Sun Rhythm Form*, op. cit. (note 15), 46. This approach stands out from the emphasis on energy efficiency in later concepts of sustainability.

23
Wolf Hilbertz, 'Building in the Sea: Experiments and Projections', *IL 27: Natural Building* (1980), 174.

24
Wolf Hilbertz, 'Strategies for Evolutionary Environments', in: Edward Allen (ed.), *The Responsive House: Selected papers and discussions from The Shirt-Sleeve Session in Responsive Housebuilding Technologies, held at the Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, May 3-5, 1972* (Cambridge, MA: MIT Press, 1974), 254.

25
Wolf Hilbertz, 'Toward Cybertecture', *Progressive Architecture* (May 1970), 98.

26
Wolf Hilbertz, Desmond Fletcher and Carolyn Krausse, 'Mineral Accretion Technology: Applications for Architecture and Aquaculture', *Industrialization Forum* 8/4-5 (1977), 84; Hilbertz, 'Strategies for Evolutionary Environments', op. cit. (note 24), 254.

27
Allan, Hilbertz, and De Long, 'Symbiotic Processes Laboratory', op. cit. (note 3), S60.

28
Ibid., S60-S61.

29
Wolf Hilbertz and Joseph Mathis, 'Space Form Manipulation', *Architectural Design* (November 1973), 683-684; Wolf Hilbertz, 'Ice City', *Architectural Design* (April 1973), 213-215.

zowel in het laboratorium – bijvoorbeeld met lasers en lichtgevoelige materialen om kleine constructies te produceren – als in het veld, waar de groep naar koudere klimaten reisde om strategieën te testen voor het bouwen van volwaardig onderdak uit ijs.[29] Op basis van deze experimenten maakten de deelnemers tekeningen van complexe organische vormen die illustreerden dat uit dergelijke processen gebouwen of zelfs hele steden konden voortkomen, zowel op land als op zee en zelfs in de ruimte.[30] Het werk stelde Hilbertz en zijn medewerkers in staat rechtstreeks met ecosystemen te werken en er inspiratie uit te putten.

De groepsleden hielden zich bezig met verschillende projecten, maar vooral hun voortdurende experimenten met het bouwen met uit zeewater gewonnen mineralen waren illustratief voor de manier waarop ze wetenschappelijke technieken toepasten in bepaalde ecosystemen. Ze experimenteerden zowel in het laboratorium als op kustlocaties in Texas en het Caribisch gebied met een alternatieve bouwmethode die Hilbertz 'minerale aangroei' noemde. Daarbij werden metalen raamwerken onder water geplaatst en elektrisch geladen, waardoor zich door chemische reacties een mineraallaag, bestaande uit onder meer calciumcarbonaat, afzette.[31] Gedurende de experimenten pasten de groepsleden de variabelen aan, introduceerden ze metalen raamwerken in verschillende geometrische vormen en wijzigden ze de hoeveelheid elektriciteit en tijd die beschikbaar was voor de aangroei. Ook publiceerden ze artikelen over de resultaten in vaktijdschriften, waarin ze hun doelen, resultaten en conclusies uiteenzetten als in een laboratoriumverslag.[32] Zoals op foto's te zien is, testten ze verschillende geometrische vormen om structurele bouwelementen zoals bogen en kolommen te kunnen produceren. De resultaten werden geanalyseerd en vergeleken met die van gangbare bouwmaterialen, zoals gewapend beton.[33] Ze presenteerden dergelijke foto's vaak samen met tekeningen waarop werd getoond hoe de materiaal- en formele eigenschappen van de experimenten konden worden toegepast in het ontwerp van drijvende leefgemeenschappen. De groep ontleende inspiratie aan mariene organismen zoals koraal, dat structuren vormt, en zette daarnaast experimenten op in de vorm van kunstmatige riffen, zodat zichtbaar werd welke algen en vissen zich in de aangroeiende structuren nestelden.[34] Door methoden te ontwikkelen om met uit zeewater gewonnen mineralen te bouwen en bedreigde organismen te beschermen, droeg de groep bij aan de ontwikkeling van een bredere visie op de mogelijkheid van leefgemeenschappen waar mensen en andere wezens symbiotische relaties onderhouden.[35]

29
Wolf Hilbertz en Joseph Mathis, 'Space Form Manipulation', *Architectural Design* (november 1973), 683-684; Wolf Hilbertz, 'Ice City', *Architectural Design* (april 1973), 213-215.

30
Zie, onder andere: Hilbertz, Fletcher en Krausse, 'Mineral Accretion Technology', op. cit. (noot 26); Hilbertz, 'Strategies for Evolutionary Environments', op. cit. (noot 24).

31
Hilbertz, Fletcher en Krausse, 'Mineral Accretion Technology', op. cit. (noot 26), 77.

32
Ibid., 79-80.

33
Hilbertz, 'Building in the Sea', op. cit. (noot 23), 175.

34
Hilbertz, Fletcher en Krausse, 'Mineral Accretion Technology', op. cit. (noot 26), 76, 78-79.

35
Zie: Ibid., 78, 83-84.

with intricate organic forms illustrating how such processes might generate buildings or whole cities in contexts from land and sea to outer space.[30] Through this work, Hilbertz and his collaborators both drew inspiration from and physically interacted with environmental systems.

Among the group's projects, their ongoing experiments in building with the minerals in seawater exemplify their use of scientific techniques to work within specific ecosystems. Both in the laboratory and at coastal sites in Texas and the Caribbean, they tested an alternative construction method that Hilbertz called 'mineral accretion': they positioned metal frameworks underwater and charged them with electricity, inducing chemical reactions through which a coating of minerals like calcium carbonate accumulated on the frameworks.[31] The group adjusted variables in these experiments, introducing different geometries for the metal frameworks and changing the amount of electricity and time allowed for accretion; and they documented the results in journal articles outlining their goals, results and conclusions – as in a lab report.[32] As photographs show, they tested geometries to produce structural building components like arches and columns, analysing the results in

30
See, among others: Hilbertz, Fletcher and Krausse, 'Mineral Accretion Technology', op. cit. (note 26); Hilbertz, 'Strategies for Evolutionary Environments' op. cit. (note 24).

31
Hilbertz, Fletcher, and Krausse, 'Mineral Accretion Technology', op. cit. (note 26), 77.

32
Ibid., 79-80.



Accreted material from seawater on a metal catenary form, from an experiment led by Wolf Hilbertz/ Minerale aangroei op een metalen kettingvorm, uit een zeewaterexperiment onder leiding van Wolf Hilbertz

Laboratoriumlessen

Hoewel het Natural Forces Laboratory en het Symbiotic Processes Laboratory verschillende onderzoeksrichtingen en -methoden hanteerden, betrokken ze beiden wetenschappelijke ecologische inzichten en denkwijzen in hun conceptuele kaders, laboratoriumprogramma's en ontwerpprojecten. Knowles en Hilbertz onderzochten de kernconcepten van op elkaar inwerkende natuurlijke en symbiotische processen en verwezen daarbij naar een reeks wetenschappelijke studies over de milieudynamiek. Beide docenten gebruikten het laboratorium om wetenschappelijke technieken in het ontwerponderwijs te integreren, milieuprocessen te simuleren en met materiaalverschijnselen te experimenteren. Beide groepen ontwikkelden, door hun verkenning van specifieke ecosystemen, methoden om leefgemeenschappen te ontwerpen en te bouwen die rekening hielden met uiteenlopende milieuaspecten, van energiegebruik tot biodiversiteit.

Het werk van Knowles en Hilbertz uit de jaren 1970 werpt vraagstukken op die relevant zijn voor het ontwerponderwijs en de ontwerppraktijk in de huidige ecologische crisis. Op het gebied van onderwijsmethoden laat hun laboratoriummodel zien dat ontwerpstudenten niet alleen milieukennis moeten opdoen, maar ook praktische ervaring met het gebruik van wetenschappelijke technieken om ecosystemen te onderzoeken en ermee te interageren. Hoewel het werk van Knowles en Hilbertz aansluit bij bredere pogingen om ontwerp met wetenschap en technologie te verbinden, onderscheidt het zich door de nadruk op specifieke milieukennis, -technieken en -vraagstukken. Hun projecten laten zien hoe een goed begrip van de interacties tussen mensen en andere wezens de ontwikkeling van ecologische ontwerpstrategieën op verschillende schaalniveaus kan ondersteunen. Omdat het ontwerponderwijs en de ontwerppraktijk zich blijven ontwikkelen, vormen hun ambitieuze inspanningen een waardevol voorbeeld van samenwerking en uitwisseling tussen disciplines en leefgemeenschappen.

Vertaling: InOtherWords, Maria van Tol

comparison to common construction materials such as reinforced concrete.[33] They often presented such photographs together with drawings envisioning how the material textures and formal qualities of the experiments could inform the design of human communities on the oceans. In addition to drawing inspiration from marine organisms that build structures like coral, the group designed some of the experiments to serve as artificial reefs – monitoring how the accreting structures hosted fish and algae.[34] By devising strategies to build with ocean minerals and shelter threatened organisms, they worked towards larger visions for communities that would bring humans and other entities into symbiotic interaction.[35]

Lessons from Laboratories

While the Natural Forces Laboratory and the Symbiotic Processes Laboratory present distinct research focuses and methods, both engaged closely with ecological science and thought in their conceptual frameworks, laboratory structures and design projects. Pursuing core concepts of interacting natural forces and symbiotic processes, Knowles and Hilbertz referred to a range of scientific work focused on the dynamics of environments. Both educators used the model of the laboratory to incorporate scientific techniques into design education, simulating environmental processes and experimenting with material phenomena. Through their explorations of specific ecosystems, these groups developed ways to design and build communities that addressed environmental issues from energy use to biodiversity.

Knowles and Hilbertz's work in the 1970s raises issues of ongoing importance for design education and practice in a time of ecological crisis. In terms of pedagogy, their laboratory models suggest that design students should not only take up environmental knowledge but gain embodied experience using scientific techniques to investigate and interact with ecosystems. While their work resonates with broader efforts to align design with science and technology, it stands out for its emphasis on specific environmental knowledge, techniques and issues. Their projects, accordingly, reveal how close understandings of interactions among humans and other entities can support the development of ecological design strategies across scales. As design pedagogy and practice continue to evolve, these ambitious efforts offer valuable models for collaboration and exchange across disciplines and communities.

33
Hilbertz, 'Building in the Sea', op. cit. (note 23), 175.

34
Hilbertz, Fletcher and Krausse, 'Mineral Accretion Technology', op. cit. (note 26), 76; 78-79.

35
See: Ibid., 78; 83-84.